

Construcción con Tierra 6

Publicación periódica



Centro de Investigación Hábitat y Energía
Secretaría de Investigaciones
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad de Buenos Aires

ISSN 1669-8932

Septiembre 2014, Buenos Aires



Imagen de Tapa

Muro de adobe,
Centro de Construcción Experimental,
Universidad Católica,
Nuestra Señora de Asunción,
Asunción del Paraguay.

Construcción con Tierra 6

Construcción con Tierra 6

Editor responsable:



Centro de Investigación Hábitat y Energía
Secretaría de investigaciones
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad de Buenos Aires

Publicación periódica del
Centro de Investigación Hábitat y Energía

Dirección Postal:
CIHE-SI-FADU-UBA
Pabellón 3, Piso 4. Ciudad Universitaria
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1428BFA
Argentina

ISSN 1669-8932 Septiembre 2014, Buenos Aires

Construcción con Tierra

Tiene por **objetivo** reunir artículos originales sobre proyectos realizados en construcción con tierra, resultados y avances de investigaciones, laboratorios dedicados a la construcción con tierra, cursos de capacitación y talleres de experimentación, agrupados en las siguientes secciones:

- **Optimización del material y la Construcción con Tierra**
- **Transferencia**
- **Patrimonio**
- **Aplicaciones**

Comité Editorial:

Argentina

Arq. Juan Carlos Patrone
Dr. Arq. John Martin Evans
Dra. Arq. Graciela Viñuales
Dra. Arq. Silvia de Schiller
Mgr. Arq. Jorge Ramos

Brasil

Dra. Ing. Celia Neves

Chile

Arq. Hugo Pereira Gigogne

Ecuador

Mgr Arq. Climaco Bastidas

Méjico

Dr. Arq. Luis Fernando Guerrero Baca

Paraguay

Dr. Arq. Silvio Ríos Cabrera

Compaginacion editorial.

Ing. Arq. Mariano Cabezón
Investigador CIHE-SI-FADU-UBA
miembro de grupo de Construccion con Tierra-CIHE.

Índice

Construcción con tierra 6

Índice	i
Editorial	ii
Cobertura geográfica	iv
Invitación a presentar artículos en CT7	v
Perfil de los autores	vi

Sección 1: Optimización del Material

1.1. Propuestas de mejoras para construcciones con tierra en hábitats áridos y sísmicos. <i>Irene Blasco Lucas</i>	3
1.2. Estabilización de suelos con cal y puzolanas. <i>Luis Fernando Guerrero y Francisco Javier Soria López</i>	15
1.3. Avances en construcción natural en Puerto Madryn, Chubut, Patagonia Argentina, Parque Ecológico Area 'El Doradillo'. <i>Silvina Bramati</i>	25

Sección 2: Transferencia

2.1. Alianzas estratégicas entre Universidad, Estado y Sociedad. <i>Ariel González y María Carolina Lazzarini.</i>	37
2.2. Transferencia y autoconstrucción asistida en tierra. <i>Sebastian D'Andrea.</i>	45
2.3. Arquitectura de tierra en la construcción sustentable. <i>Juan Carlos Patrone, Sebastián D'Andrea y Hernán Passone.</i>	51

Sección 3: Patrimonio

3.1. Rehabilitación Casona viñedos Terra Noble, post-sismo 27 F 2010, Región del Maule, Chile. <i>Hugo Pereira Gigogne y Diego Pereira Escobar.</i>	63
3.2. Tierra en la tradición constructiva paraguaya. <i>Silvio Ríos Cabrera.</i>	69
3.3. Iniciativas de intervención en edificaciones patrimoniales con tierra en la Provincia de Imbabura, Ecuador. <i>Patricio Galarza.</i>	77

Sección 4: Aplicaciones

4.1. Verde arriba: compromiso de la tierra con la ciudad. <i>Sonia Carmena.</i>	89
4.2. Earthship Nave-Tierra, Ushuaia <i>Luciano López Guzmán.</i>	97
4.3. Bioconstrucción en el Museo Provincial de Ciencias Naturales 'Dr. Angel Gallardo', Rosario: reflexiones sobre la experiencia de la reforma edilicia <i>Mario Amatiello, Sebastián Bosch y Lisandro Arelovich.</i>	103
4.4. Cabaña construida con adobe en Catamarca: comportamiento higro-térmico en invierno. <i>Victor García, Adriana Medina, Norma Rodríguez.</i>	111

EDITORIAL

Continuando con el desarrollo de temas introducidos en números anteriores, este número de Construcción con Tierra 6 presenta las siguientes secciones:

- **Sección 1. Optimización del Material**
- **Sección 2. Transferencia**
- **Sección 3. Patrimonio**
- **Sección 4. Aplicaciones**

La publicación continúa así el desarrollo de una línea editorial que contribuya a promover la construcción con tierra, basada en sus calidades, comprobadas a través de procesos de investigación y evaluación de edificios construidos, con énfasis en los siguientes campos:

- **Arquitectura con tierra:** Demostración de su potencial constructivo, estético y ambiental, a través de proyectos de interesante calidad arquitectónica por ofrecer soluciones acorde con requerimientos y expectativas actuales.
- **Patrimonio, conservación y restauración:** Muestra la importancia del desarrollo y la aplicación de técnicas apropiadas en la revalorización de la construcción con tierra y la práctica de la conservación y restauración de edificios patrimoniales.
- **Desarrollo tecnológico:** Enfatiza la necesidad permanente de la investigación en aspectos técnicos de la construcción con tierra a fin de asegurar edificios sustentables, que ofrezcan seguridad, bienestar, confort y durabilidad.
- **Transferencia, difusión y capacitación:** Experiencias en la formación técnica y apoyo profesional, junto a la transferencia de conocimientos, requieren medios accesibles de experimentación y difusión para potenciar los cambios técnicos y avances tecnológicos

En este esfuerzo, la Construcción con Tierra debe cumplir con normas de seguridad estructural, lograr condiciones de habitabilidad y bienestar para los usuarios, y asegurar una larga vida útil. La investigación de nuevas técnicas, o mejoras de las actuales, y la evaluación de edificios construidos, ofrecen bases firmes y confiables para la actualización y mejoramiento de normas, códigos y reglamentos, y lograr la aceptación social.

En varios casos, la Construcción con Tierra no cuenta con aprobación como resultado del gran peligro en casos de sismos, y en otros por no cumplir con normas de habitabilidad o por no ofrecer condiciones ambientales adecuadas. La investigación, la medición y la evaluación del comportamiento estructural y el desempeño ambiental permitirán aportar argumentos para la revisión de estas decisiones, basadas en la racionalidad que permita suplir viejos prejuicios y el desconocimiento técnico.

Innovaciones en Construcción con Tierra

En este número, se presentan nuevos temas relacionados con la Construcción con Tierra, que no fueron tratados en números anteriores.

Se presenta el caso de sociabilización tecnológica patrimonial en un edificio institucional, a través de la construcción de muros divisorios para oficinas en el Museo Gallardo, Rosario, utilizando una mezcla de barro y paja, otra variante del empleo del material. Se muestra así la ventaja de reducido peso y alta capacidad aislante de esta forma de construcción. A ello se suman las favorables calidades de aislación acústica, muy relevantes en esta aplicación.

Se muestra también un ejemplo de la Construcción con Tierra Embolsada, a veces conocida como ‘super-adobe’, aunque no tenga relación directa con adobes. Otro caso es la variante que presenta la construcción con llantas de automóviles rellenas con tierra compactada, en una forma de construcción popularizada por Michael Reynolds con el nombre de ‘*Earthship*’ o Nave Tierra. La integración del uso de fardos de paja en la Construcción con Tierra, cubiertos con revoques de barro, terminación de barro y cal, marca la utilización de materiales naturales en viviendas de la Patagonia. Sería de gran interés realizar una auditoría térmica para corroborar su eficiencia y desempeño térmico.

El uso de tierra en techos verdes muestra una faceta diferente donde la tierra tiene una función de sustrato para cobertura vegetal, de absorción de agua de lluvia para reducir la descarga directa a las redes pluviales, y el creciente impacto de inundaciones de sectores urbanos. A su vez, la incorporación de inercia térmica en techos mejora el desempeño energético de los edificios y reduce el efecto de isla de calor en la ciudad.

Construcción con Tierra en climas fríos

Otra innovación de este número es la presentación de 2 artículos sobre el uso de tierra en climas fríos de altas latitudes, como el *Earthship* de Ushuaia. En este caso, la tierra se complementa con gruesas capas de material aislante para lograr condiciones de confort térmico en este clima muy frío con 4.375 grados días de calefacción (IRAM 11.603, 2012). Los ‘grados días’, indicador de la duración y severidad de la época de calefacción, donde las temperaturas exteriores son inferiores a los niveles de confort y bienestar, considerando una base de 18° C. Este índice indica que la demanda de energía para calefacción en Ushuaia es más de 4 veces la demanda de la misma vivienda en climas templados, como Buenos Aires, con solo 850 a 1.190 grados días. Las construcciones conformadas por grandes masas de tierra ofrecen respuestas apropiadas para resolver el problema térmico en la construcción de tierra cruda, en particular, en zonas sísmicas y de climas muy fríos como la Isla de Tierra del Fuego.

En zonas frías, el muro exterior doble con aislación térmica actúa como compensador y reductor de los cambios de temperatura, donde el muro interior, ya aislado, es el acumulador térmico encargado de aportar el calor necesario para lograr y mantener niveles adecuados de confort en el interior de la vivienda.

Los ejemplos de Chubut, aunque corresponden a un clima menos riguroso pero todavía frío, con 1.925 grados días, aproximadamente el doble que Buenos Aires. Sin embargo, una construcción con buena aislación térmica permite lograr buenas condiciones con menor uso de energía y, en algunos casos, sin calefacción, utilizando solo el calor metabólico de los ocupantes y la energía solar para lograr adecuado nivel de habitabilidad.

Patrimonio escondido

Siempre presente y rara vez reconocido es el vasto patrimonio de la Construcción con Tierra en los Cascos Históricos de las ciudades latinoamericanas. Este es un campo que ofrece enorme potencial de desarrollo en el marco de la conservación y rehabilitación del stock edificado de la región, tantas veces intervenido sin adecuado conocimiento técnico. A ello se suma la búsqueda de modernidad y el desprecio por la ‘arquitectura pobre’, de ahí que el desarrollo de normativas puede dar soporte, aliento y valor a la preservación.

Transferencia

Un fuerte desafío que enfrenta la Construcción con Tierra es la Ley 13.059 de la Provincia de Buenos Aires al exigir una mejora substancial en el comportamiento térmico de muros. Es relevante notar que, para cumplir con esta ley y lograr el Nivel B de la Norma IRAM 11.605 (2005) de alcance nacional, un muro de adobe requiere un espesor de 45 cm.

La importancia de capacitar técnicamente y transferir socialmente ha sido y sigue siendo uno de los pilares fundamentales de la razón de ser de esta publicación.

Cobertura geográfica de los artículos

Como en números anteriores, se indica la ubicación de los autores, y las localidades y latitudes de los trabajos de investigación y proyectos presentados en los artículos. La diversidad geográfica de los artículos presentados evidencia la voluntad de difundir la amplia gama que presentan las actividades que se realizan en la Construcción con Tierra en Latinoamérica. Se espera así potenciar el valor patrimonial, el desempeño ambiental y eficiencia energética, y el desarrollo tecnológico y normativo.

Es relevante notar que ello está siempre acompañado de valiosos aportes llevados a cabo para actualizar la capacitación técnica, motivar la formación académica y alentar la participación social, en el marco del desarrollo sustentable de la región. Se espera mostrar de esta manera la importancia de fomentar la producción de un hábitat edificado de bajo impacto ambiental y baja demanda de recursos, simultáneamente abierto a la innovación y respetuoso del patrimonio heredado.

Artículo	Autores	Lugar	Latitud
CT6 1.1	Irene Blasco Lucas	San Juan, Argentina	32° S
CT6 1.2	Luis Fernando Guerrero y Francisco Soria	DF, México	22° N
CT6 1.3	Silvina Bramati	Chubut, Argentina	15° S
CT6 2.1	Ariel González y María Carolina Lazzarini	Santa Fé, Argentina	31° S
CT6 2.2	Sebastián D'Andrea	Bs As, Argentina	34° S
CT6 2.3	Juan C. Patrone, Sebastián D'Andrea y Hernán Passone	Bs As, Argentina	34° S
CT6 3.1	Hugo Pereira Gigogne y Diego Pereira Escobar	Santiago, Chile	33° S
CT6 3.2	Silvio Ríos Cabrera	Asunción, Paraguay	25° S
CT6 3.3	Patricio Galarza	Otavalo, Ecuador	0° N
CT6 4.1	Sonia Carmena	Rosario, Argentina	33° S
CT6 4.2	Luciano López Guzmán	Ushuaia, Argentina	55° S
CT6 4.3	Mario Amatiello, Sebastián Bosch y Lisandro Arelovich	Rosario, Argentina	33° S
CT6 4.4	Víctor García, Adriana Medina y Norma Rodríguez	Catamarca Argentina	20° S



Ubicación de los trabajos presentados en este número de ‘Construcción con Tierra 6’.

John Martin Evans y Silvia de Schiller.
Comité Editorial.

Invitación a presentar artículos en CT7

El Comité Editorial invita a proyectistas y constructores, investigadores y docentes a presentar artículos para futuros números de ‘Construcción con Tierra’, atendiendo las condiciones de presentación y el formato de los artículos, según se indica al final de la presente publicación.

Formato para la presentación de artículos

PERFIL DE LOS AUTORES

Amatiello, Mario. Conservador de museos, especializado en el campo de la museografía, diseño, imagen institucional y comunicación. Coordinador del Área Museografía del Museo Provincial de Ciencias Naturales ‘Dr. Ángel Gallardo’. Integrante de la Asociación Civil ‘Próxima Museología, Grupo de Investigación’ y Coordinador del Túnel, Centro Cultural del Colegio de Arquitectos de Rosario.

e-mail: marioluisamatiello@gmail.com

Arelovich, Lisandro. Licenciado en Antropología y Especialista en Arqueología. Trabaja en el Taller Ecologista de Rosario, es miembro del Centro de Estudios Observatorio de Energía y Sustentabilidad, y Asesor del Centro de Investigación, Desarrollo y Enseñanza en Permacultura. Docente de Antropología Económica, UNR, cursó seminarios de posgrado en economía ecológica, ecología política y ecología de poblaciones humanas.

e-mail: li_are@yahoo.com

Blasco Lucas, Irene. Doctora en Arquitectura (2013). Magíster en Energías Renovables (2001). Arquitecta (1979). Investigadora Categoría I (2005). Ha dirigido desde 1983 en la UNSJ, 26 proyectos de investigación en arquitectura sustentable, energías renovables y tecnologías apropiadas. Prof. Titular y Asociada Efectiva a partir de 1990. Docente de grado y posgrados en la FAUD-UNSJ, es autora de 3 libros y más de 100 artículos.

e-mail: iblasco@farqui.unsj.edu.ar

Bosch, Sebastián. Conservador de museos con especialización en gestión de museos y museografía. Coordinador general del Museo Provincial de Ciencias Naturales ‘Dr. Ángel Gallardo’, Rosario. Docente de la Cátedra Museografía 3, Escuela Superior de Museología.

e-mail: boschsebastian@live.com.ar

Bramati, Silvina. Arquitecta graduada de la Universidad Nacional de La Plata (FAU-UNLP). Máster Propio en Energías Renovables: Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Internacional de Andalucía (UNIA). Docente e investigador en la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB).

e-mail: silvina.bramati@gmail.com

Carmena, Sonia. Arquitecta, Universidad Nacional de Rosario (UNR) y Especialista en Diseño y Proyección, Universidad Nacional del Litoral (UNL), desarrolló docencia universitaria e investigación, y es miembro de comités científicos y editoriales internacionales. Cofundadora del estudio profesional Proyecto Janus en 2007, dedicado al diseño y construcción sustentable, creadores de la marca Verde Arriba® de terrazas verdes, jardines verticales y piscinas naturales, Premio Emprendedor XXI, y la Línea Q.

e-mail: scarmena@unr.edu.ar

D’Andrea, Sebastián. Arquitecto Universidad de Buenos Aires (FADU-UBA), realizó cursos sobre sustentabilidad de los materiales Programa de Formación en Investigación (FI-FADU-UBA), de bioarquitectura en la Sociedad Central de Arquitectos (SCA), talleres de construcción con tierra en Córdoba y Neuquén y participó como voluntario en varias obras en el país y el exterior, e integra el grupo de Construcción con Tierra, gCT, del Centro de Investigación Hábitat y Energía (CIHE-SI-FADU-UBA).

e-mail: seb@sdandrea.com.ar

Galarza, Patricio. Arquitecto graduado en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central del Ecuador, 1989. Diseñador y Constructor, Presidente del Colegio de Arquitectos del Ecuador Delegación Otavalo, 2002-2014. Perito Avaluador, Varias Instituciones del Sistema Financiero, 1997-2014. Egresado de la Maestría en Rehabilitación Urbana y Arquitectónica, Universidad Central del Ecuador.

e-mail: ep_galarza@yahoo.es

García, Víctor Orlando. Profesor y Licenciado en Física, Magíster en Energías Renovables y Doctorando en Ciencias, mención Energías Renovables. Docente en la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCa, y en la Facultad de Ciencias Exactas, UNLaR, es Investigador Categoría 2 del Sistema Nacional de Incentivos.

e-mail: victorgarcia958@gmail.com

González, Ariel. Ingeniero en Construcciones, Magister Scientiae en Metodología de la Investigación Científica y Técnica, Profesor e Investigador de la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Santa Fé, Argentina. Desarrolla temas del hábitat urbano y rural en equipos interdisciplinarios, e investigaciones en tecnologías de construcción con tierra. Secretario Ejecutivo de la Red Latinoamericana de Cátedras de Vivienda ULACAV, es miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA y de la Red Argentina PROTIERRA.

e-mail: aagonzal@frsf.utn.edu.ar

Guerrero, Luis Fernando. Arquitecto, Maestro en Restauración de Monumentos y Doctor en Diseño con Especialidad en Conservación Patrimonial. Profesor-Investigador Titular de la Universidad Autónoma Metropolitana donde además funge como Jefe del Área de Investigación en Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA y de la Cátedra UNESCO ‘Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y Desarrollo Sostenible’.

e-mail: luisfg1960@yahoo.es

Lazzarini, María Carolina. Arquitecta, egresada de la Universidad Católica de Santa Fe en 1996, se ha dedicado a la actividad privada hasta 2010, realizando obras de viviendas unifamiliares y colectivas, edificios hospitalarios, educativos y bancarios. En los últimos años, concentró su actividad en forma exclusiva a la capacitación y experimentación de arquitectura en tierra cruda, participando en numerosos talleres de formación.

e-mail: mclazzarini@capsf.org.ar

López Guzmán, Luciano. Integrante del Gurpo NAT. Egresado de Earthship Academy en Taos, NM. E.E.U.U. Nombrado miembro de Earthship Biotecture luego de participar en la construcción en Ushuaia como parte del equipo organizador.

e-mail: luciano.lopez@gmail.com

Medina, Adriana. Arquitecta. Docente en la Escuela de Arquitectura, Universidad Nacional de La Rioja, a cargo del curso de Postrado, del Departamento de Ciencias y Tecnologías Aplicadas a la Producción, el Urbanismo y el Ambiente, de la Universidad Nacional de La Rioja.

e-mail: adrianamedina2211@yahoo.com.ar

Passone, Hernán. Cursa la Carrera de Diseño Industrial FADU-UBA, realizó cursos FI-FADU-UBA, en sustentabilidad de los materiales, construcción con tierra, y aplicación de energías renovables. Trabaja con materiales y sistemas que aportan a la eficiencia energética, e integra el Grupo de Construcción con Tierra, gCT, del Centro de Investigación Hábitat y Energía (CIHE-SI-FADU-UBA).

e-mail: hernan_passone@hotmail.com

Patrone, Juan Carlos. Arquitecto Universidad de Buenos Aires (FADU-UBA), postgrado en Diseño Bioambiental, es investigador del Centro de Investigación Hábitat y Energía, dirige el Grupo de Trabajo Construcción con Tierra, gCT-CIHE, Centro de Investigación Hábitat y Energía (CIHE-SI-FADU-UBA). Asesora, proyecta y construye con tecnologías de tierra, es miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA y director de Terrabaires.

e-mail: arqpa@yahoo.es

Pereira Escobar, Diego. Arquitecto, Universidad Diego Portales. Premio a la Excelencia Académica UDP 2007, 1er lugar concurso nacional CHILEDUCA, Ministerio de Educación 2003. Experiencia profesional en Zagreb, Croacia, Estudio Njiric&Njiric, y en Marbella, España, Estudio Arq. Hugo Torrico C. ARCHIPLAN. Actualmente, socio de POLIVALENTE Ltda. Santiago, Chile.

e-mail: diego@polivalente.cl

Pereira Gigogne, Hugo. Arquitecto, Universidad de Chile. Docente del CFT IDMA instituto del medio ambiente y de la UTEM Universidad Tecnológica Metropolitana, es Funcionario del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Miembro de la Red PROTERRA y Coordinador de la Red PROTIERRA-Chile, es integrante de ICOMOS-Chile, Comité Internacional de Monumentos y Sitios de UNESCO.

e-mail: pgigogne@gmail.com

Ríos Cabrera, Silvio. Arquitecto, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay, y Doktor-Ingenieur, Universidad Técnica de Aachen, Alemania, es Investigador en Arquitectura de la UNA, orientado al campo de la vivienda popular, materiales alternativos y tecnología apropiada, hábitat rural y salud, acondicionamiento natural y diseño de estructuras. Fue Director del Centro de Tecnología Apropiada de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Católica y Coordinador de Vivienda de Interés Social de CYTED, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

e-mail: habitat.srios@gmail.com

Rodríguez, Norma. Profesora y Licenciada en Matemática, Magíster en Bioestadística, Universidad de Chile, Doctoranda en Ciencias, mención Matemática. Docente en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNCa, Investigadora Categoría 2 y Docente en carreras de grado y posgrados.

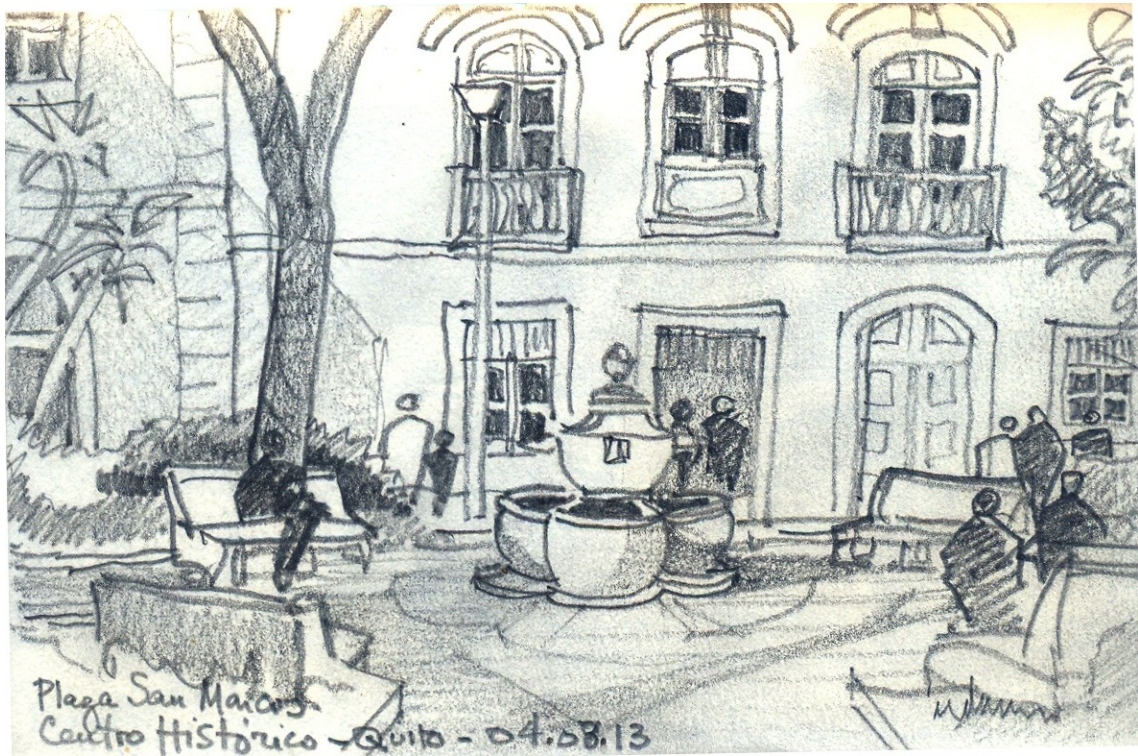
e-mail: norleor@yahoo.com.ar

Soria López, Francisco Javier. Arquitecto, Maestro en Restauración del Patrimonio Cultural Inmueble y Doctor en Proyectos Arquitectónicos por la UPC-ETSAB, Barcelona. Es Profesor-Investigador Titular de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco y miembro del Área de Investigación en Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado, y Coordinador del Cuerpo Académico en Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado.

e-mail: fjsl_62@hotmail.com

SECCIÓN 1

OPTIMIZACION DE MATERIALES



PROPUESTAS DE MEJORAS PARA CONSTRUCCIONES CON TIERRA EN HÁBITATS ÁRIDOS Y SÍSMICOS

Irene Blasco Lucas

RESUMEN

Con el fin de brindar alternativas de diseño y constructivas que permitan mejorar el hábitat de pobladores de zonas áridas y sísmicas, se materializa con el apoyo del Gobierno de San Juan, Argentina, un Salón Comunitario (SC) y una Letrina Solar Seca (LSS) destinados a la Unión Vecinal de Balde de Leyes, localidad aislada ubicada en el Sureste de la Provincia, conformada por 10 familias con un alto nivel de pobreza, que sobreviven a través de actividades ganaderas. La LSS y el SC constituyen prototipos experimentales que componen respectivamente la primera y la segunda etapa constructiva del Centro Comunitario (CC) proyectado en forma participativa con los habitantes del pueblo. En base a estudios previos sobre los modos de vida y constructivos de una amplia muestra de la región, se desarrollaron las tecnologías apropiadas utilizadas para muros, techos y aberturas, que resuelven con sencillez problemas detectados en esos componentes. Las mismas consisten en mampuestos de suelo-cemento, losetas de hormigón para techos, y marcos de hormigón para ventanas y puertas. Su evaluación empírica es presentada en este artículo y consiste por un lado en realizar la prueba de autoconstrucción y por otro en analizar la respuesta higrotérmica mediante comparación de mediciones de temperatura y humedad relativa simultáneamente en el exterior, en el SC, en la LSS y en tres viviendas de adobe del lugar durante períodos de 20 días, en invierno y en verano. Se describe el proyecto, el sistema y proceso constructivo, como también las metodologías y técnicas usadas. Se concluye que los resultados son muy satisfactorios, pues demuestran que las propuestas tienen un buen desempeño higrotérmico, y es factible implementar programas de autoconstrucción con ellas, para mejorar viviendas de los habitantes en extensos territorios del país, que se hayan expuestos a condiciones de elevada vulnerabilidad ambiental. La investigación forma parte del programa de doctorado de la Universidad de Mendoza. También ha sido parcialmente financiada por la UNSJ, la SECYT, y la Secretaría Nacional de Políticas Universitarias.

Palabras Clave: suelo-cemento, losetas, marcos de hormigón, experiencia piloto

INTRODUCCIÓN

La construcción espontánea con tierra es una realidad permanente para vastas regiones de países latinoamericanos, y representa una solución sustentable en lo social, económico y ambiental a los requerimientos habitacionales. Sin embargo, el característico alto nivel de pobreza ocasiona numerosos vicios constructivos implicando un grave riesgo para sus habitantes en áreas cuyas cualidades ambientales predominantes son la extrema aridez y la elevada sismicidad. La precariedad constructiva resultante está presente tanto en hábitats suburbanos como rurales, alcanzando su máxima expresión en este último, por la escasa infraestructura de servicios básicos (redes viales, eléctrica, agua, gas, telecomunicaciones, salud, educación, etc.), lo cual genera condiciones sociales muy singulares.

Propuestas de soluciones parciales de la compleja problemática planteada, surgen a partir de investigaciones relacionadas principalmente con la construcción en tierra (*Blondet, et al., 2002 y 2003; Rael, 2009; Ibstock, 2011*), el uso de energías renovables en sus diferentes formas (*Mattone et al., 2003; Wüstenhagen et al., 2007*), y modalidades participativas para facilitar la apropiación de las nuevas tecnologías (*Akella et al., 2009; Díaz et al., 2010; Kaygusuz, 2011*).

En estas líneas se sitúa el presente trabajo, a través del cual se construyó con ayuda del Gobierno de la Provincia de San Juan, Argentina, prototipos experimentales para una Letrina Solar Seca (LSS) y una pequeña Sala Comunitaria (SC) que componen las dos primeras etapas de las cuatro previstas para el Centro Comunitario (CC) de Balde de Leyes (*Blasco Lucas et al., 2006*). Este es un pueblo aislado típico del sudeste de la Provincia de San Juan, actualmente habitado por 10 familias cuya subsistencia se basa en actividades de ganadería extensiva.

El proyecto aprovechó el efecto multiplicador que tienen las actividades comunitarias, para demostrar las posibilidades que brindan los sistemas y modalidades propuestos, tanto a los habitantes del lugar, como a los organismos gubernamentales encargados de implementar programas de promoción para este sector deprimido de la población, a fin de transferirlos luego a la construcción de viviendas.

Las distintas instancias de la investigación, que forma parte de la Tesis Doctoral en Arquitectura de la autora en la Universidad de Mendoza (*Blasco Lucas, 2013*), fueron desarrolladas en el período 2005-2013, subsidiadas parcialmente por la Universidad Nacional de San Juan, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, y la Secretaría Nacional de Políticas Universitarias.

MEJORAS PROPUESTAS

Las debilidades constructivas se identifican a partir del análisis de encuestas y relevamientos sobre una muestra representativa conformada por 71 familias (400 hab.) dispersa en tres Departamentos del Sureste de la Provincia de San Juan localizados en la zona desértica denominada “Ecorregión del Monte”.

El estudio abarcó aspectos sociales, económicos y físicos en la materialización del hábitat de los pobladores conocidos como “puesteros”, y permitió determinar los problemas de mayor frecuencia en cada uno, como también la valoración de los mismos por los lugareños.

En lo referido a sus moradas, se detectó que la mayoría habían sido realizadas por autoconstrucción con tierra sin capacidad sismo-resistente, y con muchos vicios constructivos en muros, techos y aberturas, debido a procesos de a-culturización provocados por influencias foráneas y a la precariedad originada en la pobreza.

Cada componente mencionado reviste una gran importancia en el sistema total que conforma la unidad habitacional a fin de brindar una adecuada protección de la vida y la salud de sus usuarios. Las propuestas de solución tecnológica deben estar al alcance de los destinatarios desde el punto de vista económico, y ser a la vez suficientemente sencillas para que los mismos puedan asimilarlas a través de procesos participativos.

MUROS DE SUELO-CEMENTO

Para los muros se rescataron las prácticas conocidas por los pobladores sobre el adobe, a través de mampuestos cuadrados de suelo-cemento (18,5 x 18,5 x 8,5cm) aplicados en aparejos simple para la LSS(Fig. 1) y compuesto para la SC(Fig. 2). El aparejo compuesto permite obtener una Transmitancia Térmica inferior al K_{maxadm} recomendado para la zona Bioambiental II en la Norma IRAM 11604 (2004), siendo apropiado para usarlo en paredes exteriores de espacios habitables. Contrariamente, el simple lo supera, por lo cual conviene utilizarlo sólo en locales no habitables o en muros divisorios (Blasco Lucas, 2009 y 2011). La dosificación óptima de los mampuestos con la tierra del lugar fue 1:7,5:1 (cemento: suelo arenoso: agua). Dos operarios, trabajando 8 horas diarias, podían producir entre 200 y 250 mampuestos por prensa. Para construir 1m² de muro simple se utilizan 54 mampuestos y 75 en el compuesto. Se los debe dejar reposar durante 7 días a la sombra cubiertos con nylon para su fraguado y endurecimiento, y durante 28 días adicionales hay que humedecerlos permanentemente para aumentar su resistencia mecánica.

El **aparejo simple** fue desarrollado en el IRPHa (Albarracín y Blasco Lucas, 2002) y se aplicó en la LSS principalmente para verificar su factibilidad de autoconstrucción, dado que no se habían llevado a cabo experiencias con este objeto. En la Figura 1 se representan en dos y tres dimensiones sus dos hiladas básicas con los tipos de mampuestos que las conforman a fin de alojar la armadura vertical, como también imágenes de los pobladores usando la prensa IRPHa-RAM, e iniciando el muro de la LSS. Se verificó que el sistema constructivo posee una resistencia aceptable, mediante ensayos destructivos al corte diagonal (en muretes) y al esfuerzo horizontal (en paño completo de muro con contrafuertes) realizados en el Instituto de Investigaciones Antisísmicas de la UNSJ (Saldivar et al., 2005).

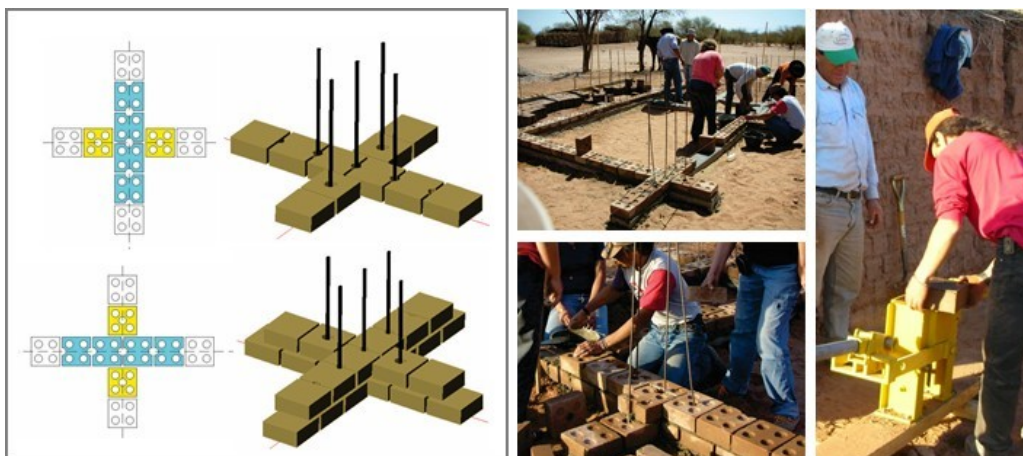


Figura 1. Primera (Sup.) y segunda (Inf.) hiladas del aparejo simple de mampuestos de suelo-cemento, fabricados con la prensa IRPHa-RAM (Der.). Dibujo 3D: Re G. Fotos: Blasco Lucas I.

El diseño del aparejo compuesto(Blasco Lucas, 2009 y 2013)fue desarrollado principalmente para mejorar la Transmitancia Térmica del muro, aprovechando la prensa IRPHa-RAM. Su nombre surge a raíz que la unidad de traba está conformada por dos mampuestos de sogá y uno de panderete dando lugar a cuatro hiladas básicas, Figura 2. Las caras de los mampuestos son diferentes en cada tipo de bloque, siendo necesarios distintos pares de accesorios, Figura3, (Albarracín y Blasco Lucas, 2002; Blasco Lucas y Carestia, 2011), correspondiendo los pares 2 y 4a 8, a los nuevos diseños fabricados para resolver la traba del aparejo compuesto.

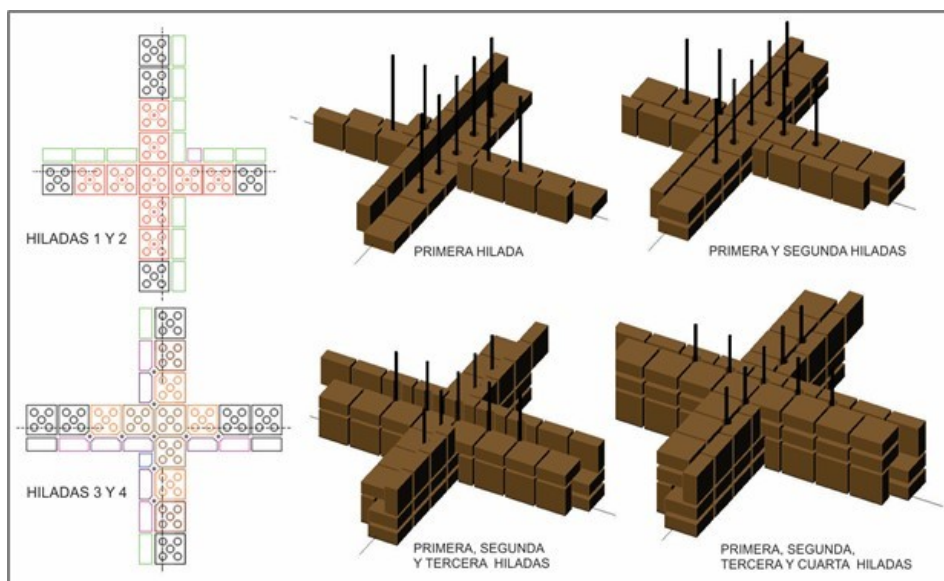


Figura 2. Primera y segunda (Sup.) hiladas, y tercera y cuarta hiladas (Inf.) del aparejo compuesto de mampuestos de suelo-cemento. Dibujo 3D: Re G. Elaboración personal.

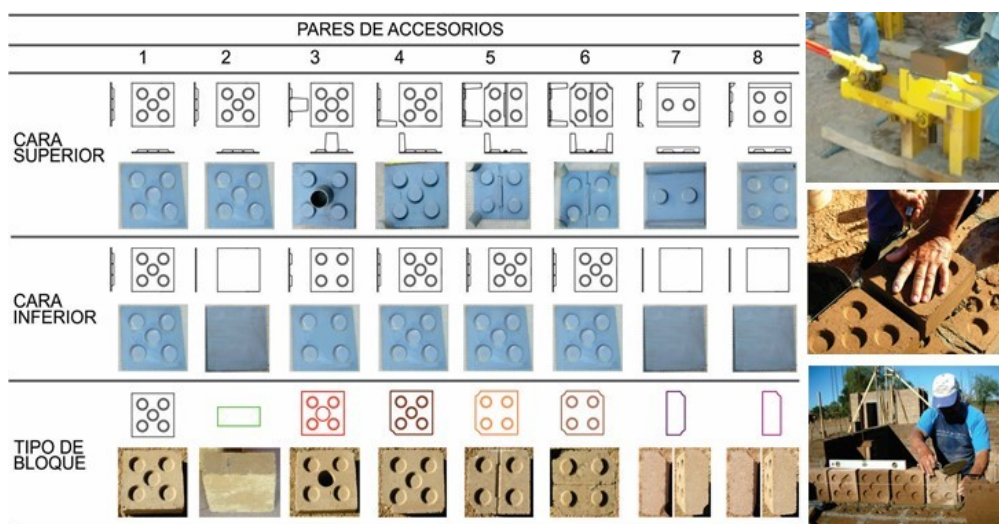


Figura 3. Pares de accesorios por tipo de mampuesto necesario para el aparejo compuesto (Izq.). Fabricación de un mampuesto con accesorio en la prensa IRPha-RAM (Der. Sup.) y ejecución del muro de 28,5cm de espesor en Balde de Leyes (Izq. Centro e Inf.). Fotos y dibujos: Blasco Lucas I.

En las esquinas se utilizan 9 hierros verticales de 10mm de diámetro, cuyo eje de ubicación se desplaza 5cm del eje del muro. Cuando se trata de encuentros de contrafuertes situados en tramos medios de la pared, se reduce la armadura a 5 hierros de 10mm, omitiendo los que se ubican en los extremos en la situación anterior. La armadura horizontal se realiza a nivel de antepecho de ventana y a altura de dintel con dos hierros de 8mm diámetro y estribos de 6mm cada 50cm, vinculándola a la vertical con alambre N°17. Se aplica mortero cementicio en proporción 1:4 (cemento: arena). Se realizaron ensayos normados en dos instancias: de los mampuestos en forma individual en el Instituto de Materiales y Suelos de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ, y de las unidades de traba del muro compuesto en el INPRES, Figura 4.

En esta última se utilizó un equipo *UH-1000kNA-Shimadzu*, al cual se le adicionó un control con rayo laser para detener la medición al momento que se iniciaba la más mínima grieta, aunque luego se continuara ejerciendo fuerza de compresión, para analizar la forma en que se producía la rotura. La interpretación de los resultados obtenidos indica que según la Norma *INP-CIR 103-III* (ex *IRAM 12518*) los mampuestos alcanzarían la clase C de ladrillos cerámicos macizos, encontrándose muy próximos a la clase B (Blasco Lucas y Carestia, 2011a; Blasco Lucas, 2013).



Figura 4. Ensayos destructivos en los laboratorios del INPRES: de mampuestos individuales (Der.) y unidades de traba del aparejo compuesto (Centro e Izq.). Fotos: Blasco Lucas I.

LOSETAS DE HORMIGÓN.

Se desarrolló un procedimiento para aplicar un sistema constructivo para saneamiento de techos, conformado por losetas modulares de hormigón con doble curvatura, las cuales se comportan como cáscaras livianas de 2cm de espesor sin armadura, resistentes por su forma. Las mismas pueden ser fabricadas inclusive por mujeres y niños, utilizando un molde de chapa (Albarracín y Blasco Lucas, 2002) adaptado del original de madera desarrollado en el INPRES, sumándole accesorios especialmente diseñados para facilitar el amarre de las losetas a los rollizos (Blasco Lucas y Carestia, 2011a; Blasco Lucas, 2013). Para adaptar el sistema a los modos constructivos rurales se cambiaron levemente las dimensiones de la loseta (a 59 x 60cm), y se utilizaron rollizos con una superficie cepillada de 6cm de ancho en su cara superior, en cuyo eje central se colocaron clavos de 4" frente a los orificios de las losetas, para sujetarlas a ellos con alambre 14 atado al clavo y enhebrado por los orificios, Figura 5.

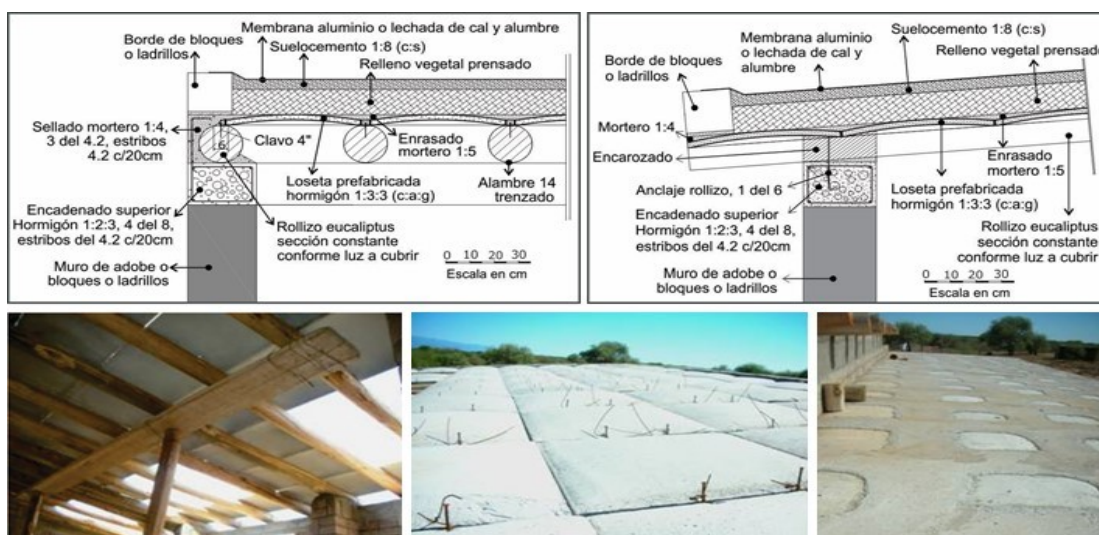


Figura 5. Sistema constructivo de techo con losetas de hormigón de doble curvatura. Vistas del montaje en Balde de Leyes (Blasco Lucas y Carestia, 2011a; Blasco Lucas, 2013).

El molde para fabricación de las losetas posee cuatro partes principales: el marco, el sobremarco, la base y los accesorios, y se complementa con una lona de arpillera sintética, que se coloca doble por encima del marco, perfectamente tensada y sujeta en cada lateral mediante las planchuelas encajadas en los pernos de las tuercas con las cuales se ajusta. Figura 6). Para esta investigación se resolvió el sistema de sujeción de las losetas a los rollizos del techo, mediante el diseño de los accesorios para los orificios y del modo constructivo correspondiente a la producción y al montaje.

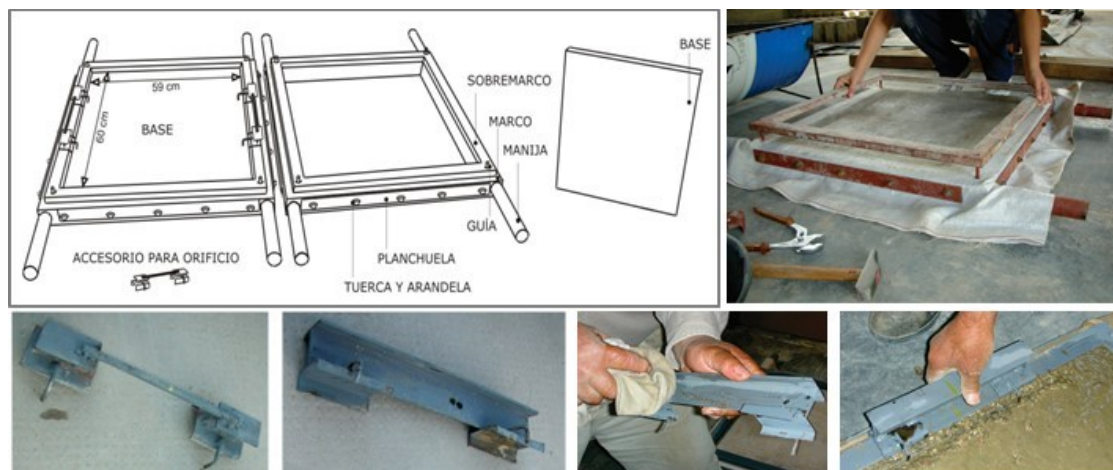


Figura 6. Componentes de moldes para fabricar losetas de hormigón de doble curvatura y accesorios para hacer orificios de amarre (Blasco Lucas y Carestia, 2011a; Blasco Lucas et al., 2012; Blasco Lucas, 2013).

Todos los componentes del molde deben pintarse con aceite de auto diluido con gasoil para facilitar el desmolde posterior. El llenado se realizó con pastonada de hormigón en proporción 1:3:3:2 (cemento: arena gruesa: grancilla: agua). La grancilla fue previamente pasada por una zaranda de calibre 8mm. La mayoría de las tareas debieron ser realizadas al menos por dos personas. En total son necesarios diez días para estibar las losetas, de ellos, tres días transcurren hasta el desmolde y al menos siete días adicionales para el curado, cuando las losetas deben permanecer sumergidas en agua. El proceso de fabricación está descrito detalladamente en el manual elaborado con la participación de los pobladores de Balde de Leyes, el cual consta de un cuaderno impreso y dos láminas tamaño A0 en lona. Se testearon diferentes dosificaciones y materiales a través de ensayos destructivos a la compresión realizados en el INPRES según el procedimiento de la Norma IRAM para losas cerámicas, Figura 7. La muestra correspondiente se formó con 9 losetas, a las cuales se les variaron las proporciones de materiales utilizados y el tipo de lona del molde, totalizando 8 posibilidades de fabricación (Blasco Lucas, 2013).



Figura 7. Pruebas llevadas a cabo en el INPRES. Vistas del Ensayo de la loseta 2B. (Blasco Lucas, 2009b; Blasco Lucas y Carestia, 2011a; Blasco Lucas, 2013)

La loseta estándar de 19,6 Kg, cuya masa se trató de alivianar, resistió 275 Kg. Fue fabricada sobre lona plástica con dosificación 1:3:3:2 (cemento: arena: grancilla: agua). Se comprobó que alcanza la mayor resistencia, permaneciendo muy cercana a la exigida a los ladrillos cerámicos huecos para techos (300Kg), por ello se adoptó para la experiencia piloto. La combinación de pomeca con arena fina superó levemente los 200Kg, pudiendo considerarse aceptable para el tipo de construcciones a las cuales están destinadas, pues aliviana la carga propia entre 2 y 5Kg. El resto de las dosificaciones disminuyó demasiado la resistencia de las losetas, no siendo aconsejable su uso.

MARCOS DE HORMIGÓN.

Partiendo del análisis de modelos desarrollados por el Centro Experimental de la Vivienda Económica de CONICET en Córdoba (CEVE, 2003), se diseñaron en el IRPHa-FAUD-UNSJ nuevos moldes para fabricar marcos de hormigón armado para puertas y ventanas adaptados a las condiciones locales de áreas desérticas (Albarraacín et al., 2011). Esta experiencia se amplió desarrollando nuevos moldes de chapa no solo para ventanas sino también para puertas (Blasco Lucas y Carestia, 2011b; Blasco Lucas, 2013), con objeto de optimizar los resultados previamente obtenidos en laboratorio, y realizar una experiencia real de auto-construcción. Específicamente en la aplicación edilicia, las finalidades de los marcos de hormigón armado son: por un lado, aportar resistencia estructural con mejor terminación en los vanos para proteger los muros, y por otro, brindar seguridad mediante la incorporación de rejas en las ventanas.

Los moldes desarmables fueron hechos en chapa doblada DD21 de robustez suficiente, con accesorios para su armado rápido por personas sin conocimientos específicos. Son muy sencillos de usar y pueden ajustarse a diferentes dimensiones de vanos. La sección permite carpinterías con mínimo material y adecuada resistencia. El sistema está conformado por un conjunto de piezas con funciones de soporte, moldes y accesorios (Fig. 8), las cuales se numeraron para facilitar su armado. Las piezas de soporte comprenden: las canaletas de ensamble lateral montadas en el separador de las jambas del marco de puerta, y los esquineros-escuadra para ambos tipos de marco. Las partes de los moldes son los travesaños superior e inferior, y cada pierna de las carpinterías, que en el marco para puerta están divididas en dos tramos.). Las piernas de los moldes tienen un sistema de guía-encastres para trabar cada elemento.

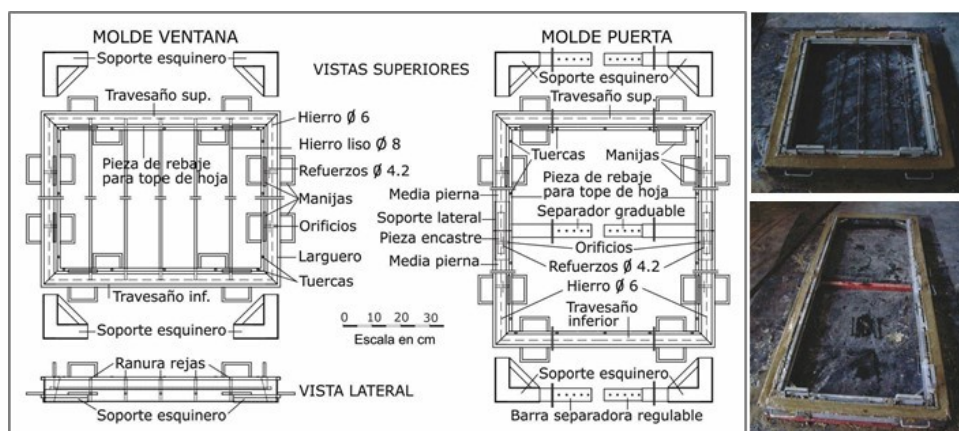


Figura 8. Moldes de chapa para fabricar marcos de hormigón armado para ventanas y puertas. (Blasco Lucas y Carestia, 2011b; Blasco Lucas, 2013).

Los accesorios van atornillados y están compuestos por piezas que permiten el rebaje de apoyo para la hoja en ambos tipos de marco, y tapar las ranuras de las rejas en los correspondientes a los de ventana, Figura 9.

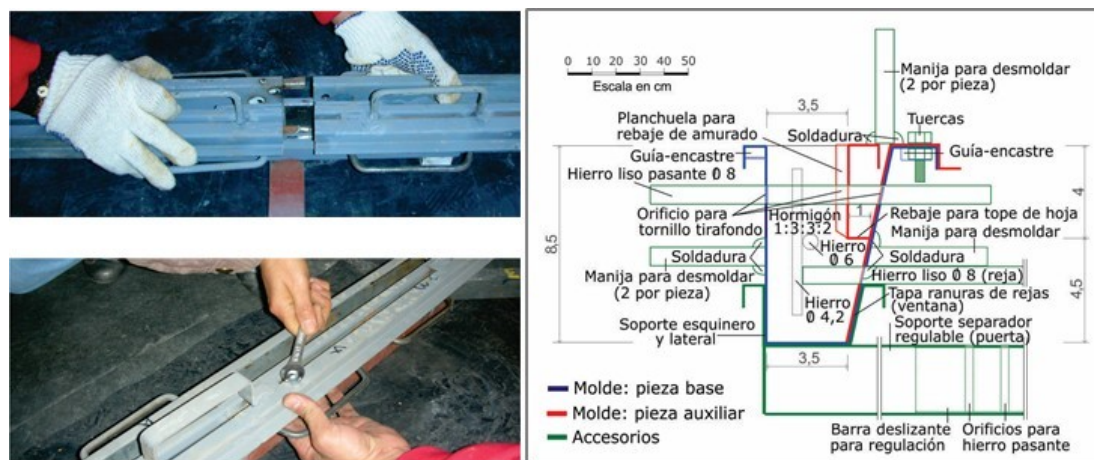


Figura 9. Moldes de chapa para fabricar marcos de hormigón armado para ventanas y puertas. (Blasco Lucas y Carestia, 2011b; Blasco Lucas, 2013).

La prueba de autoconstrucción del proceso completo (fabricación y montaje) se realizó con personal no especializado del Obrador Central de la Dirección de Arquitectura de la Provincia de San Juan, Figura 10, habiendo necesitado mínima asistencia técnica.



Figura 10. Pruebas de autoconstrucción para el montaje de los marcos de hormigón armado de ventanas y puertas (Blasco Lucas y Carestia, 2011, Blasco Lucas, 2013).

PROTOTIPO EXPERIMENTAL.

Balde de Leyes fue seleccionado en el conjunto de la muestra por cumplir todas las condiciones necesarias a los efectos de la investigación. Está ubicado a 160 km al Este de la Ciudad de San Juan, en el Departamento de Caucete, y es accesible a través de 18 Km de huella casi intransitable, hacia el Sur de la ruta 141. Los centros poblados vecinos distan a 30 km (Marayes), 130 km (Colon), y 100 Km (Chepes). Sus coordenadas geográficas son: latitud $-31^{\circ} 41' 06''$, longitud $-67^{\circ} 21' 37''$, 557m snm. La comunidad se originó 70 años atrás, y actualmente la forman 10 familias (30 personas) que viven en viviendas precarias construidas con adobe, cañas, ramas y barro, dispersas en un radio de 1,5 Km, y cada una posee un pequeño sistema domiciliario solar desde el año 1994.

Como equipamiento comunitario, el lugar cuenta con una escuela, una capilla, un tanque elevado y uno australiano que son alimentados por una planta de bombeo solar y/o un pozo con motor diesel, además a 1 Km del pueblo hay una represa natural para abreviar el ganado (caprino, bovino, ovino y equino). Aun así, los lugareños sufren siempre la escasez del preciado líquido, en especial durante los prolongados períodos de sequía, cuando el Municipio debe abastecerlos de agua con camiones. Durante el verano quedan aislados por las aguas de escorrentías de las típicas lluvias torrenciales. En instancias previas de la investigación se llevó a cabo el proceso de diseño participativo del CC con los pobladores (Blasco Lucas *et al.*, 2006a y 2006b), habiendo realizado ajustes para la fase aquí descrita, tanto en las modalidades aplicadas como en las herramientas elaboradas, haciéndolas extensivas a la articulación interinstitucional para abordar la construcción, fundamentalmente de la segunda etapa del mismo. La Figura 11 muestra la planta del CC, y la Figura 12, fotografías de la SC y la LSS construidas.

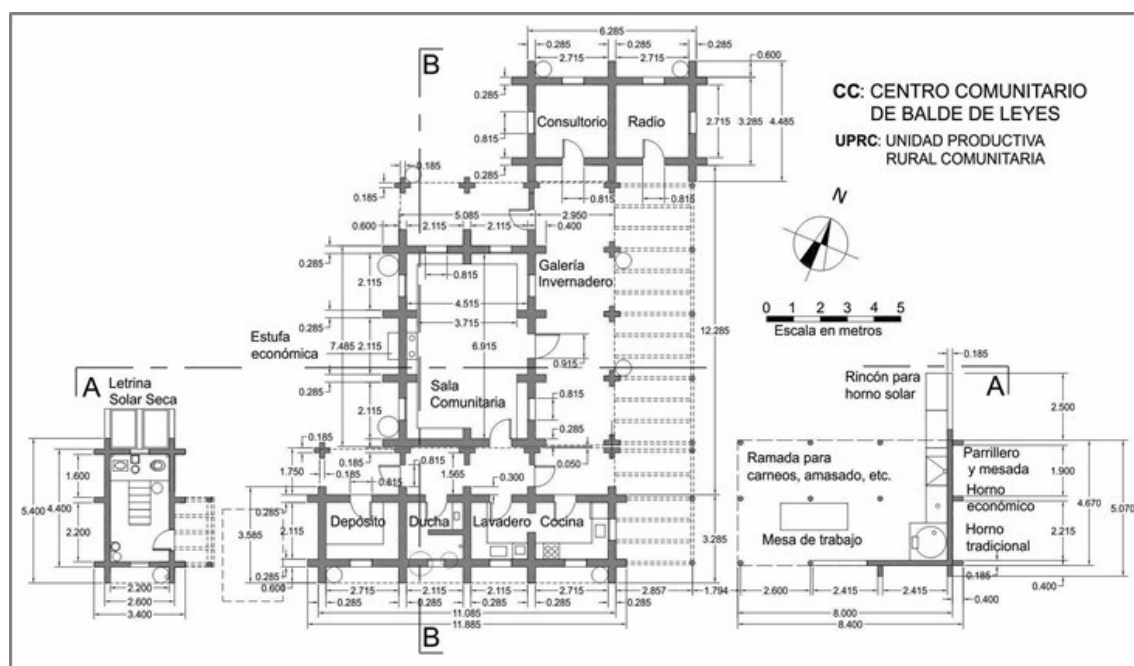


Figura 11. Planta general del proyecto de CC en Balde de Leyes (Blasco Lucas, 2013).



Figura 12. Vistas Este (Izq. superior), Noroeste (Izq. inferior) y Sudeste (Der. superior) de la SC y Noreste de la LSS (Der. inferior) del CC para Balde de Leyes. Fotos: Blasco Lucas I. (2011)

TESTEO HIGROTÉRMICO.

El monitoreo higrotérmico y lumínico se llevó a cabo en dos oportunidades durante veinte días de invierno y de verano respectivamente, con data-loggers HOBO U12 y una estación meteorológica DAVIS instalada en el lugar. Las mediciones se realizaron simultáneamente en la SC, la LSS y tres locales en viviendas con muros de adobe de 30cm de espesor y techo de ramas, cañas y barro, a los fines de poder comparar sus respectivos desempeños (Blasco Lucas, 2012 y 2013). El procesamiento de las mediciones se realizó mediante el modelo *PROMEDI-HTL* (Blasco Lucas, 2013). Las viviendas tuvieron un régimen de ventilación y calefacción acostumbrado por sus usuarios, este último mediante brasas. La V1 estuvo ocupada con dos adultos y la V3 con un matrimonio y sus tres hijos adolescentes. La V4 estuvo habitada durante los días laborales por tres operarios del *Obrador Central de la Dirección de Arquitectura*, quienes contaban con un anafe donde preparaban sus alimentos. La SC permaneció cerrada por lapsos prolongados, sin ser ventilada en forma regular, ni calefaccionada con ningún tipo de fuente. En julio, la LSS tuvo cerradas sus banderolas con planchas de *telgopor*, y abiertas las puertas de inspección interiores de las cámaras (aún sin utilizar), recibiendo en forma indirecta abundante ganancia solar. Los sensores se identificaron con la letra "S" y la misma numeración de las viviendas.

Las gráficas de dispersión que relacionan temperatura y humedad relativa se representan en la Figura 13. En invierno, S3 tuvo 4,5°C de amplitud térmica, S4 9,4°C y S1 19,4°C, cuyos promedios de temperatura fueron 14,3°C, 15°C y 14,2°C respectivamente, mientras que SC presentó una amplitud de 13°C y una temperatura media de 15,4°C, y LSS con un promedio similar (14,6°C), tuvo una amplitud de 7,6°C. La máxima temperatura fue alcanzada por S1 (26°C) seguida por la SC (23,7°C). En verano, SC tuvo la menor amplitud térmica (10,1°C), con un promedio de 30°C, muy similar a S1 pero ésta con 13,7°C de amplitud, además cuando en S1 la máxima alcanzó 37,5°C, SC tuvo 34,9°C. V3 y V4 tuvieron respectivamente amplitudes de 13,3°C y 14,9°C, y promedios de temperatura de 28°C y 31°C, con máximos superiores en 1,8°C y 3,6°C a los de SC. La demarcación de la zona de confort estricta y ampliada, demuestra que solo un escaso período tuvo condiciones exteriores de bienestar, también alcanzadas brevemente por los locales de las 3 viviendas y la LSS (hasta 20°C) y, en mayor grado, por la SC (hasta 24°C) en invierno. En verano, S3 permaneció el 20% del tiempo en la zona estricta (entre 22°C y 25°C) pero junto con S1 y S4 superó los 36°C, con SC en 24,8°-34,9°C, con un tercio del tiempo en la zona de confort ampliada, cuando la temperatura exterior excedió los 40°C.

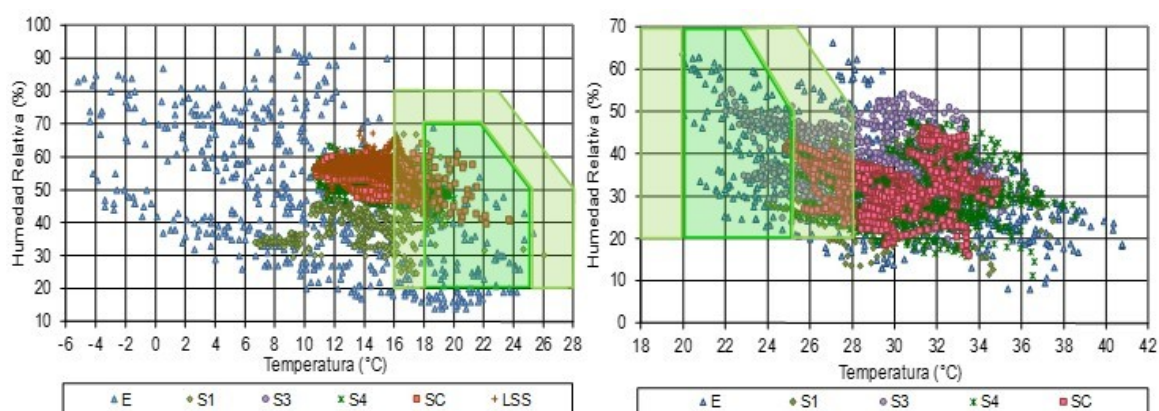


Figura 13: Dispersión higrotérmica en invierno (Izq.) y en verano (Der.). (Blasco Lucas, 2012 y 2013)

En la Figura 14 se muestra la evolución temporal de los datos de temperatura durante los días de julio y de noviembre, cuando se produjeron las situaciones exteriores extremas. La SC es la única que alcanzó en julio durante algunos momentos -aún cuando hubo temperaturas bajo cero grado- la zona de confort estricto, aparentemente asociados a la ganancia solar directa, principalmente por las ventanas orientadas al Oeste y permaneció la mayor parte del tiempo dentro de la zona ampliada (entre 15°C y 18°C). La LSS estuvo un poco menos en la misma, en general con valores más bajos que SC pero superándolos levemente en algunos períodos, comportamiento que también tuvo S4 con mayores amplitud y retardo. S3 se mantuvo bastante estable alrededor de los 13°C y 15°C, y S1 alcanzó los valores más bajos. El desplazamiento de la onda térmica de SC osciló alrededor de 11hs., el de S4 y S3 de 12hs., el de S1 de 8hs. y el de LSS de 6hs. La SC se mantuvo con las temperaturas más bajas durante el período diurno comprendido alrededor de las 10hs. y las 21hs. en el mes de noviembre (5°C por debajo de la exterior), y al no haber tenido ventilación nocturna permaneció desde la medianoche hasta las 10hs. entre 1°C y 2°C sobre los demás casos, principalmente S3, el cual alcanzó la zona de confort ampliada cuando en el exterior hubo menos de 30°C, como también durante menos tiempo lo hizo S1, y aún menos S4. SC presentó los mayores desplazamientos de la onda térmica, en el día entre 8hs. y 9hs. y en la noche entre 4hs. y 6hs.

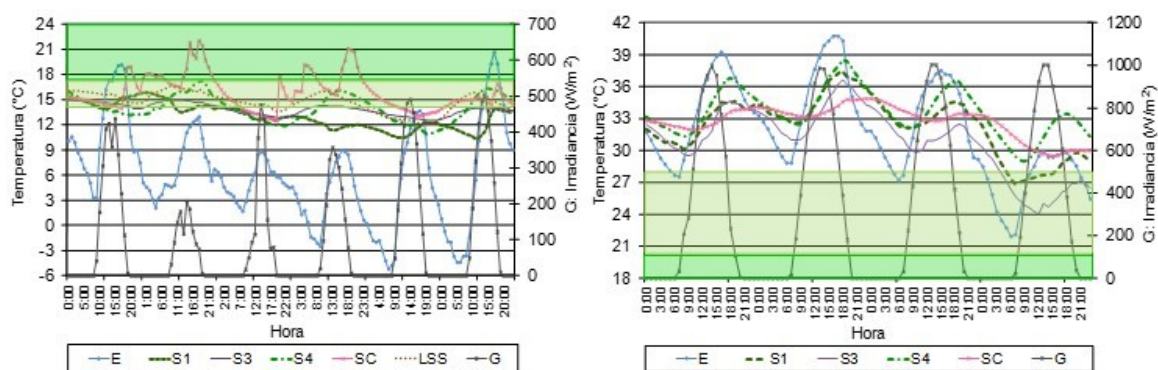


Figura 14. Evolución temporal de temperaturas y radiación solar durante días críticos en julio (Izq.) y en noviembre (Der.). (Blasco Lucas, 2012 y 2013)

CONCLUSIONES.

Las experiencias realizadas con las propuestas de mejora para cada componente constructivo permiten afirmar que éstas representan soluciones adecuadas desde el punto de vista físico y social para responder a las cualidades de aridez y sismicidad de la zona de implantación, y al nivel de carencias de sus pobladores, pues todas brindan un buen equilibrio entre economía, bienestar y seguridad, requiriendo mínima capacitación y apoyo técnico. En los mampuestos de suelo-cemento se comprueba que reviste gran importancia tanto la exacta dosificación, como la perfecta mezcla de los agregados y la justa medida de la cantidad de material vertido en la matriz para asegurar un correcto prensado en la fabricación. El sistema para saneamiento de techos es apropiado para cumplir las cuatro funciones principales de los cerramientos horizontales: la resistente, la aislante térmica e hidrófuga y la higiénica, brindando además una buena estética. El único elemento diferente a los comúnmente empleados en cubiertas precarias lo constituyen las losetas, las cuales demandan una mínima cantidad de cemento y el resto de los materiales se consiguen en el lugar. Los marcos de hormigón proporcionan buen nivel de terminación en las aberturas y son manipulables por un solo operario.

La evaluación del comportamiento higrotérmico y lumínico de las dos primeras etapas del CC, realizada a escaso tiempo de su puesta en funcionamiento y sin un uso regular, se puede considerar muy aceptable, pues en general mejora la performance de las construcciones locales. Se constata que los cambios para incrementar la calidad de construcciones con tierra en la zona de estudio, deben estar conformados por desarrollos para el diseño, la estructura, las tecnologías y los procedimientos, de muros, techos y aberturas, y ser evaluados comparándolas en forma analítica y experimental con arquitecturas vernáculas de viviendas locales. Los resultados obtenidos son altamente satisfactorios, habiendo demostrado que las variantes elaboradas son aptas para elevar el estándar de vida de pobladores del hábitat rural de la zona árido-sísmica del sitio, en un marco de sustentabilidad socio-económica, ambiental e institucional.

REFERENCIAS.

- Akella A., Saini R., Sharma M. (2009). *Social, economic and environmental impacts of renewable energy systems*. Renewable Energy, Volume 34, Issue 2, Pages 390-396.
- Albarracín O., Blasco Lucas I. (2002). *Suelo-cemento: Mejoramiento de técnicas para la autoconstrucción en áreas rurales arido-sísmicas*. Simposio de la Vivienda de Hoy, trabajo 3.2, 9 páginas. UTM.
- Albarracín O., Manganelli J., Scognamiglio A., Pringles A. (2011). *Tecnologías apropiadas, enseñanza-aprendizaje*. IV Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura, 146-151. FAU-UNNE.
- Blasco Lucas I., Ruiz G., Vega L., Fábrega M., Carestia C., Simon Gil L., Pignatari G., Merino N. (2006a). *Sustainable architecture applied in a communal center located in rural habitat of seismic-arid zone*. LEA27. World Renewable Energy Congress IX, Elsevier Science, Florence, Italy.
- Blasco Lucas I., Carestia C. (2006b). *Dry solar latrine for rural habitat in arid zone*. ST53. World Renewable Energy Congress IX, Elsevier Science, Florence, Italy.
- Blasco Lucas I. (2009). *Aparejo compuesto con mampuestos cuadrados de suelo cemento*. Memorias del VIII° Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra, pp. 188 a 197. FADU-UNT.
- Blasco Lucas I., Carestia C. (2011a). *Tecnología de autoconstrucción para saneamiento de techos*. Libro de Ponencias del IV Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura, pp. 152-159. FAU-UNNE.
- Blasco Lucas I., Carestia C. (2011b). *Marcos de hormigón armado*. Libro de Ponencias del IV Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura, pp. 160-167. FAU-UNNE.
- Blasco Lucas I. (2012). *Comparative analysis of appropriated architecture and vernacular buildings: a case located in arid-seismic habitat of Argentina*. Proceedings of the 28th International PLEA Conference (Passive and Low Energy Architecture), 6 hojas. Lima, Perú.
- Blasco Lucas I. (2013). *Arquitectura sustentable en hábitat rural de zona árido-sísmica: Aportes teórico-metodológicos*. Tesis Doctoral en Arquitectura. Universidad de Mendoza.
- Blondet M., Torrelva D., Villa García G. (2002). *Adobe in Peru: Tradition, research and future*. In: Modern Earth Building 2002. International Conference and Fair, Berlin, Germany.
- Blondet M., Villa García G., Brzez S. (2003). *Adobe use in seismic areas, earthquake-resistant construction of adobe buildings: a tutorial*. EERI, Oakland, California.
- CEVE (2003). *Vamos a fabricar ventanas de hormigón. Sistema MAS. Manual para auto-construcción*. Centro Experimental de la Vivienda Económica, CONICET, Córdoba.
- Díaz P., Arias C., Peña R., Sandoval D. (2010). *FAR from the grid: A rural electrification field study*. Renewable Energy, Volume 35, Issue 12, December, Pages 2829-2834.
- Ibstock (2011) *Ecozone: Ecoproducts*. Ecoterre Earth Bricks. <http://www.ibstock.com/sustainability-ecozone.asp>
- Kaygusuz K. (2011). *Energy services and energy poverty for sustainable rural development*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 15, Issue 2, February, Pages 936-947.
- Rael R. (2009). *Earth architecture*. Princeton Architectural Press. NY.
- Saldívar M., Pereyra A., Albarracín O., Blasco Lucas I. (2005). *Verificaciones experimentales de sistema constructivo en suelo-cemento para zona sísmica*. Congreso Nacional sobre Políticas de Vivienda y Asentamientos Humanos en el Medio Rural, 9 páginas. Colegio de Arquitectos de Santiago del Estero.
- Wüstenhagen R., Wolsink M., Bürer M. (2007). *Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept*. Energy Policy, 35, 2683-2691.

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL Y PUZOLANAS

Luis Fernando Guerrero Baca y Francisco Javier Soria López

RESUMEN.

La mayoría de los procesos constructivos que utilizan tierra moldeada en estado plástico (tierra vertida, suelo-cemento, *cast earth*, *poured earth*, H.T.E., etc.) se caracterizan por emplear cemento o yeso y, por aplicar la lógica constructiva del hormigón convencional con grandes moldes deslizables y sistemas automatizados de mezclado y bombeo. Tales condiciones obedecen al hecho estas técnicas provienen de países con alto desarrollo tecnológico, mano de obra costosa y ubicados en zonas débilmente sísmicas. En la UAM-Xochimilco se desarrollan ensayos y prototipos tendientes a ampliar la aplicabilidad de la tecnología de la tierra vertida. La idea central consiste en recuperar la sabiduría de la construcción tradicional con cob, adobe, adobón y tapia, pero estabilizando la tierra con cal aérea combinada con materiales puzolánicos tales como zeolita, piedra pómez, cenizas volcánicas, diatomeas y polvo de ladrillo. La premisa parte de considerar a los muros de tierra vertida no como estructuras monolíticas sino como mamposterías de grandes bloques, que desarrollen respuestas flexibles ante sismos. Además, se pueden construir con moldes pequeños y ligeros, fácilmente desplazables por operarios poco tecnificados así como por auto-constructores. Pero la clave para cumplir estos objetivos radica en contar con elementos de tierra vertida que se puedan desmoldar en poco tiempo. Los componentes constructivos que se han experimentado se realizan llenando los encofrados por capas de tierra como se procede para construir tapias, pero mezclada con un 25 a 30 % de agua. Los resultados que se presentan en este texto son muy prometedores pues se han obtenido elementos constructivos listos en 40 minutos en los que se ha incrementado la resistencia a la humedad y la compresión simple en más de 40 % con respecto a la tierra sin estabilizar.

Palabras clave: arcillas, cal, tierra vertida, puzolanas, compresión y humedad.

INTRODUCCIÓN.

La tierra cruda fue el material que se utilizó en mayor volumen para la conformación de la arquitectura de México desde épocas muy remotas. A partir del empleo de tierra apisonada, cob, bajareque y adobe se edificaron pirámides, templos, palacios, fortalezas, depósitos y la mayoría de las viviendas de las civilizaciones prehispánicas. Cuando la calidad de la materia prima era adecuada y las condiciones climatológicas lo permitían, esta arquitectura recibía procesos de mantenimiento periódico a partir del uso de tierra en combinación con sustancias de origen natural para proteger sus superficies del viento y de lluvias con bajas y medianas intensidades. Pero en regiones con climas extremos o con altas precipitaciones pluviales, las estructuras de tierra tuvieron que ser preservadas mediante el uso de materiales más resistentes como la piedra y la cal. Éste es el caso por ejemplo de las grandes pirámides de Teotihuacán, Tula o Cholula que aunque su apariencia es la de monumentos de piedra, en realidad este material solamente corresponde a su capa externa, puesto que el núcleo de las estructuras es de tierra compactada y de adobe.

El papel de la cal en la arquitectura prehispánica y virreinal de la mayor parte del territorio mexicano fue fundamental gracias a su aplicación como conglomerante de mamposterías y como protección superficial. Este material permitió que complejos sistemas constructivos de tierra subsistieran hasta nuestros días, manteniendo en gran medida sus cualidades estáticas, estéticas, físicas y químicas. Aunque la mayoría de los estudios que se han hecho respecto al uso de la cal en la arquitectura histórica de tierra en México se han focalizado hacia los estucos, pinturas murales y relieves policromados que se integraban a templos y palacios, es evidente que la presencia de superficies encaladas y morteros formó parte de prácticamente todos los muros, cubiertas y pavimentos de espacios destinados a funciones rituales, productivas, civiles y habitacionales, todavía incluso hasta mediados del siglo XX. Sin embargo, ha sido escasamente estudiada la aplicación de la cal como material estabilizante en la arquitectura de tierra. Desde tiempos remotos se utilizaron pequeñas proporciones de hidróxido de calcio para incrementar la resistencia mecánica de la tierra, así como para disminuir las afectaciones derivadas de agentes climáticos como la lluvia, el viento o la nieve. Se ha documentado la presencia de cal en muros y recubrimientos de barro de la zona arqueológica de Paquimé en Chihuahua, Figura 1, así como en la mayor parte de las cimentaciones de la Ciudad de Tenochtitlan en el centro de México.

Pero, esta cultura constructiva que todavía en los años cincuenta y sesenta del siglo XX era muy frecuente, paulatinamente fue desplazada por el uso de componentes constructivos industrializados como el cemento. Dos cambios generacionales fueron suficientes para que la sabiduría de miles de años fuera considerada obsoleta y el patrimonio intangible constituido por el conocimiento de sus condicionantes de elaboración fuera olvidado. En años recientes, a partir del auge que presenta la arquitectura sostenible, el uso de la cal y la tierra paulatinamente va adquiriendo una nueva dimensión al ponerse en evidencia sus calidades económicas, ecológicas y sanitarias.



Figura 1. Estructuras de tierra de la zona arqueológica de Paquimé. (Foto: L. Guerrero)



Figura 2. Proceso de edificación en el terreno de las Ánimas, Tulyehualco. (Foto: L. Guerrero)

ESTABILIZACIÓN DE TIERRA CON CAL.

Se conoce como estabilización de la tierra a los procesos físicos, químicos o físico-químicos que permiten controlar los cambios dimensionales que sufren las arcillas al entrar en contacto con el agua (Fernández, 1992:129). Para llevar a cabo estos procedimientos, además de la compactación y el control granulométrico, históricamente se ha utilizado el agregado de diferentes tipos de materiales orgánicos e inorgánicos tales como la paja, los mucílagos, el estiércol, las grasas animales, los aceites vegetales y, desde luego, la cal.

Aunque existen documentos antiguos que hablan de su aplicación en estructuras de tierra en textos tales como Los Prolegómenos de Ibn Jaldun, escritos aproximadamente en el siglo XIV (Monjo, 1998: 33), es evidente que su uso es mucho más remoto y tuvo difusión en todo el orbe dentro de diversas culturas constructivas. La cal se ha empleado como consolidante de pavimentos de tierra, en cimentaciones, en cisternas, en la elaboración de adobes, muros de tapia y más recientemente en la fabricación de bloques de tierra comprimidos (Oliveira, 2005).

Desde la segunda guerra mundial los suelos estabilizados con cal han sido muy utilizados en obras de ingeniería civil, principalmente en sub bases de carreteras, vías del ferrocarril y presas. Por este motivo, se han desarrollado importantes investigaciones y prácticas sobre esta técnica, que han derivado en una destacada cantidad de normas y especificaciones técnicas probadas por más de cuarenta años en países tales como Estados Unidos, Francia, Alemania y Gran Bretaña por sólo nombrar unos cuantos (Hoffman, 2002). Aunque se cuenta con datos históricos acerca de este tema y se han corroborado científicamente las cualidades de la aplicación de cal como estabilizante de la tierra, todavía quedan muchos datos por descubrir, sobre todo acerca de los fenómenos químicos que se desarrollan internamente en estas mezclas.

Se sabe de manera general que en virtud de la dimensión y estructura laminar de las partículas de los minerales arcillosos del suelo, los cationes de calcio se insertan entre las micelas de las arcillas incrementando su estabilidad sobre todo ante la presencia del agua. Pero, dada la diversidad de arcillas presentes en la naturaleza y la gran cantidad de componentes químicos que suelen contener, la relación de los cationes presenta notables variaciones en su comportamiento. Algunos estudios han demostrado que en estas mezclas se detectan formaciones de neo-silicatos y aluminatos hidratados de calcio, que son muy adecuadas para mejorar las propiedades de los suelo, además de la contribución derivada de la propia carbonatación del hidróxido de calcio. (De Oliveira et Al., 1990)

Con estos antecedentes en la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, durante casi cinco años se ha venido desarrollando una serie de investigaciones tendientes a recuperar el uso de la cal como estabilizante de la tierra. (Guerrero, Roux & Soria, 2011). Estos trabajos tuvieron resultados parciales que fueron aplicados en la edificación de un espacio de usos múltiples de 50 m², emplazado en terrenos pertenecientes a la universidad, en el barrio de Las Ánimas, Tulyehualco, al sur de la Ciudad de México. En esta construcción se contó con la participación de estudiantes de servicio social del último año de la carrera de arquitectura y sirvió como una experiencia demostrativa del empleo de muros de BTC en combinación con componentes de tapia.

El edificio se realizó con un tipo de tierra local que se comercializa bajo aceptables estándares de calidad y que se denomina “tepetate”. Se trata del producto de la excavación para el desarrollo de infraestructura urbana en las montañas de origen volcánico que rodean al Valle de México. La tierra para los BTC y tapias se estabilizó con 10 % de cal aérea en polvo marca Calidra, con 87 % de pureza. Los datos de laboratorio de Mecánica de Suelos mostraron que el 31 % de las partículas finas de la tierra pasaron por el tamiz No. 200 de las cuales se determinó un Límite Líquido de 42.1 y un Límite Plástico de 26.3 dando como resultado un Índice de Plasticidad de 15.8. Este dato al ser superior al referente de 7, permitió llegar a la conclusión de que el material corresponde al grupo “SC”, es decir, “Arenas arcillosas”, dentro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) (Juárez, 2010:160).

En la fase final del proyecto se decidió experimentar la implementación de muros de tierra vertida con el mismo tipo de suelo y estabilización con cal. Sin embargo, la empresa constructora del Arquitecto Mario Larrondo que apoyaba el proyecto, por su propia experiencia con esta técnica consideró necesario bajar la dosificación de la cal aérea a 5 % pero incorporar 10 % cemento. Durante el proceso de construcción se hicieron probetas que posteriormente fueron evaluadas en el Laboratorio de Materiales, UAM-Xochimilco, obteniéndose como resultado resistencias a la compresión de especímenes cúbicos de 10 cm de lado de 29.35 kgf/cm² después de 7 días y 45.85 kgf/cm² a los 14 días.

Además del cemento y la cal como estabilizantes, la mezcla se enriqueció con fibras comerciales de polipropileno virgen (Sika-fiber) en una dosificación de 600g por metro cúbico. Este componente facilitaba el proceso de mezclado y daba mayor plasticidad a la tierra haciendo más eficiente el llenado de los encofrados (Soria, Guerrero y Roux, 2013).

Como culminación del proyecto se incorporó una singular cubierta diseñada a partir de una propuesta ya probada por el Arquitecto Larrondo y “que es el producto de la intersección en el eje vertical de una pirámide rectangular y un prisma rectangular cuadrado de menor dimensión, que al girarlo 45° sobre el eje longitudinal de ambos cuerpos desarrolla cuatro superficies regladas continuas” (Guerrero, Soria y Larrondo, 2013: 6).

En el diseño de este sistema de techo, se buscó la reducción de los refuerzos de acero y la eliminación de los encofrados. Esto se logró gracias al empleo de una malla de metal desplegado calibre 26 con aberturas en forma de rombos de 5mm x 11mm.



Figura 3. La primera capa de tierra vertida sobre la malla metálica. (Foto: L. Guerrero)



Figura 4. La cubierta del salón de usos múltiples ya concluida. (Foto: L. Guerrero)

Para su colocación se requirió de un andamio de la altura final de la pirámide truncada, sobre el cual se sujetó un marco de planta cuadrada que conforma un anillo de refuerzo de compresión de la parte alta. El sistema es cargado por una dala de arrioste perimetral que confina los muros, desde cuyos vértices se tiende la estructura de acero que arma las cuatro ligeras nervaduras que forman las aristas de la pirámide truncada. A las nervaduras se atan perpendicularmente varillas de acero Ø#2 como directrices que posteriormente son reforzadas por varillas similares que corren perpendicularmente a las primeras siguiendo las generatrices de las superficies regladas y conformando una retícula de aproximadamente 60 cm de apertura. Sobre esta superficie finalmente se amarra la malla de metal desplegado con alambre recocado.

Una vez armado este ligero refuerzo metálico se vertió la tierra estabilizada, la cual fue extendida sobre la malla con una cuchara de albañil, como si se tratara de un revoco de aproximadamente tres centímetros de espesor que ahoga toda la estructura metálica, de manera que la cubierta de forma piramidal semi girada, se comporta como una sola pieza.

Habiéndose cubierto todo el techo, se humedeció la superficie y se colocaron dos capas consecutivas sobre la primera pero de grosor decreciente. Así, en el área que corresponde a la unión con la solera de arriostre sobre los muros, el espesor final de la capa de tierra vertida alcanzó los 15 cm pero fue disminuyendo hasta 9 cm en la parte más alta, en el área en la que se une con el anillo de compresión superior, el cual desde un principio fue relleno con la misma mezcla para trabajar de forma monolítica. Debido a las condiciones climatológicas del sur de la Ciudad de México en donde se localiza este edificio experimental, se decidió cubrir este techo con una capa de ladrillo de barro cocido, asentado sobre mortero de cal y arena e impermeabilizado finalmente con jabón y alumbre. El hueco del anillo de compresión localizado en la parte alta del techo fue cubierto con un domo de vidrio en forma de pirámide de base cuadrada, estructurada con marcos metálicos, en cuyos paños laterales se incorporaron secciones verticales que sirven como ventilación.

CAL Y PUZOLANAS.

La substitución del uso de la cal por cemento portland en los morteros y revocos que se ha extendido de manera creciente a lo largo del siglo XX, también impactó el campo de la estabilización de suelos. El desarrollo de las bases científicas de este proceso se originó desde la primera guerra mundial, y en 1917 H. E. Brooke-Bradley, construyó en Salisbury Plain los primeros pavimentos urbanos de tierra estabilizada.

Pero, la aplicación extensiva del cemento como consolidante de suelos en obras de ingeniería tuvo lugar hasta los años 70. (Cement and Concrete Association, 1953:2), En aquellos años esta práctica también alcanzó a la disciplina de la construcción con tierra especialmente en el naciente dominio de la producción de bloques de tierra comprimida que en diversas partes del mundo incorporó a sus protocolos de ejecución el uso de cemento como estabilizante en dosificaciones del orden del 10 %, “receta” que hasta nuestros días sigue siendo frecuente, con muy dispares niveles de éxito.

Sin embargo, como es sabido, la producción del cemento tiene un fuerte impacto ambiental derivado de las altas temperaturas a las que se calcina su materia prima, proceso que incrementa el consumo de combustibles y la emisión de gases de efecto invernadero. Por estos motivos, a nivel mundial desde hace casi veinte años se han estado buscando alternativas en el campo de la edificación con concreto para disminuir las cantidades de cemento requeridas y por tanto la huella ecológica de su aplicación. Cada vez se empieza a generalizar más la inclusión de sílico aluminatos en las mezclas de cemento con lo que se ha podido reducir su dosificación relativa.

Por otra parte, en el campo de la conservación del patrimonio edificado con tierra se cuenta con evidencia creciente de que el uso del cemento está vinculado con el desarrollo de una serie de patologías que afectan drásticamente a los inmuebles tradicionales. Existe una creciente bibliografía que documenta los graves daños derivados de la incorporación de refuerzos de concreto y del nocivo recubrimiento con revoques de cemento en edificios históricos (Guerrero, 2008: 24).

Pero además, se cuenta con datos que demuestran que tanto los sulfatos presentes en el cemento como aquellos que actúan como consecuencia de infiltraciones, con el paso del tiempo van generando sales expansivas al momento de entrar en contacto en estado húmedo con la fase de aluminato tricálcico presente en este material, debilitan su estructura interna y los degradan hasta hacerlos polvo. (Warren, 1999).

Con estos antecedentes, en la siguiente etapa del proceso de investigación que se realiza en la UAM-Xochimilco, en la que se trabaja tanto en propuestas para un diseño contemporáneo sostenible como en la restauración patrimonial, se empezaron a realizar estudios experimentales de estabilización con cal adicionada con materiales con comportamientos puzolánicos. La intención era conseguir componentes térreos resistentes a la humedad, con mayores capacidades de carga, con procesos de endurecimiento más veloces y que superaran los inconvenientes químicos y ambientales del uso del cemento.

El término “puzolana” se usaba originariamente para denominar al material de origen volcánico que existía en torno a la localidad italiana de Pozzuoli, el cual, debido a su contenido de alúmina y sílica amorfa de alta superficie específica, al ponerse en contacto con hidróxido de calcio en condiciones húmedas, genera una serie de compuestos que tienen la propiedad de adquirir una notable dureza a temperaturas normales e incluso de fraguar debajo del agua (Sepulcre, 2005).

Se sabe que el conocimiento de las reacciones que generan estos productos fue la base para buena parte de la avanzada tecnología constructiva que desarrollaron los romanos, y que en el siglo XVIII fue redescubierta y optimizada para la invención del cemento Portland. Los estudios fisicoquímicos de estos procesos han permitido demostrar que además del material proveniente de Pozzuoli existen muchas otras sustancias –a las que se les denomina genéricamente puzolanas– que poseen propiedades similares.

Estos compuestos pueden ser de origen mineral como sucede con derivados de procesos piroclásticos alterados por la acción atmosférica, pueden tratarse también de residuos orgánicos como los sedimentos conformados a consecuencia de antiguos depósitos submarinos, o bien, de origen antrópico, derivados de la combustión de diversos productos industriales como las escorias de fundición, polvo de ladrillo, cenizas volantes, cenizas de cascarilla de arroz o de caña de azúcar.

Se conoce con el nombre de “actividad puzolánica” o “puzolanicidad” a la propiedad que presentan los compuestos de sílice y alúmina amorfos o débilmente cristalizados para disolverse en un medio altamente alcalino como el creado por una solución de hidróxido de calcio, y que, a partir de una reacción química irreversible, generan aluminosilicatos dicálcicos y tricálcicos similares a los obtenidos en el fraguado del cemento portland (Quintana, 2005:71).

Esta reacción, consiste en la disolución de sílice vítreo o amorfo, que interactúa con el calcio hidratado para formar gel de silicatos cálcicos hidratados. La alúmina también se disuelve por las condiciones de elevado pH y reacciona para formar fases de aluminatos cálcicos hidratados y sílico-aluminatos cálcicos hidratados normalmente cristalinos, los cuales contribuyen al proceso de cementación y al incremento en la resistencia del conjunto.

El grado de solubilidad de los materiales puzolánicos dependerá de la superficie específica, que es el factor principal dentro de los diferentes procesos producidos por las distintas puzolanas. Es por ello que los mejores comportamientos al inicio de las reacciones se derivan del trabajo con puzolanas finamente pulverizadas. No obstante, con el paso del tiempo la mayoría del sílice se va disolviendo con lo que se consigue un incremento en la resistencia de los materiales a largo plazo (Sepulcre, 2005:95).

A partir de estas premisas se puso en práctica una serie de estudios en el laboratorio de Materiales de la UAM-Xochimilco, tendientes a comparar el comportamiento de la estabilización de suelos con cal a la que se agregaron cinco diferentes materiales puzolánicos disponibles en el Valle de México: las zeolitas, las diatomeas, piedra pómez, ladrillo triturado y polvo de una roca ígnea conocida regionalmente como tezontle.

La experimentación tiene varias etapas algunas de las cuales ya han concluido y otras se encuentran en proceso de evaluación. Para los ensayos se mantuvo constante el empleo de tepetate cuya caracterización como suelo “SC” (arena arcillosa) brindaba cualidades adecuadas para trabajarse con un bajo nivel de humedad. La cal empleada es de tipo aéreo marca Calidra con 82 % de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ disponible, la cual se dejó hidratando durante tres meses para ser adicionada en forma de pasta. Las dosificaciones de todas las probetas se realizaron en volumen, manteniendo 500 ml de tierra, 50 ml de pasta de cal, 50 ml de puzolana tamizada por malla #100, y aproximadamente 200 ml de agua. Estos volúmenes permitían realizar conjuntos de tres cubos de prueba de 5 cm de lado que sirvieron para la realización tanto de grupos de ensayos a la compresión simple como pruebas de absorción capilar. Todas las probetas se dejaron fraguar durante 28 días en áreas con temperatura y humedad controladas.



Figura 5. Pruebas comparativas de inmersión total. (Foto: L. Guerrero)



Figura 6. Nuevo prototipo de tierra vertida con muros de 14 cm de espesor. (Foto: Luis E. Martínez Barrón)

Los resultados obtenidos en las pruebas de compresión simple resultaron muy prometedores. La resistencia promedio de las probetas de tierra sin estabilizar fue de 15.4 kg/cm^2 , las que tenían pasta cal resistieron 19.1 kg/cm^2 , las de cal con zeolita 19.4 kg/cm^2 , cal y tezontle 21.2 kg/cm^2 y finalmente las de cal y ladrillo triturado 21.7 kg/cm^2 . En las pruebas de inmersión total en agua, las probetas de tierra sin estabilizar resistieron 17 minutos antes de desintegrarse mientras que las que contienen tezontle y ladrillo permanecen intactas bajo el agua después de más de tres meses de haber iniciado los experimentos. En este sentido llama la atención el hecho de que las probetas realizadas con suelo natural y las que habían sido estabilizadas solamente con cal, se desintegraron a los 26 y a los 47 minutos respectivamente.

La investigación continúa con el fin de realizar comparaciones ahora con cal agregada en polvo en proporciones similares a las ya verificadas, además de series de pruebas con cantidades crecientes de cemento para contar con datos de referencia comparativa.

CONCLUSIONES.

Es importante recalcar que se decidió trabajar con una cantidad de agua relativamente baja para la realización de las mezclas debido a que las dos vías de aplicación que se tienen previstas para el uso de la tierra vertida, estabilizada con cal y puzolanas requieren que este material esté lo más seco posible. Por una parte se espera poder emplear este componente como medio para la reparación de estructuras históricas de tierra que hayan perdido su unidad. Por otra parte se considera que esta tierra en estado plástico puede ser de gran utilidad para la elaboración de muros o componentes estructurales de barro vertido en los que se reduzca el tiempo necesario para desmoldar los elementos edificados.

Uno de los problemas que con mayor frecuencia se presentan en la restauración de edificios patrimoniales de tierra tiene que ver con el socavamiento de las bases de los muros de adobe, tapia o bajareque. La mezclas en estado plástico de tierra estabilizada con cal y puzolanas pueden verse por capas dentro de los componentes estructurales con el apoyo de una placa externa que sirva como molde de contención al material. Dada la velocidad de fraguado que se alcanza en el proceso, en menos de una hora es posible retirar los moldes y continuar las labores de restauración.

Este mismo proceso se puede emplear para resanar faltantes derivados del escurrimiento del agua de lluvia en muros, así como en el relleno de grietas. Similar beneficio se obtiene en estructuras contemporáneas diseñadas a partir de nuevas plantas. La edificación de muros de tierra vertida estabilizada con cal y puzolanas en lugar de cemento, puede ser desmoldado en poco tiempo y, aunque probablemente no alcanzará la resistencia a la compresión del suelo cemento, los beneficios ecológicos de su aplicación en estructuras sometidas a esfuerzos limitados justifican con creces su aplicación.

Recientemente se edificó un prototipo de espacio habitable de forma cúbica con 2.40m de lado y el trabajo para la ejecución de los muros se concluyó en sólo tres días. Además se pudo constatar que es posible tener espesores de muros relativamente estrechos (14cm) como los que se requieren para zonas urbanas en las que el costo del terreno suele condicionar la edificación con tierra. Este prototipo se hizo con el fin de estudiar el comportamiento higrotérmico del material y en verano se iniciarán las mediciones respectivas, tomando como referencia los datos con los que ya se cuentan a partir de evaluaciones de módulos de dimensiones similares que fueron construidos en el mismo terreno y con las mismas orientaciones, pero con otros tipos de materiales.

Entre los hallazgos más destacables de los estudios que están en proceso, destaca el hecho de que los mejores resultados de las puzolanas empleadas para la estabilización con cal se obtuvieron con el polvo de ladrillo triturado. La incorporación de este material incrementó la resistencia a la compresión simple de los especímenes de tierra en más del 40 %. Asimismo, se revirtió drásticamente su vulnerabilidad ante el agua sin que el material pierda su porosidad y permeabilidad al vapor de agua, factores que tanta incidencia tienen en su respuesta higrotérmica y en la adherencia de morteros y enlucidos.

Finalmente, desde el punto de vista económico es posible agregar que en México la cal tiene un costo entre 40 % y 50 % menor que el del cemento. Asimismo, el ladrillo triturado es un material de desperdicio que se puede obtener fácilmente en las fábricas o talleres artesanales de componentes cerámicos. De este modo es posible poner al alcance de las comunidades de escasos recursos un material constructivo de fácil y económica transformación y que además puede ser mantenido y reparado por sus propio usuarios.

Es fundamental difundir a la sociedad los conocimientos relacionados con el uso de la tierra, la cal y las puzolanas, pues no se trata de nociones que pertenezcan a los especialistas del diseño, la construcción y la restauración de monumentos, sino que es una parte integral de la sabiduría popular que debería recuperar su lugar en la cultura.

BIBLIOGRAFÍA.

- ANCADE (1997), *Manual de estabilización de suelos con cal*, Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España, Madrid.
- Cement and Concrete Association (1953), *Soil-cement stabilization*, Concrete Quarterly 20: 2-9, October-December, London. Consultado 22/03/2014 en http://www.concretecentre.com/pdf/cq_020.pdf
- De Oliveira, M. (2005), *O solo-cal: uma visão histórica e documental*, en Memorias del IV SIACOT-IIIATP: 106-110, Escola Superior Gallaecia, Monsaraz.
- Fernández, C. (1992), *Mejoramiento y estabilización de suelos*, Limusa, México D.F.
- Gilisagasti, N., y Elorza, E. (2000), *Cemento*, Universidad del País Vasco, Gipuzkoa.
- Eades, J.L. y Grim, R.E., (1966), *A quick test to determine lime requirements for lime stabilization*, Highway Res. Rec. Bull, No. 139.
- Guerrero, L. (2006), *Aplicación de la cal en estructuras tradicionales de tierra*, en Anuario de Investigación sobre Diseño Sustentable, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico.
- Guerrero, L. (2007a), *Tierra y cal*, en Anuario de Estudios de Arquitectura 2007, UAM-Azcapotzalco, México D.F.
- Guerrero, L. (2007b), *Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva*, en Apuntes 20 (2): 182-201, Bogotá.
- Guerrero, L. y Uviña, F. (2007c), *The use of Lime in the Conservation of Earth Structures*, en Mitchell T. & Wilson Q. (eds.) Proceedings-Fourth International Adobe Conference of the Adobe Association of the Southwest, Adobe USA 2007, Northern New Mexico College, El Rito, N.M.
- Guerrero, L. (2008), *La cal y el patrimonio edificado*, en La Gaceta del Instituto del Patrimonio Cultural, No. 12, Abril, Oaxaca.
- Guerrero, L.; Roux R. y Soria, F. J. (2011), *Ventajas constructivas del uso de tierra comprimida y estabilizada con cal en México*, en Palapa Vol. V-1 (10): 45-57, Universidad de Colima, Colima.
- Guerrero, L.; Soria, F. J. y Larrondo, M. (2013), *Muros y cubiertas experimentales de hormigón de tierra estabilizada en Xochimilco, México*, en Memorias del 13° SIACOT, PROTERRA, Valparaíso.
- Hoffmann, M. (2002), *Efeito dos argilo-minerail do solo na matéria prima dos sistemas construtivos com solo cal*, Tesis de Maestría, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- Juárez, E. y; Rico, A. (2010), *Mecánica de suelos, tomo I, fundamentos de la mecánica de suelos*, Limusa, México D.F.
- Monjo, J. (1998), *La evolución histórica de la arquitectura de tierra en España*, en Arquitectura de tierra. Encuentros Internacionales: 31-44, Ministerio de Fomento, Madrid.
- Quintana, E. (2005), *Relación entre las propiedades geotécnicas y los componentes puzolánica de los sedimentos pampeanos*, Tesis doctoral, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.
- Roux, R. (2010), *Los Bloques de Tierra Comprimida en Zonas Húmedas*, Plaza y Valdés, México.
- Sampedro, Á., (2005), *Tratamientos de suelos con cal*, ANCADE, Madrid.
- Sepulcre, A. (2005), *Análisis comparativo de determinados aspectos sobre la hidraulicidad en los morteros de cal*, en Tratamientos y metodologías de conservación de pinturas murales: 71-121, Fundación Santa María la Real, Palencia.

- Soria, F.; Guerrero, L. y Roux, R. (2013). *Alternative earth building techniques and their experimental applications*, en Theimer C. y Wilson, Q. (eds.), Proceedings-EARTH USA 2013: 406-410, Adobe in action, Santa Fe, N.M.
- Warren, J. (1999). *Conservation of Earth Structures. Series in Conservation and Museology*. Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford, U.K.

AVANCES EN CONSTRUCCION NATURAL EN PUERTO MADRYN. PARQUE ECOLOGICO AREA “EL DORADILLO”.

Silvina Bramati

RESUMEN.

El objetivo de este trabajo es mostrar los avances en arquitectura natural en el Parque Ecológico Área “El Doradillo” de la ciudad de Puerto Madryn. Para ello se exponen 2 ejemplos de viviendas unifamiliares que utilizan de distinta manera la tierra cruda como material de construcción. Ambos casos de estudio presentan características de implantación aislada, desarrollo en una sola planta, bajo consumo de energía, menores costos en comparación a los de la construcción convencional, menores plazos de ejecución y muy buena eficiencia térmica. En el desarrollo del trabajo se describen las técnicas constructivas utilizadas en cada caso: revoques de tierra, ladrillos de adobe, mampostería de superadobe y fardos de paja, el entorno climático y geográfico, los logros e inconvenientes detectados durante las respectivas obras, la necesidad de readaptar el proyecto, financiamiento, etc. Los casos expuestos en este trabajo intentan ser por un lado un aporte a los casos de construcción con tierra en la zona y, por otro, un ejemplo construido que sirva de precedente en la presentación de proyectos de ordenanzas en los municipios locales.

Palabras clave: Arquitectura con tierra, construcción natural, autoconstrucción.

INTRODUCCIÓN.

Desde hace unos años la construcción con tierra se ha ido expandiendo con distintas técnicas por todo el territorio nacional cobrando cada vez más importancia e interés social en la clase media que quiere cumplir el sueño de la casa propia. En este contexto, en los últimos años son cada vez más recurrentes las capacitaciones, congresos y talleres prácticos que se dictan sobre diversos sistemas constructivos que emplean materiales naturales. Sumándose a ello la readecuación legislativa y nuevas ordenanzas en distintos municipios y provincias, que permiten y promueven la construcción con tierra cruda. Como una forma de construcción rápida, económica y en la que no se requiere mano de obra especializada, particularmente en la Provincia de Chubut, comienza a revalorizarse en zonas urbanas y no sólo de forma aislada en áreas rurales del interior de la provincia. En el mes de Julio 2014, Esquel se convierte en la primera ciudad de la provincia en reglamentar y autorizar la utilización de técnicas constructivas sustentables con tierra cruda. En este trabajo se muestran los avances en construcción natural detectados en la Ciudad de Puerto Madryn, particularmente en el Parque Ecológico Área “El Doradillo”.

Desde el punto de vista histórico, el objetivo principal de la vivienda siempre ha sido otorgar refugio a sus habitantes frente a las condiciones adversas del clima y el entorno.

Según el artículo 14 bis de la Constitución Nacional Argentina, es responsabilidad del Estado garantizar a todos los habitantes en general los medios necesarios para acceder a una vivienda digna.

“...El Estado otorgará los beneficios de la seguridad social, que tendrá carácter de integral e irrenunciable. En especial, la ley establecerá: el seguro social obligatorio, que estará a cargo de entidades nacionales o provinciales con autonomía financiera y económica, administradas por los interesados con participación del Estado, sin que pueda existir superposición de aportes; jubilaciones y pensiones móviles; la protección integral de la familia; la defensa del bien de familia; la compensación económica familiar y el acceso a una vivienda digna”.

En este contexto, a lo largo de la historia y a través de distintos gobiernos, instituciones, organismos y programas, en Argentina se construyen gran cantidad de viviendas todos los años, financiadas total o parcialmente por el Estado y orientadas en su mayoría a familias de bajos recursos.

Según publicaciones de la Subsecretaría de la Desarrollo Urbano y Vivienda, la activa política habitacional que se ejecuta mediante la construcción de viviendas, mejoramientos, infraestructura, obras complementarias y de equipamiento comunitario, permite una intervención a favor de la inclusión social y la consolidación del hogar como núcleo familiar, generando mayor equidad social y un apoyo a la expansión de la industria de la construcción. De ese modo la vivienda se constituye en una fuente intensiva de la creación de puestos de trabajo.

En la actualidad y para la mayoría de las familias y de los jóvenes de clase media, se dificultan en gran medida las posibilidades de acceder a la casa propia. En un contexto de “especulación inmobiliaria” en el que aumentan considerablemente los valores de los terrenos y del metro cuadrado de construcción, tanto para los materiales como la mano de obra, en diversas zonas del país crece la importancia de la construcción natural como el modo de reactivar los sueños de la casa propia de muchas familias de la clase media.

CONTEXTO.

Lugar. La Ciudad de Puerto Madryn se encuentra localizada en el noreste de la Provincia del Chubut, a orillas del Golfo Nuevo a aproximadamente 1400km al sur de Buenos Aires. Emplazada en una zona baja rodeada de mesetas y bardas que forman en la costa acantilados y playas de canto rodado y arena, la ciudad se encuentra a una altura de aproximadamente 17 metros sobre el nivel del mar.

Con una latitud de 42° 8' Sur y una longitud de 65° 5' Oeste, es considerada una de las ciudades más pujantes de la Patagonia debido a que nuclea distintas actividades económicas. Desde la década de 1970, con la instalación de la planta de aluminio Aluar y la explotación turística de la Península Valdés, asume un doble perfil como polo industrial y centro turístico.

Puerto Madryn forma parte del Sistema Urbano del Noreste de la Provincia de Chubut (S.U.N.E.), junto con Rawson, Trelew, Gaiman y otras localidades menores. Con alrededor de 82.000 habitantes, según los datos oficiales del Censo 2010, es una de las ciudades más pobladas de la Patagonia, la tercera ciudad de la provincia por magnitud poblacional y desarrollo económico-social luego de Comodoro Rivadavia y Trelew, y la ciudad balnearia más poblada del sur argentino.

La extensión territorial del ejido municipal es de 33.000 hectáreas, de las cuales su zona residencial ocupa 850 hectáreas y su zona Industrial 800 hectáreas. En la actualidad el crecimiento urbano se constituye hacia las zonas sur y norte de la ciudad, principalmente con viviendas provinciales y barrios privados.

Clima. La Ciudad de Puerto Madryn se ubica en una Zona Bioambiental de clima frío templado y subzona de transición. Con una temperatura media anual de 14°C, una máxima en verano de 35°C, y una mínima en invierno inferior a los 5°C y precipitaciones escasas durante todo el año, presenta características climatológicas particulares que contribuyen a una menor rigurosidad de las temperaturas debido a la influencia marina en el ejido urbano.

El paisaje general de la región se caracteriza por un suelo desértico, frecuentemente muy ventoso y de clima frío y seco. Está formado por terrenos llanos y suavemente ondulados, correspondientes a la meseta patagónica, con arbustos bajos, adaptados a los fuertes vientos provenientes del oeste y a la extrema aridez.

DESARROLLO

Con lotes de 1 y 2 hectáreas, el Parque Ecológico Área “El Doradillo” es parte del ejido urbano de la ciudad y se localiza a 15 km. al norte de Puerto Madryn, camino a Península Valdés, entre la Ruta Provincial N° 1 y N° 2 y la Ruta Nacional N° 3. Este sector se denomina Distrito Forestal Norte y se encuentra a 100 m de altura respecto al nivel de la ciudad.

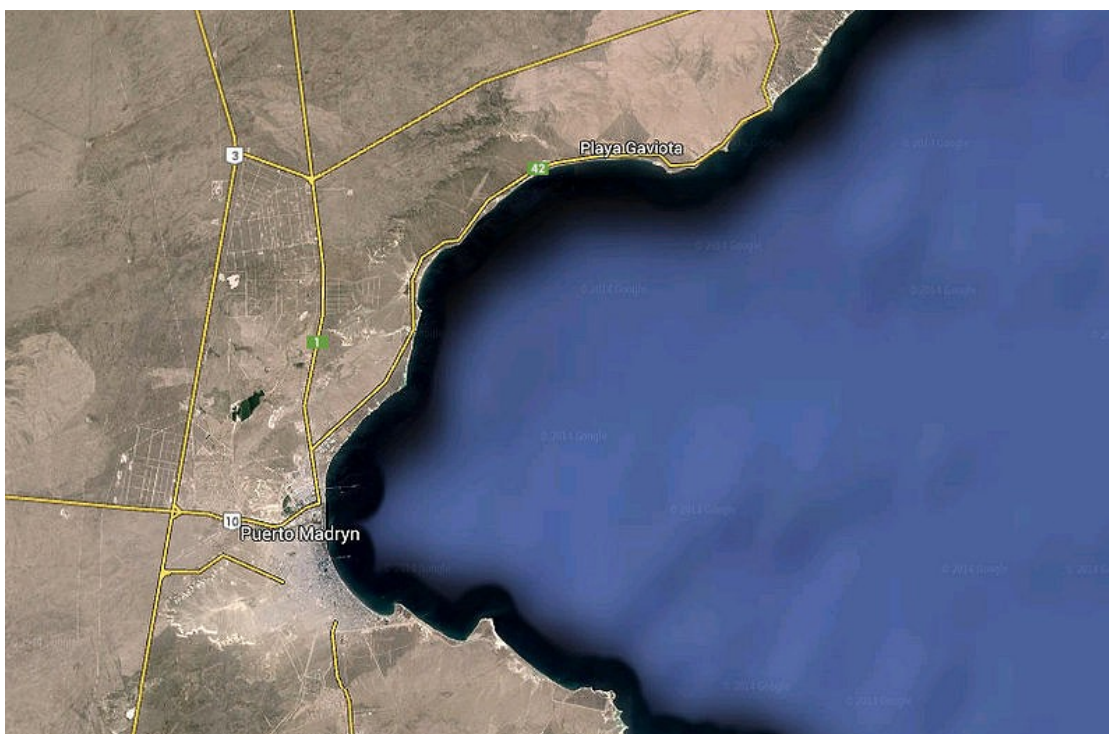


Figura 1. Localización Parque Ecológico Área “El Doradillo”. Fuente: Google Earth.

Originalmente planificado como un sector de emprendimientos productivos agroforestales, el barrio surge también como respuesta a la demanda existente de un sector de la población por vivir en entornos naturales con la calidad de la vida de la ciudad moderna. Desde ya hace varios años, la mayoría de los propietarios elige esta zona por la tranquilidad que ofrece el entorno inmediato, la posibilidad de desvincularse del bullicio de la ciudad y al mismo tiempo, de autoabastecerse sin recorrer grandes distancias.

Con un paisaje característico de casas aisladas en medio de la meseta patagónica y aunque al principio sólo se encontraban construcciones convencionales, en la actualidad son cada vez más los casos que optan por la construcción con materiales naturales y/o del propio sitio. Así es como en los últimos años crece la iniciativa local por parte de los propietarios de desarrollar sus viviendas con sistemas de autoconstrucción y diferentes técnicas de construcción natural tales como: quinchas, súper adobe y fardos de paja entre otros sistemas constructivos.

A continuación se desarrollan 2 ejemplos de viviendas unifamiliares, autoconstruidas con materiales naturales de la zona. Ambos casos presentan un avance de obra importante y utilizan de distintas maneras la tierra cruda como material de construcción: con revoques de tierra en ambos ejemplos, en un caso se utilizan ladrillos de adobe en el interior y en el otro, mamposterías interiores y exteriores de superadobe.

CASO 1. CONSTRUCCIÓN CON SUPERADOBE

El proyecto total de la vivienda ha sido diseñado por los mismos propietarios y se desarrolla en planta baja libre con una superficie cubierta aproximada de 180m² y está conformado por una cocina-lavadero, un estar-comedor, un baño completo y compartimentado en 3 zonas distintas, un estudio y dos dormitorios. Es así que las áreas de servicio se orientan al Oeste y hacia el lado Sur están previstas las habitaciones. El área social, con forma circular, se abre al Norte y Noreste con grandes ventanales en busca de las mejores visuales del terreno y favorecer la captación solar.



Figura 2. Fachada Sureste.

El superadobe es considerado una técnica de construcción ecológica sumamente práctica y que no requiere grandes tiempos de ejecución. Destacan su alta calidad constructiva, bajo consumo de energía, alta resistencia ante sismos, estabilidad, gran eficiencia térmica y la posibilidad de ampliación en distintas etapas. El sistema constructivo consiste en rellenar con tierra rollos de polipropileno del largo deseado, que se van compactando y apilando uno encima del otro. Con el fin de dar cohesión a la estructura, entre fila y fila de bolsas se coloca alambre de púas para facilitar el agarre y evitar el deslizamiento de las mismas. Las bolsas de polipropileno presentan la singularidad de ser biodegradables bajo la acción del sol, por lo cual es necesario empezar a revocar enseguida una vez levantadas las mamposterías. En este caso particular y debido a las inclemencias climáticas durante el verano, se ha debido rediseñar el proyecto original y optar por construirlo en dos etapas. En esta primera etapa de obra se están construyendo aproximadamente 110m².

Una problemática bastante particular la constituye la elección del tipo de revoque a emplear. Con el fin de asegurar que la mezcla sea la adecuada estructural y estéticamente, se están realizando in situ distintas pruebas y proporciones de revoques con una mezcla de tierra arcillosa, arena, fibra vegetal cortada y aceite quemado.



Figura 3. Detalles. Cerramientos y estructura de cubierta.



Figura 4. Detalles. Aberturas. Mortero de tierra.

La vivienda existente cuenta con muros de 52cm de ancho, lo cual permite una mayor durabilidad de la construcción, gran aislación térmica y un excelente comportamiento en cuanto a climatización pasiva, retardando considerablemente los cambios de las temperaturas exteriores en el interior de la vivienda. Para mejorar aún más la calidad térmica interior, está prevista la ejecución de una cubierta verde con especies locales y el uso de doble vidrio en las aberturas de la vivienda, especialmente en las orientaciones más desfavorables.

Es de destacar que habiendo subcontratado sólo las tareas específicas de relleno y replanteo del terreno, el avance de obra hasta el momento ha sido gracias al tiempo dedicado por los 5 integrantes de la familia, a veces ayudados por amigos y familiares, durante los fines de semana, feriados y vacaciones.

CASO 2. CONSTRUCCIÓN CON FARDOS DE PAJA Y LADRILLOS DE ADOBE.

La vivienda se desarrolla en planta baja libre con una superficie cubierta aproximada de 80m² y se conforma por una cocina-lavadero, un estar-comedor, un baño completo y dos dormitorios. En correspondencia con las direcciones predominantes de los vientos en la zona y como forma de protección y resguardo, la vivienda no cuenta con ninguna abertura en las orientaciones Oeste y Sudoeste. Los espacios de servicio están orientados al sur con pequeñas ventanas, y al norte se encuentran los espacios de uso con grandes ventanales que permiten las mejores visuales del terreno, iluminación y ventilación.



Figura 5. Frente. Fachadas Noreste y Noroeste.



Figura 6. Contrafrente. Fachada Sur.

El sistema constructivo es tipo híbrido: con estructura de fundación de H°A°, vigas y columnas de madera, cerramientos exteriores con fardos de paja, cerramientos interiores con ladrillos de adobe y cubierta convencional de chapa. En este sistema la totalidad de las cargas es soportada por la estructura convencional, dejándole al fardo de paja la función de cerramiento exterior y aislamiento térmico. Los bloques de fardos tienen una dimensión aproximada de 85cm de longitud, 45cm de espesor y 35cm de altura. Se colocan a rompe-juntas, como se suele hacer en las construcciones convencionales de ladrillo, quedando las columnas empotradas dentro de los fardos a fin de estabilizar el cerramiento y evitar los puentes térmicos. A modo de capa aisladora, la primera hilada de fardos se encuentra envuelta en toda su superficie con nylon de 200 micrones.

Para mayor seguridad las paredes de fardo que no cuentan con aberturas en su superficie se estabilizaron con cruces de San Andrés, materializadas con tensores de hierro de 6mm insertados en sus extremos inferiores a los cimientos y en sus extremos superiores a las vigas estructurales de madera de la vivienda.

Como el diseño arquitectónico no fue previsto con el módulo del fardo, las dimensiones no eran exactas y debieron cortarse varios bloques de fardos y rellenarse a presión con una mezcla de paja y arcilla (quincha) el espacio existente entre la última hilada de fardo y la cubierta.

La “quincha” ha sido utilizada como relleno en todos los huecos y encuentros entre distintos materiales (fardo de paja, estructura de madera, ladrillo de adobe, etc.), para evitar cualquier pérdida de calor. Para el caso particular de las paredes interiores de la vivienda, se trabajó con ladrillos de adobe realizados in situ por los propios propietarios.



Figura 7. Paredes interiores. Ladrillos de adobe.

Cabe destacar que éste es el primer caso en el Parque Ecológico Área “El Doradillo” que cuenta con financiamiento del IPVyDU y la aprobación municipal de la documentación correspondiente. Lograr la aprobación del crédito y la autorización para poder construir con este tipo de materiales fue un proceso largo de más de un año, mediante trámites, reuniones, presentaciones técnicas, informes y detalles constructivos que demostrasen la factibilidad del tipo de construcción elegida.

Durante la construcción, se debieron realizar modificaciones al proyecto inicial y presentar una serie de informes técnicos para uso de la Inspección de Obra en los respectivos controles de obra y consiguientes certificaciones.

Es importante destacar que el porcentaje de obra avanzado hasta el momento ha sido posible gracias al trabajo mancomunado de los propietarios, familiares y amigos durante los fines de semana. En la zona no se encuentra mano de obra especializada en estas técnicas constructivas, ni interés por hacerlo, con lo cual sólo se han subcontratado los trabajos de excavación, relleno, compactación y replanteo e instalación de agua y cloacas.



Figura 8. Detalles. Encuentros entre materiales.

CONCLUSIONES.

La vivienda unifamiliar es el espacio primario que el hombre diseñó y construyó para darse refugio y cobijo en el devenir de la historia. Este espacio se adaptó a diferentes regiones, culturas y tiempos, pero siempre fue el lugar donde los lazos familiares forjaron el habitar de lo construido.

En el momento actual y ante la deficiencia habitacional local, la autoconstrucción con tierra se convierte en una solución real para muchas familias de la clase media que no han tenido acceso a la vivienda propia a pesar de las políticas habitacionales de los distintos gobiernos, resolviendo el problema habitacional de manera sustentable y en equilibrio con el entorno. Participar in situ en la construcción de la casa propia genera un vínculo muy particular con la vivienda y una apropiación totalmente distinta. Habiendo sido ayudados por familiares y amigos, para las familias es un proceso sumamente enriquecedor y gratificante involucrarse con la casa desde el inicio, tomar contacto con el terreno y los materiales, y conectarse con los detalles y necesidades durante todo el proceso constructivo de la misma. En cuanto a la calidad térmica de las viviendas, en los dos casos expuestos, las construcciones cuentan con una buena “masa térmica” para resistir las condiciones climáticas adversas en la zona, debido ello al espesor de sus cerramientos exteriores.

En el caso particular de la vivienda de superadobe la calidad térmica interior puede verse reducida debido a la mala orientación de los espacios de dormir y los grandes aventamientos en las orientaciones Suroeste y Oeste, coincidentes con los vientos predominantes en la Patagonia. En este contexto, se desprende la vital importancia del papel del arquitecto en el diseño de la vivienda en relación al entorno geográfico y climático para su implantación, y muy en particular en la orientación de los distintos espacios, vanos y aberturas.

Ambos sistemas constructivos se caracterizan principalmente por los bajos costos en comparación a los de la construcción convencional, bajo consumo de energía, menores plazos de ejecución y muy buena eficiencia térmica. En ambos casos, pueden participar de la construcción personas de cualquier edad, sin necesidad de ser profesionales o saber de construcción.

Con el aumento creciente de los casos de arquitectura natural en la zona, donde se privilegia el uso de materiales locales y se integran criterios bioclimáticos desde la concepción del proyecto, se evidencia la preocupación por construir en equilibrio con la naturaleza y minimizar el consumo de energías renovables, manteniendo las condiciones de confort requeridas para la vivienda.

Sumados a la reciente reglamentación de la utilización de técnicas constructivas sustentables con tierra cruda en la ciudad cordillerana de Esquel y la falta de normativa específica en el resto de la provincia, los casos expuestos en este trabajo intentan ser por un lado un aporte a los casos de construcción con tierra en la zona y, por otro, un ejemplo construido que sirva de precedente en la presentación de proyectos de ordenanzas en los municipios locales.

RECONOCIMIENTOS.

Este trabajo se inscribe en el marco del proyecto de investigación PI “TIC y Objetos de Aprendizaje en ambientes multidisciplinares de investigación y enseñanza de la ingeniería”, de la Facultad de Ingeniería de la UNPSJB, sede Trelew.

Un especial agradecimiento a los propietarios de las obras expuestas por el interés, apertura, confianza y material de apoyo brindado sobre sus respectivas viviendas, y a los Dres. Arqts. Silvia de Schiller y John Martin Evans, Profesores Consultos UBA y Directores del Centro de Investigaciones en Hábitat y Energía, CIHE), por su tiempo, disposición y apoyo constantes.

REFERENCIAS.

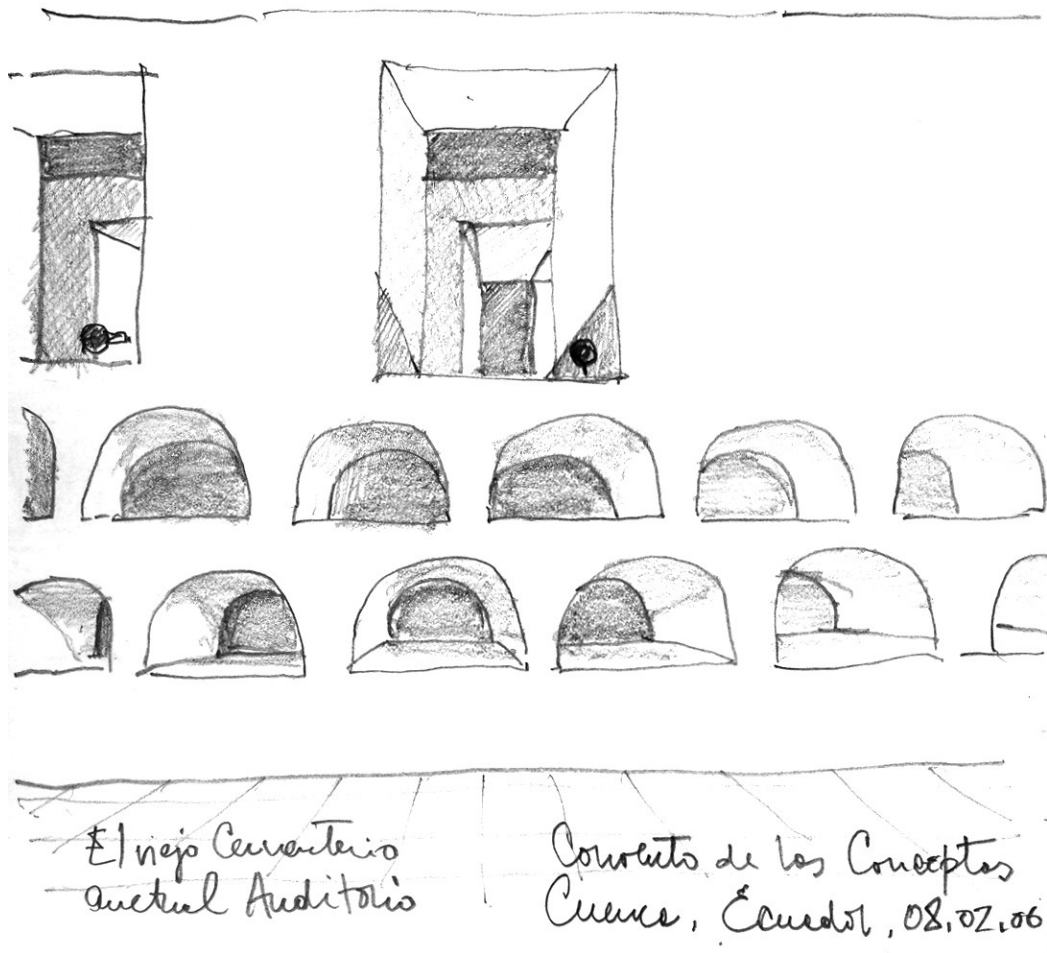
- Chiappero, R. O., Supisiche, M. C. (2003). *Arquitectura en Tierra Cruda - Breves consideraciones sobre la conservación y la restauración*. Editorial NOBUKO, Buenos Aires.
- Liernur, J.F. y Aliata, F. (2004). *Diccionario de Arquitectura en la Argentina - Estilos. Obras. Biografías. Instituciones. Ciudades*. Editorial AGEA, Buenos Aires.
- Mindlin, D.S. (2004). *Edifique con fardos - Una guía paso a paso para la construcción con fardos de paja*. Editorial NOBUKO, Buenos Aires.
- Minke, G. (2005). *Manual de Construcción en Tierra - La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Segunda edición en castellano, Editorial FIN DE SIGLO, Kassel.

Rotondaro R., Mellace R. (2002). *Tecnología de la tierra cruda - De las tradiciones locales a la Arquitectura Contemporánea*. Revista Summa+, Buenos Aires. N° 56, Pág. 99-101, ISSN 0327-9022.

Sutton A., Black D., Walker P. (2011). *STRAW BALE - An introduction to low-impact building materials*. BRE 2011, Garston, Watford.

SECCIÓN 2

TRANSFERENCIA



ALIANZAS ESTRATEGICAS ENTRE UNIVERSIDAD, ESTADO Y SOCIEDAD

Ariel González y María Carolina Lazzarini

RESUMEN.

Las técnicas de construcción con tierra están ligadas a situaciones relacionadas con aspectos históricos, físicos y sociales, por un lado, y por otro con sus características propias en función del lugar donde se construya. De ahí que el intercambio intersectorial juega un papel importante en el afianzamiento de las propuestas contemporáneas de edificaciones ‘naturales’. Es en este camino que, entre Universidad, Comunas locales y Comunidad, se realizó un intercambio de saberes y conocimientos con la finalidad de difundir y afianzar conocimientos entre los actores participantes. Teniendo como antecedentes el uso de la tierra en la zona, iniciada por los pueblos originarios, seguida con técnica de ‘tapia’ de la mano de los españoles que construyeron los primeros asentamientos de la nueva cultura foránea, y ampliada luego con técnicas traídas por la masa inmigratoria que permitió poblar el territorio, se propone la construcción de un espacio en la Comuna de Santa Rosa de Calchines rescatando estos saberes e incorporando y adecuando otros a la realidad actual donde se muestren formas alternativas de construcción en un marco de utilización comunitaria de esas edificaciones a manera de muestrario constructivo para los pobladores de la región. La Universidad se suma a esta propuesta co-organizando talleres y encuentros donde participan estudiantes y jóvenes graduados además de profesionales interesados dando un marco mas científico y pedagógico a estas instancias. Concretamente, se muestran convocatorias que tienen como eje principal la fabricación y construcción con Bloques de Tierra Comprimida (BTC).

Palabras clave: Difusión. Formación. Intercambio de conocimientos. Patrimonio.

INTRODUCCIÓN.

La localidad de Santa Rosa de Calchines está ubicada en las cercanías de la Ciudad de Santa Fe, en el punto medio del trayecto que une los sitios donde se realizaron las dos fundaciones de la Ciudad de Santa Fe, la primera en 1573 en el sitio hoy denominado Cayastá (propuesto como patrimonio de la humanidad¹), y la segunda, en 1651, en el sitio actual, lugar más conveniente desde el punto de vista económico, estratégico y de seguridad, respetándose idénticas características urbanas y tecnológicas del primer emplazamiento². La actual conducción comunal de la Localidad de Santa Rosa de Calchines, está orientando el rescate político, cultural, educativo y turístico, al relacionar los monumentos de Cayastá y Santa Fe, y la realización de intervenciones urbanas, como la senda peatonal a la vera de la ruta. Ello propicia hitos de interés, como el desarrollo de deportes, un jardín botánico, lugares de esparcimiento, auditorio y ‘La Ranchería’ (Figuras 1 y 2). Este último hito se ubica en un predio edificado con técnicas de construcción vernáculas de la colonización española y otras propias de los aborígenes y criollos.

¹ <http://www.senado.gov.ar/web/proyectos/numord.php?cNumOrd=1832&cAnioPar=2004&cAction=1> - 3/3/14

² “La construcción de una ciudad Hispano americana; Santa Fe la vieja entre 1573 y 1660” – Luis Maria Calvo – Editorial UNL

Siendo Latinoamérica una región plena en sincretismos, se busca poner en valor esta combinación de saberes en construcciones con tierra, parte de la cultura constructiva del colonizador y parte de los aborígenes, sumado a la compleja maraña de conocimientos que llegaron junto a inmigrantes de todas las regiones del mundo entre fines del Siglo XIX y principios del XX. Es así que a las originarias Tapias Francesas y Tapia Ordinaria se le sumó la utilización de fibras vegetales embarradas propias de los aborígenes, el adobe y, en los últimos tiempos, el Bloque de Tierra Comprimida (BTC). También, la incorporación de nuevos desechos urbanos en combinación con la tierra, y el rescate y desarrollo de techos verdes completan el panorama tecnológico que se quiere valorizar y mostrar.

Dentro de este marco general, la Universidad Tecnológica Nacional de Santa Fe, que viene desarrollando y adecuando tecnologías de construcción con tierra, se vinculó para realizar una actividad conjunta consistente en convocar a todos los sectores interesados en la construcción ‘natural’, con especial atención en los BTC. Dentro de un Programa Universitario de Apoyo a la Extensión, se generó una amplia convocatoria en la que participaron alumnos de carreras afines a la construcción de varias universidades locales, profesionales de la región con interés en conocer nuevas técnicas, pobladores de la localidad interesados en construir con tierra, auto-construtores, microemprendedores y personal de la comuna y de otras de la región con intenciones de replicar la propuesta.



Figura 1 y 2. Vista del sitio de La Rancheria, (González, Lazzarini)

UN POCO DE HISTORIA.

Cuando en el acuerdo capitular del 12 de abril de 1651 se resuelve la mudanza, el Cabildo dispone que se reproduzca la planta de la ciudad en el nuevo asentamiento:

“... se lleve la planta de cuadras, Plaza pública, calles, sitios y solares de esta ciudad y ejido de ella, todo medido con distinción y claridad y siendo a propósito el dicho puesto, o en el que más conveniente parezca, quede marcada, señalada y dispuesta dicha planta y nueva fundación y los vecinos siéndoles mandado y dado orden como haya de ser, puedan ir mudándose sin dificultad” (Actas de Cabildo). Y se enfatiza: *“... la medición y marcación se harán de acuerdo con la traza actual de la ciudad...”*

Los muros de los edificios de Santa Fe la Vieja fueron preponderantemente de tapia, técnica que en aquella época se utilizaba tanto en Paraguay como en otras regiones que disponían de distintos materiales además de tierra. Era usual el uso de techos de tejas ³, los muros medían entre 60 y 80 cm de ancho en las viviendas y 1,20 m en los templos, equivalentes a dos tercios de una vara, y una vara de ancho para las primeras, y una vara y media para las segundas, Figura 3.

³ <http://www.santafelavieja.ceride.gov.ar/Historia.htm>



Figura 3. Restos de vivienda con muros de Tapia en Santa Fe 'la Vieja'. Banco de Imágenes Florian Paucke.

Atendiendo a las condiciones del medio de la primitiva ciudad, en los primeros tiempos el uso de la 'tapia francesa' constituyó una alternativa justificada por la urgencia de conseguir reparo para el desenvolvimiento del incipiente vecindario. Y aún mucho tiempo después, persistió en soluciones aisladas y rurales, llegando hasta el presente en la zona de la costa. Más tarde, la estabilidad que fue alcanzando la población requirió adoptar un sistema de mayor perdurabilidad, posibilitado por los escasos materiales disponibles.

La zona no proporcionaba otro material para la construcción que no fuese la misma tierra del suelo y la madera de los montes. El uso de la 'tapia ordinaria' fue la opción que se generalizó para edificaciones de importancia, ya fueran privadas como las viviendas, o de carácter público como el Cabildo y los templos. Las paredes de tapia no siempre se revocaban, pudiendo ser blanqueadas directamente. Pero cuando se hacía el revoque, por resultar costoso transportar la cal desde sus yacimientos, se apelaba a otros recursos. Con tierra, arena y estiércol de caballo seco y molido, mezclado con agua se hacía un revoque de buenos resultados que el padre Paucke utilizó en el siglo XVIII. También con estiércol de vacuno sin mezcla alguna se conseguía un revoque de superior calidad. La madera necesaria se extraía de los montes próximos a la ciudad, donde crecían algarrobos y espinillos. De más lejos se traían palmas, troncos largos y gruesos para las obras de importancia. La arquitectura de Santa Fe 'la Vieja', en sus manifestaciones religiosas y civiles no conoció otro material constructivo más que la tierra cruda, el único que prodigaba el lugar. En su nueva ubicación, Santa Fe de la Vera Cruz repitió no solo el trazado de sus calles y ubicación de sus edificios emblemáticos, sino que también su materialidad constructiva, dando origen a diversas edificaciones en tapia, algunas de las cuales se conservan, Figuras 4, 5 y 6.

Santa Rosa de Calchines, poblado del año 1616, surgido de la concentración de pueblos originarios, y reconocido como localidad en el año 1861, presenta una rica historia donde se ligan los componentes étnicos americanos y los posteriores inmigratorios que arribaron a la región del Litoral a fines del siglo XIX. A partir de la pluralidad cultural que ha pervivido a lo largo del tiempo. Ya en la segunda década del siglo XXI, el desafío consiste en reconocer tal variedad cultural otorgando legitimidad a cada uno de sus componentes y validar el producto de cruce racial y cultural (Kaufmann, 2000)⁴

⁴ "Calchines: Un pasado, un Destino" - Ciclo de disertaciones sobre la historia regional- Secretaria de Cultura Gobierno Comunal de Santa Rosa de Calchines - 2012



Figura 4. Casa de los Aldao, construcción del 1600 en tapia (recientemente restaurada⁵).
Banco de Imágenes Florian Paucke.



Figura 5. Casa de los Diez de Andino, de tapia y otras técnicas de tierra, actualmente Museo Histórico Provincial. Banco de Imágenes Florian Paucke.



Figura 6. Convento de San Francisco. Banco de Imágenes Florian Paucke.

⁵ www.jpeh.ceride.gov.ar/lacasadelosaldao/descarga.doc - 3/3/14

EL TALLER DE DIFUSIÓN Y CAPACITACIÓN.

‘La Ranchería’ acompaña la propuesta de rescate del saber-hacer comunitario con un modelo de organización y ejecución que promueve y apoya la participación de todos los interesados en la temática.

El espacio de difusión y capacitación de BTC generado organizativamente por la Comuna, el Taller El Hornero y la Universidad, se suma a otros ya generados en otras técnicas como Quincha, Adobes, Revoques, Techo Verde, Baños secos y Tapia. Previamente, se llevó a cabo una campaña de difusión mediante carteles, redes sociales y medios de comunicación posibilitando que esta jornada de aprendizaje llegue a la sociedad. Al Taller asistió gran número de estudiantes de la Universidad Tecnológica Nacional, FRSE, estudiantes de la Universidad de Paraná, profesores, capacitadores y personas oriundas del lugar.

La metodología empleada es, desde el punto de vista académico, el de una ‘investigación-acción’, inserta en talleres de extensión. De esta manera, se obtiene en un mismo acto la ejecución de la propuesta y la verificación de su aceptación desde el plano técnico y social y también desde el pedagógico.

En la parte operativa, se trabajó con una primera reunión informativa acerca de los términos generales del encuentro para luego pasar a procesos de incorporación de saberes a través del ‘aprender-haciendo’ conformando grupos heterogéneos de 6 personas que rotaban entre la producción de BTC con 5 tipos de prensas manuales disponibles y la ejecución de un muro con BTC acopiados en el sitio destinados a la ejecución de un local sanitario en el predio. Es así que, de manera interdisciplinaria e intersectorial, se realizaron ‘obras-escuelas’ donde se aprendió mientras se construían los locales con diferentes tecnologías.

También se recrearon otras técnicas constructivas, dada la disponibilidad de las mismas en el lugar. Finalmente, se realizó un intercambio de opiniones a manera de evaluación, Figuras 7 a 15, fotos González-Lazzarini. Se produjo y repartió una cartilla con los datos esenciales para la ejecución de construcciones con BTC, con el fin que cada participante pueda incorporar esta técnica con condiciones mínimas de calidad desde su respectivo rol de profesional, estudiante, auto-constructor, micro-emprendedor, o funcionario.



Figura 7. Preparando la mezcla.



Figura 8. El espacio con los 5 tipos de prensas



Figura 9. El espacio Obra-Escuela.



Figura 10. Alumnos universitarios en el programa 'hacer y aprender', trabajando en la construcción de un muro de BTC.



Figura 11. Ejecución de muro de Tapia.



Figura 12. Participantes del taller realizando revoques.



Figura 13. El trabajo con las prensas.



Figura 14. Los primeros ladrillos de BTC.



Figura 15. Instancia de intercambio de opiniones y evaluación.

OBJETIVOS.

Los objetivos buscados fueron, en primer lugar:

- Verificar la alternativa de rescate de formas originarias de construcción de la región.

Objetivos Secundarios:

- **Capacitar** a los pobladores en técnicas de construcción con tierra.
- **Incorporar** normativas y avances tecnológicos actuales a las técnicas originarias.
- **Promover** un espacio de creación artística y productiva que recupere aspectos vinculados a la historia y al saber popular.
- **Generar** condiciones dignas de trabajo sustentable.
- **Fomentar** la creatividad de quienes se benefician con estos emprendimientos.
- **Sumar** a la oferta turística existente cuestiones relacionadas con la historia de la construcción y consolidación del territorio.
- **Colaborar** con el sistema educativo posibilitando la visita de alumnos de escuelas primarias y secundarias al predio para que conozcan no solo el contexto arqueológico sino también el interés actual por el rescate cultural.

INICIATIVA E INNOVACIÓN EN NORMATIVAS CONSTRUCTIVAS.

Como apoyo complementario a esta forma de abordar la construcción de hábitat en el territorio comunal, se promueven los **permisos de construcción** con estas técnicas en la zona. Esta iniciativa acompaña y brinda apoyo a través de un sistema de canasta financiada de materiales (adobes, tierra, etc.), a quien no pueda acceder por razones económicas. Esta iniciativa, tendiente a fortalecer la innovación planteada, se realiza con el interés no solo de solucionar problemas de vivienda con un rescate de la identidad constructiva de la localidad; sino también generando un ambiente propicio para la observación del turista y la valoración del patrimonio local.

CONCLUSIONES.

En la actualidad, el proyecto continúa en ejecución con la misma metodología de trabajo, habilitándose paulatinamente diversas áreas específicas. En la misma localidad se han replicado algunas construcciones con las técnicas utilizadas, logrando de ese modo los objetivos del rescate, no solo de formas constructivas sino también de saberes culturales populares. Es relevante notar que, a partir de esta experiencia, se ha generado un efecto multiplicador en localidades aledañas de la costa con una realidad social, histórica, cultural y económica similar.

REFERENCIAS.

- Actas de Cabildo, *acuerdo capitular del 12 de abril de 1657*, tomo III, fs.195/7.
Calvo, Luis María (1999). *Valor y uso de Santa Fe la Vieja*, Revista América N° 15.
Kaufmann, Ricardo (2000). *Hitos de Santa Fe La Vieja*, Segundas Jornadas de Historia del Litoral, Santa Fé.

TRANSFERENCIA Y AUTOCONSTRUCCION ASISTIDA EN TIERRA

Sebastián D'Andrea

RESUMEN.

El presente trabajo muestra el desarrollo de una interesante experiencia de construcción en tierra, y el proceso de transferencia realizada desde un grupo de investigación a los diferentes actores que intervienen en la capacitación y puesta en práctica para la producción de la obra, el comitente y el constructor. El proyecto se ubica en una zona semi-rural cercana al tercer cordón del conurbano bonaerense, a más de 40 km de la gran urbe que, según la Zonificación Bioambiental de la Rep. Argentina, Norma IRAM 11.603, se corresponde con un clima templado-cálido, con inviernos relativamente fríos y veranos cálidos, con una importante presencia de humedad. Se trata de una vivienda de descanso para una joven pareja con una niña pequeña en una peculiar parcela de reducidas dimensiones a materializarse respetando las siguientes premisas: construcción con tierra, techo verde y que representara el programa requerido. Habiéndose detectado un entusiasmo creciente entorno a temas relacionados con la ecología y la naturaleza a través de los seminarios y talleres realizados, se evidencia sin embargo, la necesidad de transferir conocimientos y prácticas constructivas. Este entusiasmo abre nuevos espacios donde desarrollar relatos como el que se presentan en este trabajo acerca de la gestación y desarrollo de una experiencia de autoconstrucción con tierra asistida, acerca de un encuentro entre ideales renovadores y la contundencia de la realidad en el marco de la sustentabilidad en la producción de hábitat edificado.

Palabras Clave: autoconstrucción, bioconstrucción, construcción en tierra, ecología, transferencia tecnológica, edificación sustentable, permacultura.

CONTEXTO.

En las zonas más próximas a la Cordillera de los Andes, secas y semiáridas, la arquitectura de tierra está asentada sobre una tradición que viene desde la época pre-colonial (Nicastro, 2010). En zonas serranas y boscosas, está desarrollándose aceleradamente, favorecida por ordenanzas recientes que la regulan y protegen. Lo mismo pasa en muchas ciudades y pueblos que salpican la llanura pampeana. En el Gran Buenos Aires, encuentra terreno fértil en áreas próximas al tercer cordón que rodea a la ciudad capital, en mayor contacto con ámbitos semi-rurales. Entre predios que todavía tienen una pequeña explotación agrícola o ganadera, se construyen barrios y viviendas de tierra cruda. Este crecimiento suele estar impulsado por parejas jóvenes que buscan alternativas saludables pero también económicas, puesto que en Argentina la bioconstrucción se cruza con el déficit habitacional y con las dificultades a las que se enfrentan muchos jóvenes al momento de conseguir una vivienda propia.

Aunque el comitente cuenta ya con un dúplex en las afueras de la ciudad como vivienda permanente, esta no representa sus ideales de hogar confortable como sí lo hacen las imágenes de una casa de tierra. A ello se agrega el ideal y las posibilidades de construir con tierra cruda en lugares más alejados, puesto que el cordón más próximo a la ciudad capital se encuentra densamente ocupado.

Sobre la experiencia expuesta en este trabajo, la oportunidad surgió al contar con una parcela en un camping de casas rodantes en tierras de El Morenito, en la localidad de Moreno, al oeste del Gran Buenos Aires. La Zona Bioambiental corresponde a un clima templado-cálido, con inviernos relativamente fríos y veranos cálidos pero con una importante presencia de humedad. Allí se encuentra un camping donde los vacacionantes llegaban en época de descanso trasladando su casa rodante y estacionándola en la parcela que alquilaban a los propietarios. A lo largo de los años, fue dándose un proceso de sedentarización a través del cual las casas rodantes se iban cubriendo de capas sucesivas que terminaban por fijarlas irremediablemente al suelo sobre el cual rodaban antes de forma libre. Gradualmente, se iban adicionando espacios semi-cubiertos sobre los que se construían techos livianos de madera y paja que, en algún momento, cerraban su perímetro con muros de bloques cerámicos a la vista con junta tomada para terminar conformando, finalmente, una pequeña vivienda de fin de semana. Los inquilinos más nuevos evitan ya todo este largo proceso para pasar directamente a construir una casita de modestas dimensiones pero con todo lo necesario para descansar cómodamente.



Figuras 1 y 2: imágenes del camping urbanizado

El proceso de urbanización del camping fue realizándose respetando las dimensiones de cada parcela, mucho más acotadas que las de cualquier lote suburbano. La configuración resultante de este proceso entrega imágenes que remiten a las pequeñas aldeas de casitas abigarradas, rincones íntimos y espacios de circulación de escala humana.

PRIMERAS IDEAS.

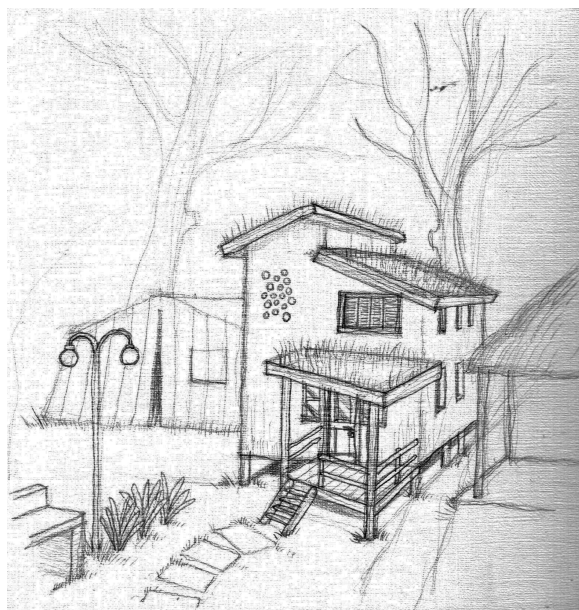
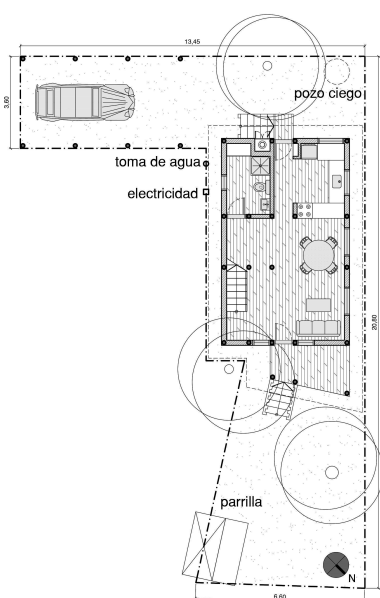
Ante un presupuesto acotado, se propuso la autoconstrucción como modalidad más viable. Sólo se le encargarían a personal idóneo aquellas tareas que, por su complejidad, no pudieran ser ejecutadas por los futuros habitantes de la vivienda.

Como base de partida se tomó la idea inicial de la casa proyectada intuitivamente por el comitente, una vivienda de planta cuadrada con un entrepiso, que se construiría toda con materiales reutilizados y tierra del lugar. La idea original fue dando lugar a una vivienda que aprovechaba mejor las dimensiones de la parcela, la orientación y el asoleamiento.

Al tratarse de un lugar con un subsuelo muy húmedo, la casa se construiría elevada, evitando así muchos problemas que aquejan a algunas de las construcciones vecinas. El programa, sencillo, incluye un estar-comedor, cocina y baño en planta baja y tres dormitorios en la planta superior. El ingreso principal se encuentra orientado al noreste mientras que una puerta de salida en la cocina comunica con la cochera.

Es favorable la agrupación compacta que imponen las reducidas dimensiones de las parcelas, reduciendo de esta manera, las brisas a nivel peatonal con lo cual disminuyen, también, las pérdidas de calor en las superficies exteriores de los muros. También se prevén las aislaciones térmicas adecuadas en piso y techo, se prevé la utilización de materiales de alta densidad y que las ventanas más grandes busquen las mejores orientaciones, norte, noreste y noroeste, para optimizar la captación de sol invernal (Evans y de Schiller, 1986, 1988, 1994).

Se trata de la primera vivienda del barrio a construirse con tierra cruda. La estructura se realizará con rollizos de eucalipto, las aberturas serían reutilizadas, los muros se cerrarían con técnica de quinchas y la cubierta sería verde, de escasa pendiente.



Figuras 3 y 4: *implantación y croquis. A fin de abaratar costos y reducir la huella de carbono se eligieron proveedores locales (Viñuales, 2005).*

En esta zona de Moreno son usuales las quintas, las casas de campo y los espacios recreativos privados. Todos se sirven de construcciones de apoyo livianas denominadas “quinchos”, que tienen una estructura de postes de eucalipto y un techo de paja, el material mínimo necesario como para delimitar un espacio exterior semi-cubierto.

Por proximidad y por capacidad técnica se decidió contactar a los quincheros de la zona para ejecutar la estructura, desafío que ninguno de ellos quiso tomar. Así fue como las primeras tareas recayeron sobre una cooperativa en vías de formación surgida de una eco-aldea de la zona sur del conurbano bonaerense, lugar en el que el grupo de Construcción con Tierra (gCT) del CIHE participa y presta asistencia (Patrone, D’Andrea y Passone, 2013).

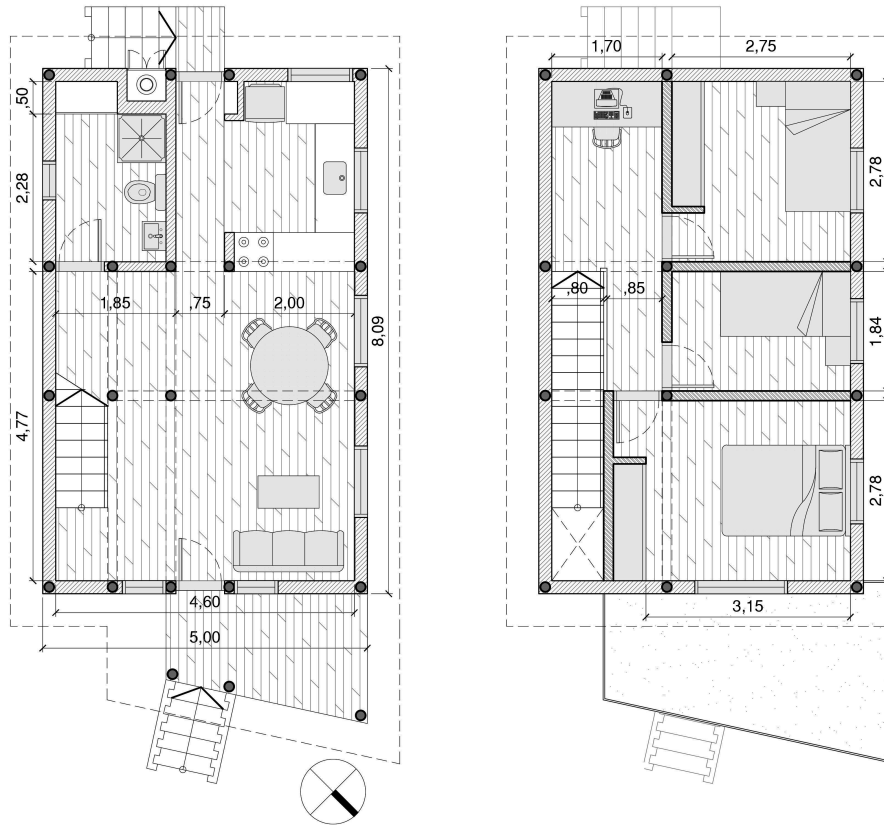


Figura 5: planta baja y planta superior

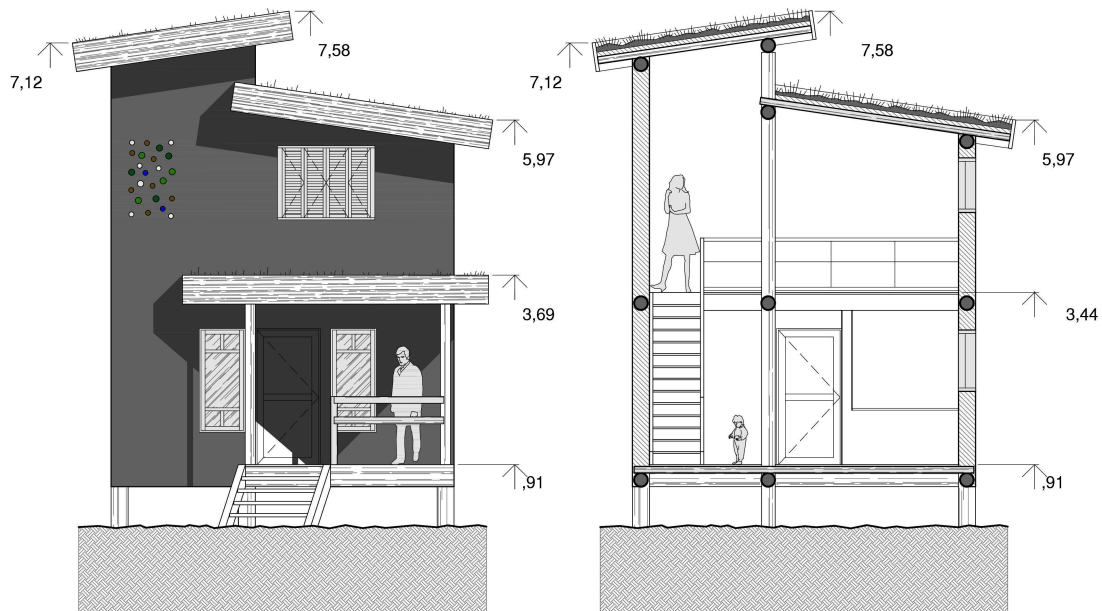


Figura 6: vista noroeste y corte transversal

TRANSFERENCIA Y PUESTA EN PRACTICA.

La eco-aldea surgió como un proyecto familiar de agricultura orgánica en 2009, pero pronto se encontraría con la bioconstrucción como disciplina afín. La aldea abrió sus puertas a la participación comunitaria desde sus inicios y para ello recibe visitantes que toman parte en las actividades y cursos que allí se ofrecen.

En 2012, el CIHE, a través del gCT, trabó relación con sus habitantes y, con el objeto de nutrir la experiencia en autoconstrucción adquirida en sus años de existencia, se propuso dar una charla introductoria sobre reconocimiento de suelos en cada taller sobre construcción con tierra a dictarse en la aldea. Esta participación inicial fue creciendo con el paso del tiempo hasta convertirse en un asesoramiento sobre diseño bioclimático para una nueva vivienda a construirse en el predio. Con la materialización de esta última casa, la eco-aldea suma ya una experiencia de cinco construcciones, hecho que le permitió trascender sus límites y participar en otras obras ajenas a su comunidad. Sólidamente formados, los habitantes de la eco-aldea encontraron una salida laboral en la bioconstrucción, hecho que permitió completar uno de los siete pétalos de la flor de la permacultura -filosofía sobre la que se asienta el desarrollo de la aldea- y que habla sobre economía y finanzas para comunidades sustentables (Holmgren, 2007).

También, es destacable la mejora en la calidad de la ejecución de las técnicas. La mano de obra formada a lo largo de cursos, charlas y experiencias permitió la madurez necesaria para encarar proyectos integrales y para pasar al siguiente nivel de formación, el que corresponde a la organización de una obra y a la relación que se establece con el comitente.

RESULTADOS.

Aunque consensuados previamente al inicio del proceso, los parámetros para comprender la autoconstrucción con tierra como tal necesitaron ser reafirmados desde el comienzo de la obra. Había llegado el momento de plasmar en la realidad material todo el diálogo previo a la construcción. Como en los cursos y talleres donde se habla de bioconstrucción están abiertos a todo el público y sólo se tratan las diferentes técnicas de construcción con tierra y no se analizan temas concernientes al diseño y organización de obra, se suele generalizar la idea que la autoconstrucción es tarea sencilla, cuando la realidad muestra que el esfuerzo no es menor y que hay múltiples variables a tener en cuenta al momento de construir. Tampoco es sencillo construir de manera económica si se espera que la construcción cumpla con las condiciones mínimas de confort. Para lograr reducción de costos será conveniente reemplazar los recursos materiales con tiempo dedicado a realizar alguna de las tareas necesarias para materializar la obra. Para ello, cabe tener un mínimo de pericia técnica y, sobre todo, de voluntad para llevarla a cabo atendiendo las condiciones específicas.

Sin embargo, cuando las condiciones para encarar una autoconstrucción no son las óptimas, será conveniente entonces invertir materialmente en contratar a alguien idóneo para esas tareas que no puedan realizarse de manera autónoma. La construcción de una vivienda es un proceso complejo, sin importar el material con el que se la realice.

En base a la valiosa experiencia realizada que presenta, este trabajo celebra los deseos de innovar y buscar alternativas más sanas y sustentables en el proceso de promoción del hábitat para las nuevas generaciones. Puesto que la autoconstrucción con tierra es deseable pero siempre con una guía y asistencia adecuada, será gracias a la maduración de aquellos ideales a través de estos procesos que la tierra como material de construcción mejorará su calidad y que la autoconstrucción podrá ser una alternativa válida y socialmente aceptada en el marco de la producción sustentable de hábitat edificado, con bajo impacto ambiental y alto contenido social.

BIBLIOGRAFIA.

- Evans, John Martin y de Schiller, Silvia (1986, 1988, 1994). *Diseño bioambiental y arquitectura solar*, Secretaría de Extensión Universitaria, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, Serie Ediciones Previas N° 9, EUDEBA, Buenos Aires, ISBN 950-29-0037-5.
- Holmgren, David (2007). *La esencia de la permacultura*, Holmgren Design Services, Victoria, Australia.
- Nicastro, Osvaldo Raúl (2010). *Tecnología constructiva de tierra cruda, una experiencia regional*, Apóstrofe Ediciones, Jujuy, ISBN 978-987-1542-5-4.
- Patrone, Juan Carlos y Rotondaro, Rodolfo (2010). *Transferencia tecnológica en construcción con tierra cruda*, Construcción con Tierra N° 4, CIHE, SI-FADU-UBA, Buenos Aires, ISSN 1669-8932.
- Patrone, Juan Carlos; D'Andrea, Sebastián y Passone, Hernán (2013). *Autoconstrucción con tierra en ecoaldeas*, 13° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción en Tierra (SIACOT), Valparaíso, Chile, ISBN 978-956-353-181-7.
- Viñuales, Graciela (2005). *La arquitectura de barro y la conservación del ambiente*, Construcción con Tierra N° 1, CIHE, SI-FADU-UBA, Buenos Aires, ISSN 1669-8932.

ARQUITECTURA DE TIERRA EN LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

Juan Carlos Patrone, Sebastián D'Andrea y Hernán Passone

RESUMEN.

En el marco de la investigación en arquitectura sustentable que desarrolla el Centro de Investigación Hábitat y Energía, Secretaría de Investigaciones, este trabajo presenta un panorama de las actividades que desarrolla el Centro de Investigación Hábitat y Energía, de la Secretaría de Investigaciones, FADU-UBA, en este campo y una compilación de trabajos prácticos presentados por los alumnos de los seminarios, reflejando la comprensión, alcance y cumplimiento de objetivos para el logro de diseños integrales donde las estrategias bioambientales y la arquitectura de tierra se conjuguen y se orienten hacia una arquitectura sustentable. La respuesta dada por los trabajos presentados, demuestra que los objetivos fueron interpretados concluyendo en un avance en la formación de profesionales dedicados a la construcción sustentable. En este marco, el Grupo de Trabajo Construcción con Tierra estudia el comportamiento ambiental del material y sus posibilidades y ventajas térmicas. La construcción con tierra y materiales naturales brindan la posibilidad de construir con reducidas emisiones de gases de efecto invernadero, con menor impacto al medio ambiente, en el marco de la arquitectura sustentable. Dentro de las actividades del gCT se dictan los Seminarios FI 'Arquitectura de Tierra en la Construcción Sustentable', con los siguientes objetivos: 1. Formar y estimular a jóvenes investigadores en el aprendizaje de la arquitectura de tierra, sus principales características y potencial de desarrollo. 2. Analizar las ventajas y limitaciones de la misma a través de proyectos en diferentes contextos geográficos y culturales. 3. Difundir el conocimiento de tecnologías sencillas, patrimoniales y de bajo costo, y sus posibilidades de desarrollo y aplicación, destacando la importancia del material, sus características térmicas y condiciones ambientales, de ahorro energético y salud, optimización de recursos naturales y capacitación y empleo de mano de obra local.

Palabras clave: Arquitectura de tierra. Capacitación. Investigación y Desarrollo. Sustentabilidad.

INTRODUCCIÓN

En el marco del Centro de Investigación Hábitat y Energía (CIHE) de la FADU-UBA surge el Grupo de Trabajo de Construcción con Tierra (gCT), con el objetivo de investigar el material en relación a sus posibilidades y ventajas térmicas, optimizando las técnicas constructivas y expresiones arquitectónicas, a través de las siguientes actividades:

- Trabajo de investigación de campo.
- Dictado de seminarios FI de la Secretaría de Investigaciones de la FADU-UBA.
- Asesoramientos sobre tecnologías de tierra en la construcción.
- Publicación de la revista digital "Construcción con Tierra", ya en su 6ta edición.
- Participación en congresos nacionales e internacionales con presentación de ponencias.

Dentro de los logros alcanzados en el dictado de seminarios, que dá nombre al presente trabajo, cabe destacar:

- Formar y estimular a jóvenes investigadores en el aprendizaje de los principales aspectos de la arquitectura de tierra, destacando sus principales características constructivas, térmicas, ambientales y su potencial de desarrollo.
- Analizar las ventajas y limitaciones a través de proyectos en diferentes contextos geográficos y culturales.
- Difundir el conocimiento de tecnologías sencillas, patrimoniales y de bajo costo, y sus posibilidades de desarrollo y aplicación, destacando la importancia del material, sus características térmicas y condiciones ambientales, de ahorro energético y salud, optimización de recursos naturales y capacitación y empleo de mano de obra local.

DESARROLLO

El gCT, como otros dedicados a la construcción con tierra, considera que se trata de un material de construcción amable con el medio ambiente, puesto que configura una fuente de recursos renovables, consume poca energía en su proceso de elaboración, y su uso y degradación no ponen en peligro los sistemas naturales que sostienen la vida en el planeta. Adicionalmente a esto, tampoco daña la salud de las personas durante su elaboración y uso y hace más confortables las viviendas. Por todo lo expuesto es que el gCT enfoca su trabajo en cuatro campos de acción: difusión, exposición, aplicación y formación.

Difusión. La Revista digital “Construcción con tierra”, única en la región dedicada específicamente a este tema, presenta una evolución lograda a lo largo de seis números, contemplando los temas más destacados y comprometidos para la difusión de los conocimientos, las investigaciones, los proyectos y construcciones realizados en este campo, Figura 1.



Figura 1. Tapas y paginas de distintos números de la publicación

La puesta en práctica, revalorización, actualización y difusión de técnicas de construcción con tierra, abarca temas tales como talleres de capacitación profesional y técnica, restauración del patrimonio edificado, revalorización de técnicas constructivas, impacto ambiental y eficiencia energética. También se incluyen artículos, tanto de investigadores y académicos como de practicantes, que aporten a la sustentabilidad del hábitat construido. El objetivo editorial es valorizar la construcción con tierra mostrando ejemplos de arquitectura de buena calidad para contrarrestar la imagen de tierra como construcción ‘pobre’ y enfatizar la necesidad de lograr construcciones seguras y durables, con el sustento de investigaciones, ensayos y normativas, que permitan asegurar la capacidad de estructuras sismo-resistentes, energéticamente eficientes, confortables y atractivas, afirmando la relevancia de la difusión en el marco de la construcción sustentable.

Exposición. Desde 2003 se presentaron y expusieron ponencias en congresos de diversos temas como un prototipo de vivienda experimental de suelo cemento, investigación sobre muros monolíticos de suelo cemento¹, estudios sobre elementos constructivos de suelo-cal-cemento (revoques y pisos, destacándose unas baldosas artesanales con excelentes resultados en ensayos de resistencia)², estudios térmicos sobre dicha vivienda, estudios térmicos comparativos entre viviendas de suelo-cemento en distintos climas³, estudios térmicos comparativos entre viviendas de suelo-cemento y construcción tradicional, estudios térmicos comparativos entre viviendas con distintos sistemas constructivos, estudios térmicos comparativos entre viviendas construidas con distintas tecnologías de barro y construcción tradicional⁴. En todas estas ponencias presentadas en distintos congresos primó el tratamiento sustentable de los trabajos presentados.

Aplicación. Asesoramientos en proyectos sobre tecnologías de tierra:

- Desarrollo turístico-ecológico y producción orgánica en Chapada Diamantina, Palmeiras, Bahía, Brasil.
- Escuela Agrotécnica ‘Quinta Esencia’ en Coronel Vidal, Prov. de Buenos Aires, Argentina.
- ‘Atrapasueños’, ecoaldea ubicada en la localidad de Ministro Rivadavia, Almirante Brown, Prov. de Buenos Aires, Argentina.
- ‘Jardín de Infantes de la Aurora, pedagogía Waldorf, en la Costanera de Quilmes, Prov. de Buenos Aires, Argentina.

Formación. Con el fin de llegar al resto de la comunidad académica, el gCT dicta los seminarios “Arquitectura de tierra en la construcción sustentable”, cuyo contenido abarca aspectos de sustentabilidad de la construcción, exponiendo: conceptos teóricos, panorama global, distribución geográfica y cultural, avances en el país y el exterior.

Se trabaja sobre el material y sus propiedades, suelos aptos para construir, distintos tipos de ensayos, criterios de identificación y selección, compactación y estabilización de la tierra. Se enfoca particularmente las características térmicas, clima y orientación de las construcciones, ahorro energético y optimización de recursos naturales en distintas regiones bioclimáticas.

¹ Investigación realizada conjuntamente la UTN-FRA, Ings. A. García, E. Nigro y J. Mazzeo.

² Investigación realizada conjuntamente con el Arq. R. Rotondaro.

³ Investigación realizada conjuntamente con la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México – Arqs. J. Espuna Mújica, R. Roux Gutiérrez y V. García Izaguirre.

⁴ Investigación realizada conjuntamente la UTN-FRST – Ing. A. González y Arq. G. Munsante.

Se desarrollan auditorías y técnicas de medición, simulación y evaluación de recursos en distintos sistemas constructivos, revoques y revestimientos, así como aspectos de producción, organización de obra, resistencias, durabilidad, compactación, estabilización, proyecto y construcción en zonas sísmicas. Se concluye con el diseño tecnológico, refuerzos, calidad constructiva, materiales sanos para la edificación y empleo de materiales saludables y biocompatibles. Además de los aspectos técnicos y bioclimáticos, se exponen consideraciones sobre energía y recursos, posicionando a la arquitectura en un nivel de mayor responsabilidad con respecto a las generaciones futuras y a la forma en que se consumen los recursos para producir el espacio habitado. Los Seminarios se inscriben en el Programa de Formación en Investigación (FI) de la Secretaría de Investigación de la FADU, de 16 horas presenciales, y se dictan mediante clases teóricas dialogadas, empleando medios audiovisuales y prácticas breves en el Laboratorio de Estudios Bioambientales del CIHE, con los siguientes objetivos:

- Formar técnicos, constructores y profesionales interesados en las ventajas y limitaciones de la tecnología tradicional y moderna con empleo de tierra cruda, con el fin de aplicar dichos conocimientos de manera responsable en el proyecto y la construcción, empleando la tierra cruda en sus distintas técnicas.
- Brindar conocimientos sobre los condicionantes del diseño arquitectónico bioclimático y estructural de la construcción con tierra, y sus posibilidades de acuerdo con cada contexto ambiental y cultural.
- Capacitar sobre la identificación, las características físico-mecánicas y químicas, y la estabilización de suelos existentes para convertirlos en material constructivo apropiado según las distintas técnicas.
- Informar sobre los avances y la importancia del reconocimiento y la normalización de la construcción con tierra a nivel nacional e internacional.

SÍNTESIS DE TRABAJOS PRÁCTICOS REALIZADOS EN LOS CURSOS

Vivienda en el Delta del Paraná: El trabajo presentado por Alicia Coronel describe la zona bioclimática y el tipo de suelo en el Bajo Delta, zona muy húmeda al norte de la Provincia de Buenos Aires, Figura 2.

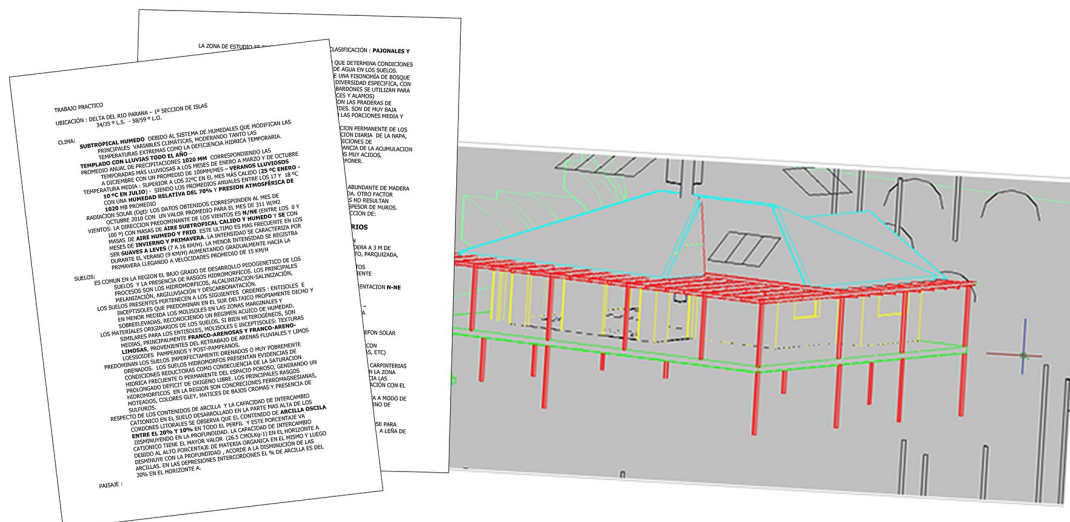


Figura 2. Imágenes del trabajo presentado por la Arq. Alicia Coronel

Debido a la presencia de abundantes precipitaciones estivales, alto porcentaje de humedad relativa, mayor permanencia de agua en los suelos y frecuentes inundaciones, se ejecuta una platea de hormigón armado sobre la que se asienta una estructura de madera elevada, sostén del plano sobre el que se levantan los muros de quinchá, técnica elegida por tratarse de una zona con abundante presencia de caña, madera y pajonales y por no ser necesario un gran espesor en muros.

La elevación de la vivienda y la baja densidad de los materiales favorecen la ventilación necesaria durante todo el año, especialmente en el estío, cuando la humedad y el calor hacen deseable el movimiento de aire. Los sectores principales cuentan con espacios semi-cubiertos al tiempo que una galería perimetral protege a los muros de la lluvia. La sustentabilidad del proyecto se completa con un techo liviano en el cual se ubican las instalaciones que aprovechan la oferta solar: el panel fotovoltaico y el colector solar.

Vivienda de adobe y quinchá: El trabajo presentado por Sebastián D'Andrea explica las características de la zona elegida, serrana semiárida de reducida sismicidad. Para el diseño de la vivienda se elige una edificación compacta y de superficie reducida por las ventajas que representa: ofrece mayor estabilidad frente a los sismos, ayuda a reducir las pérdidas de calor y el impacto de la amplitud térmica, permitiendo, además, un ahorro de energía, Figura 3.

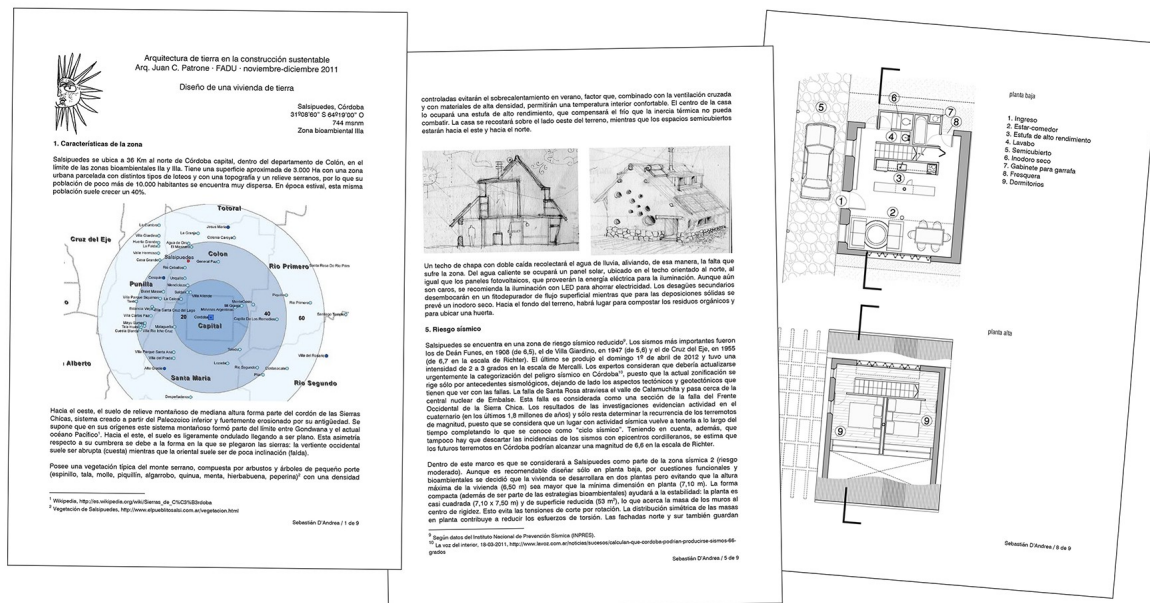


Figura 3. Trabajo presentado por el Arq. Sebastián D'Andrea.

Los espacios principales de la casa se orientan hacia el norte, buscando aprovechar el asoleamiento invernal y la iluminación natural. Por su desarrollo en dos plantas, se tuvo cuidado en que la altura máxima sea menor que la mínima dimensión en planta. En la planta superior se encuentran los dormitorios, contenidos en una estructura liviana e independiente de los gruesos muros exteriores, ejecutados con adobe y con una retícula de caña que ayuda a mantener su unidad en caso de temblor.

Los cimientos y sobre-cimientos se realizan con la piedra que abunda en la zona. Para los adobes se requiere agregar arcilla, ya que los suelos suelen ser mayormente de textura gruesa. La fibra para realizar los adobes *in situ* provendrá de los abundantes pastizales de la zona. Este enfoque sobre sustentabilidad se completa con la adopción de una cubierta metálica de estructura liviana y fuerte pendiente que recolectará el agua de lluvia y que alojará las instalaciones destinadas a aprovechar la oferta solar generando energía y agua caliente.

Vivienda de tapial en Chubut, Patagonia Argentina: El trabajo presentado por Alicia Di Fede diseña una vivienda emplazada en una zona templada-fría de reducida sismicidad, cercana a la Cordillera de los Andes. Desarrolla el partido en una tira simétrica de escasa altura y de una sola planta. Los espacios servidos se vuelcan hacia al norte mientras que los servicios se ubican hacia la orientación menos favorable, Figura 4.

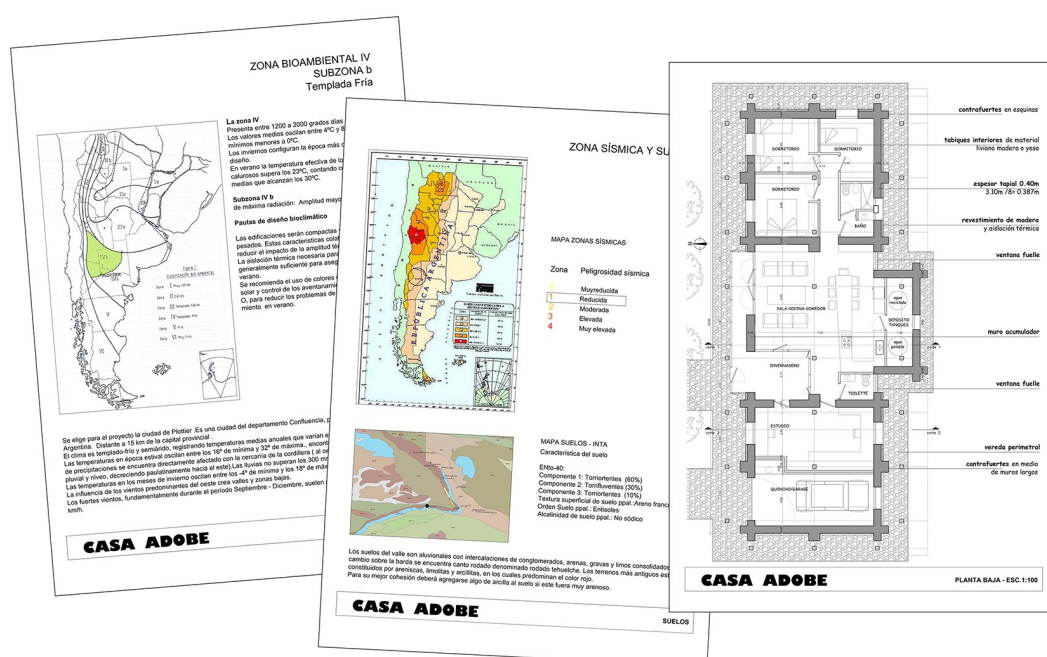


Figura 4. Trabajo de la Arq. Alicia Di Fede.

Las bases de hormigón pobre se asientan sobre un cimiento deslizante ejecutado con piedra del lugar (canto rodado o piedra bola). Al sobrecimiento realizado en el mismo material se le inserta un encadenado perimetral de madera sobre el cual se asientan los muros con contrafuertes ejecutados con técnica de tapial, gracias a lo cual se logran paramentos gruesos, de 40 cm. de espesor con mayor resistencia y mayor inercia térmica. Los muros perimetrales llevan un revestimiento exterior de madera con una aislación intermedia de lana de vidrio, que conjuntamente con la tapia tienen un espesor de 50cm. Recorre todo el perímetro un alero que protege del sol del estío y de las ocasionales precipitaciones.

Los muros interiores son livianos de madera y placas de yeso y la estructura del techo de madera es independiente descansando en puntales interiores y exteriores del mismo material, con un alero perimetral que permite resguardarse del sol del verano. Completa esta visión con una cubierta verde que se realiza con vegetación autóctona, ya adaptada al escaso régimen pluvial, cuyos eventuales excedentes serán recolectados y almacenados en un tanque exterior, buscando el máximo aprovechamiento del agua en un lugar donde esta no abunda.

Vivienda en BTC en la Pampa Húmeda: El trabajo de Guillermo Durán propone la construcción de una vivienda mínima en la Pampa Húmeda realizada con BTC y techo verde, Figura 5.



Figura 5. Trabajo presentado por el Arq. Guillermo Durán

Se trata de una zona que corresponde a la clasificación bioambiental IIIa según la Norma IRAM 11.603, templada, pero donde la aislación térmica tiene importancia y la ubicación de las aberturas debe regular el ingreso de la radiación solar.

Opta por muros gruesos revocados en ambas caras para aprovechar su inercia térmica y utilizar el retraso del flujo del calor a través del muro para el logro de mayor confort térmico de la vivienda, estos se apoyan sobre cimientos y sobre cimientos de hormigón. Se utiliza la tierra del lugar, que por sus proporciones de arcilla resulta ser la adecuada para fabricar los bloques *in situ*, abaratando, de esta manera, los costos de obra. La cubierta abovedada se construye con madera y una capa de ramas con revoque interior de barro y sobre ésta se aplican capas alternadas de barro y paja como aislante térmico, una capa de aislación hidrófuga y una capa final constituida por panes de pasto del lugar.

Termina de definir el foco sobre la sustentabilidad la adopción de un sistema de recolección del agua de lluvia para riego de la huerta y la construcción de un fito-depurador en un nivel inferior a la vivienda aprovechando la gravedad para la circulación de fluidos, para el tratamiento de aguas grises y negras, reutilización secundaria en la instalación sanitaria y producción final de compost.

Vivienda en quincha en clima cálido-húmedo: El trabajo de Pablo Mascaró elige una zona bioclimática muy húmeda y lluviosa, próxima a la frontera con Paraguay. Justifica, entonces, la elección de la quincha como sistema constructivo, Figura 6.

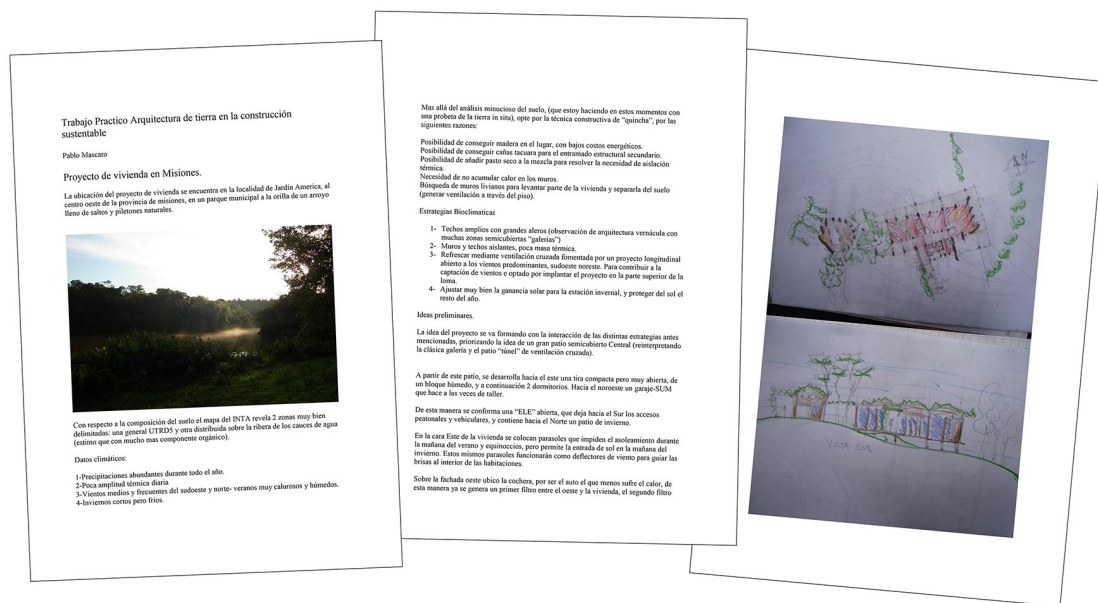


Figura 6. Presentación del Arq. Pablo Mascaró.

Atendiendo a las características climáticas del lugar, con temperaturas que no requieren gran masa térmica y sí un refrescamiento a través de las brisas, y de los recursos disponibles (madera, caña y fibra proveniente del pasto seco), su estrategia bioclimática ubica a la vivienda en el punto más alto del predio para lograr la mejor captación de brisas.

Constructivamente, el planteo es de estructura portante de postes de madera, moduladas cada 1.50 m, cruzadas con traversas del mismo material generando las paredes de quincha. Se plantea la construcción del techo de domo-caña modulado en una primera etapa para proteger de esta manera a la construcción de las paredes en esta zona de lluvias frecuentes. Luego, partiendo de un patio semi-cubierto, despliega una tira permeable donde se ubica el programa, que se enfrenta a los vientos predominantes y se separa del suelo para asegurar ventilación cruzada y a través del piso. Las zonas semi-cubiertas y los aleros ocupan generoso espacio que, además de regular la entrada del sol, configuran una respuesta y comprensión adecuada de los conceptos de sustentabilidad dictados en el curso.

CONCLUSIONES

El proceso que lleva realizado el gCT en el CIHE a lo largo de estos años de I+D, permite comprobar la relevancia de las actividades de formación, transferencia de conocimientos y difusión, al acrecentar la formación de recursos humanos en el marco de la sustentabilidad.

En la estrategia didáctica de los cursos, donde participan técnicos y profesionales vinculados o especializados en las disciplinas del hábitat, arquitectura, urbanismo, paisaje, diseño, planeamiento, ingenierías y otras disciplinas del ambiente, es válido considerar un panorama holístico de la temática a través de la caracterización de diferentes dimensiones y alcances de la construcción con tierra y brindar mayor profundidad de conocimientos técnico-científicos para la comprensión acabada de la arquitectura sustentable.

Facultar las herramientas necesarias para el logro de confort ambiental con estrategias y tecnologías apropiadas, procurando soluciones de equilibrio con la naturaleza y el clima para la obtención del mayor ahorro energético y la menor emisión de gases de efecto invernadero.

Tanto las charlas y talleres realizados como la asistencia brindada a grupos informales han permitido difundir conocimientos académicos en ámbitos donde no es usual que éste llegue. Con esta participación se aporta a la formación de mano de obra con capacidad técnica para responder a la nueva arquitectura enfocada en el marco de la sustentabilidad.

Es en el ámbito de la educación no convencional, con nuevas pedagogías que atienden a la naturaleza, al hombre y al respeto mutuo que se deben, donde la difusión de tecnologías de tierra cruda acrecienta la comprensión del desarrollo sustentable para las futuras generaciones.

El desarrollo de las tecnologías de tierra en la arquitectura sustentable va recuperando el prestigio cedido ante el avance de los sistemas industrializados y de alta demanda energética, revalorizando técnicas sencillas, económicas y de bajo impacto ambiental, abriendo un espacio donde su reconocimiento se encuentra en crecimiento.

RECONOCIMIENTOS

A los alumnos Arqtos. Alicia Coronel, Sebastián D'Andrea, Alicia Di Fede, Guillermo Durán y Pablo Mascaró, por su dedicación y aporte personal, y al Programa de Trabajo 'Arquitectura para un Futuro Sustentable', de la Unión Internacional de Arquitectos, Región 3 Las Américas, UIA-R3-AFS, por su aval al desarrollo de la temática.

El trabajo se inscribe en el marco del Proyecto de Investigación con sede en el CIHE, UBACYT 201120100100598 'Sustentabilidad en el hábitat construido. La contribución de la eficiencia energética y el uso de las energías renovables en la transformación de la matriz energética', con financiación de la SECYT-UBA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Evans, J. M. y de Schiller, S. (1985). *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar*, EUDEBA, Ediciones Previas, Buenos Aires.
- Olgyay, V. (1963) *Arquitectura y Clima*, Editorial Gustavo Gili.
- Minke, G. (2001). *Manual de Construcción en Tierra*. Nordan Comunidad, Montevideo.
- Patrone, J. C, Evans, J. M. y de Shiller,S (2006) *Evaluación térmica de una vivienda de suelo cemento comparada con simulaciones digitales*, en V Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra, Mendoza. p. 84-85.
- Patrone, J. C, Rotondaro, R. y Alvarez, L. (2009). *Formación de Recursos Humanos en Construcción con Tierra* en VIII Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra, Tucumán. p. 194-195.
- Patrone, J.C y Cabezón M. (2004). *Diseño y Construcción de un Prototipo de Vivienda de Interés Social*, en III Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra, Tucumán. p. 355-362.
- Patrone, J. C., Evans, J. M., Espuna Mújica, J. A., Roux Gutiérrez, R., y García Izaguirre, V. M. (2009). *Comportamiento Térmico de Viviendas de Suelo Cemento Compactado en dos Climas Distintos* en VIII Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra, Tucumán. p. 92-93.

SECCION 3

PATRIMONIO



**REHABILITACION CASONA VIÑEDOS TERRA NOBLE, POST SISMO 27 F 2010
REGION DEL MAULE, CHILE**

Hugo Pereira Gigogne y Diego Pereira Escobar

RESUMEN.

Durante la madrugada del 27 de Febrero de 2010, un fuerte sismo 8.8 ° Richter azotó la Región Central de Chile, afectando importante patrimonio en tierra que data con algunas construcciones del siglo XVII. Una inadecuada y escasa mantención junto a alteraciones del sistema estructural, produjeron importantes daños y, en la urgencia post-sismo, se derribaron importantes edificaciones patrimoniales, debido en parte a actores incompetentes y sin los adecuados diagnósticos estructurales. El caso de la casona de adobe que motiva este trabajo, de relativo valor patrimonial al no ser un patrimonio registrado, distante tan solo unos 100 Km del epicentro del sismo, es un ejemplo de daño moderado. Aun así, los propietarios evaluaron la factibilidad de demoler las instalaciones dañadas en vista del estado deplorable en que quedó el edificio luego del sismo, presentando desprendimientos de revoques, algunos agrietamientos parciales esquineros de muros sin desaplomes de los mismos y daños de cubierta. Los criterios técnicos de refuerzos constructivo-estructurales, se originan en la transferencia tecnológica a Chile de experiencias proveniente de otros ámbitos iberoamericanos como Perú y Colombia, mediante el empleo de mallas metálicas. Un referente importante fue el ‘Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada’, de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica junto a la Presidencia de la República de ese país. Se tomó especial cuidado en la aplicación de mallas plásticas finas con empastados adecuados, con el propósito de prevenir micro-fisuraciones posteriores de los muros de adobe. Funcionando como instalaciones administrativas de manera inadecuada, se aprovechó la posibilidad de re-funcionalizar estas dependencias. Se realizó una labor de eliminación de recintos ampliados en forma inorgánica, tales como servicios higiénicos, bodegas y pequeñas oficinas, especialmente en el patio interior, con el propósito de mejorar los niveles de iluminación y ventilación natural y aportes de calor con criterios de diseño sustentable. Se generaron dos patios interiores con destinos diferentes, potenciando un recinto clave, la sala de cata de vinos. Al mismo tiempo, se aplicaron criterios de diseño estructural para adobe en la reconstitución parcial de muros, cerramientos y aberturas de vanos. Este es el típico caso de una estructura de adobe rescatada de la destrucción innecesaria, que se ha comportado positivamente durante eventos de réplicas sísmicas posteriores al mega-sismo del 27 febrero de 2010, algunas de ellas alcanzando los 6 °y 7 ° Richter, mostrando la factibilidad de recuperación constructiva de edificaciones construidas con tierra a través de un adecuado aporte técnico.

Palabras clave: Adobe, Arquitectura vernácula, Patrimonio, Refuerzos constructivo-estructurales, sismo.

Ubicación: Viñedos Terra Noble, Geo referencia: 35,53 Lat. S., 71,48 Long W.

EL GRAN TERREMOTO DEL 27 DE FEBRERO DE 2010.

La madrugada del sábado 27 de febrero de 2010, a las 3:34 a.m., se presentó uno de los mayores sismos registrados científicamente en la historia de Chile. El hipocentro se ubicó a 35 ° 91' de Latitud Sur y 72° 73' de Longitud Oeste, a 30,1 Km de profundidad bajo el océano (Servicio Sismológico de Chile), alcanzando una magnitud de 8.8 Mw (Magnitud de momento) y desencadenando un tsunami de desastrosas consecuencias en las zonas costeras, Figura 1. El Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico generó, pocos minutos después del terremoto, una alerta de tsunami para el Océano Pacífico, que se extendió posteriormente a 53 países ubicados a lo largo de gran parte de su cuenca, llegando a Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Antártida, Nueva Zelanda, Polinesia Francesa y las costas de Hawai. Tuvo una duración entre 3,25 y 6 minutos, y fue percibido en ciudades tan lejanas como Buenos Aires y Sao Paulo.

Se trató del segundo sismo más devastador luego del sismo de Valdivia en 1960, siendo este último el primero en intensidad registrado mediante sismógrafos, encontrándose entre los seis mayores sismos registraos en la humanidad. La energía liberada durante este sismo, equivale a cien mil bombas atómicas similares a la de Hiroshima, produciendo alteraciones geográficas y del eje de rotación terrestre. También afectó parte importante de la Región Central de Chile, área más densa y antiguamente poblada y con la mayor proporción de patrimonio de edificios de tierra. Además de las pérdidas de vidas humanas, que alcanzó a más de 500, se estima que medio millón de viviendas quedaron severamente dañadas. Incontable patrimonio de tierra presentó colapso total, parcial o daños severos.

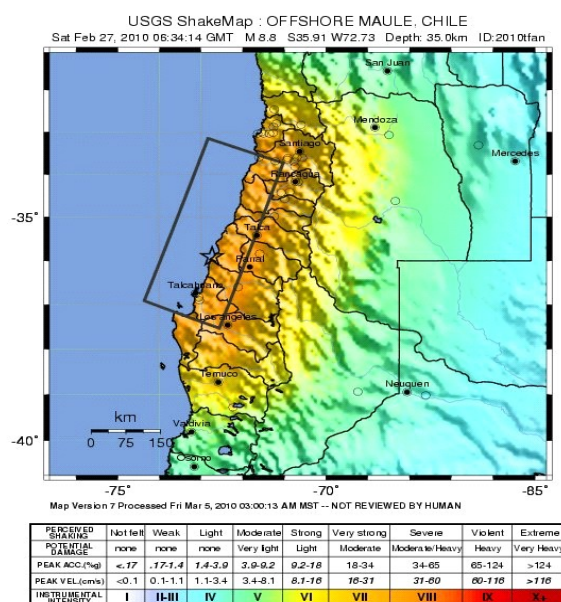


Figura 1. Imagen cartográfica de la zona afectada por el sismo con identificación de intensidad y el rectángulo diagonal identifica la zona de ruptura. Fuente USGS.

ESTADO DE LA EDIFICACION.

El caso que se presenta es una vivienda de albañilería de adobe de una antigüedad estimada entre 60 y 70 años, con escasa mantención, especialmente de la cubierta, con infiltración de aguas lluvias y diversos agrietamientos. Algunos de ellos, con desprendimientos parciales de revoques originados por el sismo en cuestión.

La estructura de esta vivienda había sido alterada con pequeñas modificaciones, especialmente originadas al introducir sistemas de red eléctrica, corrientes débiles, entre otras y, si bien estos socavamientos parciales no constituían un peligro en sí mismos, fueron vistos desde un punto de vista general.

DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL.

Después del sismo, un ingeniero local realizó un diagnóstico estructural, recomendando recuperar la estructura de madera de cubierta y reforzar las esquinas, cuyas conclusiones apuntaban a lo siguiente:

- Reparación de la cubierta y envigados de madera en estado de pudrición.
- Reparación de grietas generadas a partir del sismo.
- Reforzamiento de algunas esquinas que presentaron rotura de la trabazón de las albañilerías de adobe. Para ello, recomendó aplicar la solución del ‘Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada’ de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica y la Presidencia de la República, red de solidaridad social del eje cafetero, (Capítulo 5, págs 7-12), la cual consistía en el reforzamiento mediante mallas metálicas ‘con vena’ amarradas con alambrcn de Fi de 8 mm aplicadas en encuentros dañados.

PROYECTO DE REFUNCIONALIZACION.

La edificación había sufrido durante el transcurso del tiempo, un crecimiento inorgánico producto de la necesidad de adaptar la función de oficinas administrativas al diseño original de vivienda. Es así como oficinas funcionaban en recintos originalmente concebidos como dormitorios, bodegas en recintos destinados a baños entre otras disconformidades.

La administración de estos viñedos requirió de una estimación económica del costo de restauración, con el propósito de tomar la decisión de demoler y construir una nueva edificación o restaurar la existente. Una vez elaborado el presupuesto de reparaciones la gerencia optó por reparar versus edificar una nueva infraestructura, fundamentalmente por razones de costos.

Un factor que se consideró es que se requería re-funcionalizar esta área administrativa de la viña de forma de mejorar las relaciones entre áreas y recintos. También influyó positivamente en la decisión de mantener la casona, el recoger la imagen la edificación de adoe, debido a su reconocido arraigo en el contexto rural como un factor de identidad, Figura 2.

PROPUESTA DE RESTAURACION.

Se recibió el programa detallado planteado por la administración, y se analizó la casona a restaurar y sus condiciones estructurales determinantes. Entre éstas se consideró reconstituir algunos segmentos de muros eliminados de la estructura original, con el objetivo de mejorar el desempeño sísmico al recuperar masa.

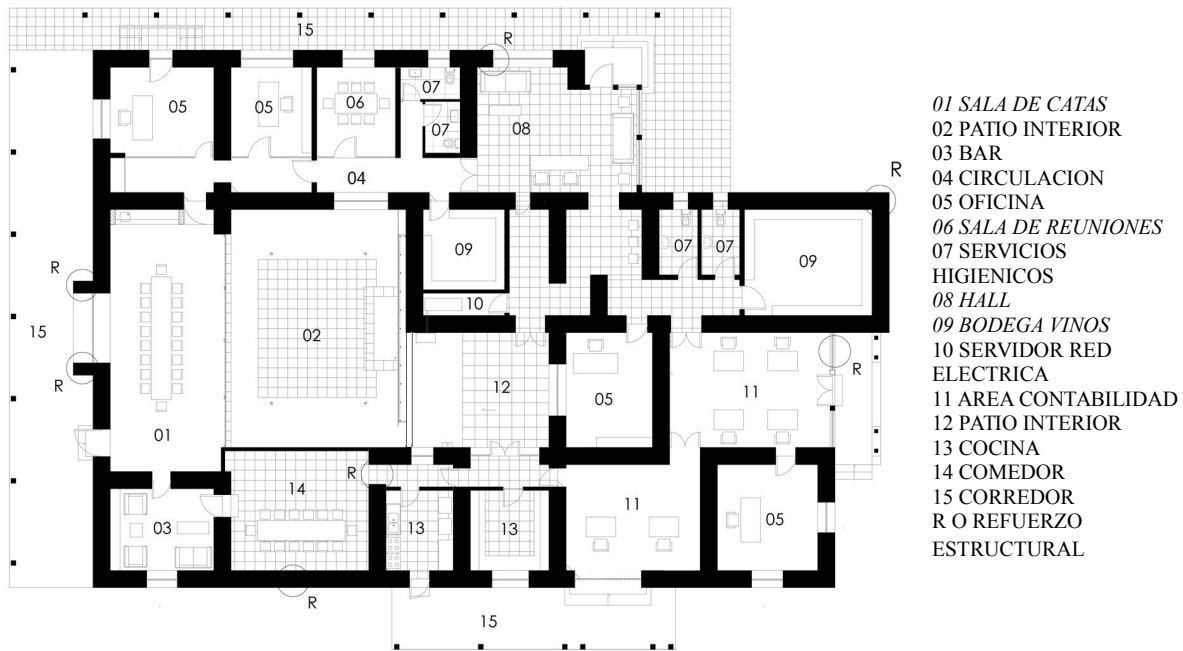


Figura 2. Planta general

También se tuvo en cuenta el mejoramiento de las condiciones ambientales y de eficiencia energética. Las principales consideraciones en este sentido fueron:

- **Constitución de un patio interior** que permitiera mejorar la iluminación y ventilación natural, así como la humidificación de los recintos.
- **Configuración de un corredor en la fachada norte** que permitiera evitar el sobrecalentamiento de los muros en período estival y protegiera el adobe del efecto degradante de la lluvia, Figura 3.
- **Aumentar la superficie vidriada** de forma de aumentar el nivel de iluminación natural, ampliando las fenestraciones en sentido vertical, a fin de no restar estructura portante al adobe.

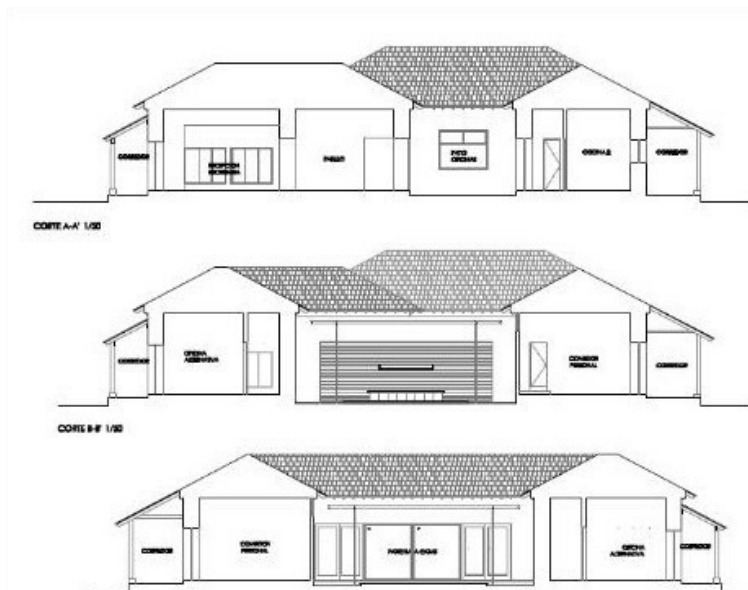


Figura 3. Cortes y Vista de corredores orientados al Norte y Poniente y nuevo patio interior, con pérgola y pileta de agua.

En cuanto al partido general, se trató de diferenciar sectores de oficinas de gerencia, espacios administrativos y de servicios internos e identificación y autonomía de la sala de catas. Esta última, por constituir una pieza clave en la clasificación de los mostos, requería ciertas condiciones especiales de aislación visual, Figura 2, con la sala centrada en el sector izquierdo de la imagen con gran mesa. Al mismo tiempo, el cliente solicitó una conexión visual hacia el jardín al poniente. Esta fue la única intervención en que se restó estructura de adobe y se reconstruyó considerando el máximo distanciamiento a la esquina y de un tamaño tal que no comprometiera la estructura de adobe, Figura 4.

SOLUCIONES TECNOLOGICAS.

Se procedió a liberar la edificación de adobe de todos aquellos elementos y/o recintos contruidos posteriormente con materiales diversos. Se adaptó la solución de mallas ‘con vena’ del manual colombiano señalado en el punto 3, a la realidad sísmica nacional y, luego de consultar la opinión de varios ingenieros calculistas chilenos, se escogió utilizar malla metálica electro-soldada tipo ACMA C 92 (2,6X 5 m) de abertura de 150-150 mm. Esta debe retornar 50 cm. en las esquinas del muro, tanto interior como exteriormente.



Figura 4. *Ventana abierta a corredor y jardín poniente conectando sala de catas*



Figura 5. *Vista de reforzamiento esquina sur-oriente mediante malla metálica electro-soldada.*



Figura 6. *Aplicación malla de fibra de vidrio con Propasta E.*

Estas se deben amarrar con alambón N° 8 tipo INCHALAM de 4,17 mm de espesor en una disposición variable. Se inyectó en perforación mezcla en estado plástico de cal-tierra en proporción 1:2 de forma de asegurar inmovilidad de alambón. Luego, se procedió a revocar área despejada en capas sucesivas de mortero de cemento-arena en dosificación 1:3. El área reforzada se estucó por ambas caras con revoque de cemento-arena en proporción 1:3 a grano perdido. En el exterior de los muros se aplicó un revoque de suelo estabilizado preparado con agua de amasado compuesta por cola de carpintero, cal, leche entera y agua, en proporción 1:2:3:4., Figura 5. Una vez seco este estuco, se colocó una malla de fibra de vidrio embebida en Propasta E en espesor de 3mm. La Propasta E es un mortero adhesivo, elastomérico e impermeabilizante cuya mezcla está basada en copolímeros acrílicos altamente elásticos y resistentes a la alcalinidad. La granulometría es una cuidadosa mezcla de arenas puras totalmente lavadas de sales. Esta solución permite evitar posibles fisuraciones del muro y su consecuente degradación por efectos de las aguas lluvias. A su vez, se aplicó una mano de Propasta E en toda la superficie del muro exterior. Luego la superficie se pintó con pintura Full print de color similar al muro existente, Figura 6.

Por el interior de los muros se consideró la reparación de áreas agrietadas con enlucido de yeso, luego empastado y pintado de todos los muros interiores de la casona con pintura al agua de poro abierto.

CONCLUSIONES.

Existe una enorme cantidad de edificios de tierra de carácter patrimonial que prestan funciones institucionales e industriales en áreas rurales de Chile. Esto se verifica especialmente en el sector vitivinícola, como es el caso presentado en ésta ocasión. Aparte de sus atributos de valor cultural, estos representan un consistente valor económico. Por lo anterior es recomendable una acertada evaluación estructural y recuperación luego de un sismo. El desconocimiento acerca de las fragilidades del material tierra, explica una mantención insuficiente del edificio. Esto fue especialmente notorio en el precario estado de la cubierta, expresado a través de piezas de madera de estructura de cubierta en mal estado y deterioro de las tejas de cemento micro-vibradas.

La escasa capacitación técnica acerca de las condiciones estructurales de las construcciones de tierra, condujo a intervenciones inadecuadas el edificio a través del tiempo. Ello se expresa en las micro-intervenciones de socavamiento parcial de los muros de tierra, verificado en varios puntos del edificio, realzado en algunos casos para lograr efectos de instalaciones de redes y ampliaciones de vanos. El buen comportamiento del edificio se explica, en parte, por el sobre-cimiento de albañilería de piedra e hilada de ladrillo cocido, que permitió aislar y proteger los muros de tierra del negativo efecto de la humedad por capilaridad a lo largo de los años.

El caso presentado en este trabajo es demostrativo de tareas de rescate de una estructura de adobe que se ha comportado positivamente en posteriores réplicas sísmicas, mostrando la factibilidad de recuperación constructiva de edificaciones construidas con tierra a través de un adecuado y oportuno aporte técnico en el marco de la sustentabilidad del patrimonio edificado. En este sentido, cobra gran importancia la transferencia de conocimientos en el ámbito de la tecnología de construcción en tierra.. Programas como el CYTED de la década de los noventa o la red PROTERRA tienen una importancia capital, a la hora de enfrentar adecuadamente proyectos de ésta naturaleza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- A.I.S. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Presidencia de la República *Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada*, Bogotá.
- Cavagnaro C., L. (2004). *El Tapial: técnica constructiva en base a tierra apisonada*. Seminario 5 ° año, Prof. Guía Luis Goldsack , Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile.
- Craterre, Doat. P., Hays, A., Houben, H., Matuk, S., Vitoux, F. (1996). *Construir con Tierra*, Fondo rotatorio Editorial 2 da. edic. , Bogotá.
- Merril, A. F. (1949). *Casas de tierra apisonada y suelo-cemento*, Traducción Arqto. Moia , José Luis . Edit. Windsor, Buenos Aires. Original en inglés *The rammed earth house*, Harper & Brothers Publishers
- Minke, G. (1994) *Manual de construcción en tierra*, Edit. Norman Comunidad, Montevideo.

TIERRA EN LA TRADICIÓN CONSTRUCTIVA PARAGUAYA

Silvio Ríos Cabrera

RESUMEN.

El trabajo realiza una revisión de las técnicas constructivas utilizadas en el área rural del Paraguay desde el período colonial a nuestros días, buscando establecer las razones por las que en algunas regiones se observan principalmente construcciones con técnicas mixtas, conocidas en el país como “estaqueo” y otras donde se encuentran mas a menudo construcciones con adobes. Se busca así establecer un mapeo del las técnicas utilizadas en el país y relacionar la técnica del estaqueo a una herencia de la cultura Guaraní, mientras que en el caso de las construcciones jesuíticas o españolas se observa el uso del adobe. Finaliza el trabajo informando sobre una tercera técnica constructiva, propia del Chaco, que recurre a la paja embarrada. La tierra tiene una tradición aún viva en el Paraguay, tradición esta continuada a partir de investigación y experiencias desde el ámbito de las universidades a partir de la década de los '80 del siglo pasado.

Palabras clave: construcción con tierra, adobes, técnicas mixtas o “estaqueo”, tapial, paja embarrada.

INTRODUCCIÓN.

Las viviendas tradicionales de los Guaraní eran construidas en base a madera dura, bambú (tacuara) y hojas de palma y paja para el techo, asumiendo la forma de una tienda de campaña conforme Rengger (Rengger 1824). Eran conocidas como casas largas o viviendas techo-pared y en idioma guaraní el “Oga Guasú” o “casa grande”. Estas viviendas eran colectivas y alojaban a un gran numero de familias, teniendo cada familia un fuego para cocción de alimentos en el interior de la misma. Sin embargo, para otro tipo de actividades, conforme Susnik era usual que se construyan albergues transitorios, que en su caso eran de una escala adecuada para una familia (Susnik, 2011).

Observando hoy las viviendas Guaraní, de los tres grupos que habitan la región Oriental del Paraguay, (Mbya, Pai Tavytera y Ava Guaraní) encontramos que los mismos habitan viviendas individuales y que la tierra, como “técnica mixta”, forma parte de sus estrategias de protección del espacio de habitación, especialmente en el invierno.



Figura 1. Vivienda Mbya Guaraní con muros del tipo “estaqueo”



Figura 2. Vivienda rural en la zona del Guairá, se observa la estructura de soporte del techo.

Como antecedente del uso de estas técnicas mixtas en la América precolombina, se puede tomar como referencia, la denominada “Joya de Cerén” en El Salvador, en Centroamérica. Este es un conjunto de construcciones con técnicas allá denominadas “bahareque” y siendo un hallazgo arqueológico datado hacia el año 650 d.C, muestra que en América dichas técnicas mixtas eran ya utilizadas en el período precolombino.

Asimismo también, la técnica de construcción con adobes es precolombina a partir de los vestigios de la ciudad de Chan Chan en el Perú (850 d.C.), aunque no parece ser una técnica utilizada en el área de selva, en forma previa a la presencia de los españoles.

ENTRE EL ESTAQUEO Y LOS ADOBES EN EL ÁREA RURAL DE LA REGIÓN ORIENTAL

En la etapa colonial, en referencia al territorio que hoy ocupa el Paraguay, la región cercana a Asunción fue de hecho el área de desarrollo de los poblados permanentes, por lo general las denominadas “tavas”. Estas tenían por objeto invitar a los Guaraní monteses a que abandonen su forma de vida tradicional y se integren a comunidades donde interactuaban con los encomenderos y con los sacerdotes franciscanos, mientras iban desarrollando oficios que se transformaban en productos que tenían un mercado regional, basado en el transporte fluvial la mayoría de las veces. En las construcciones coloniales del área urbana y rural, prevaleció en el país la técnica propia de los Guaraní, de construir primero el techo sobre horcones de madera. El cierre se construía luego por medio de cerramientos no portantes, ya sean estos de adobe o estaqueo (nombre equivalente a “bahareque” en el Paraguay).

Aún cuando en el área urbana muchas de las construcciones recurren a adobes y la tapia, no disponemos de datos para corroborar en que momento los mismos empiezan a ser utilizados, es probable sin embargo que hayan sido aporte de los españoles. A nivel rural las denominadas “técnicas mixtas” son hoy incluso utilizadas en el centro de la región Oriental y conocidas como construcciones con “estaqueo” (la técnica mixta se basa en un entramado de madera revocado posteriormente con tierra). Los departamentos del Guairá, parte de Paraguari, Cordilleras y Central presentan un gran número de ejemplos de construcciones con estas técnicas, sobre las que proponemos algunos ejemplos, donde un rancho por lo general permite observar la estructura de madera, con techo de paja y los muros de cierre, como observamos en las fotos a continuación.

Esto corresponde a la región donde se daban las “encomiendas”, o sea servicios obligatorios de trabajo con el español durante el período de la conquista, por un lapso de hasta seis meses al año. Los indígenas que cumplían con esa imposición, debían construir sus viviendas provisorias, para habitar unos 6 meses al año en el área cercana a la vivienda del “encomendero” y probablemente recurrían a construcciones similares a los hoy denominados “ranchos”.

El rancho relevado por Azara hacia 1784 estaba construido con la técnica del “estaqueo”, también conocido como “palo a pique” en algunos escritos de la época para el caso de empalizadas. Según se observa en el plano, se recurre a troncos hincados al piso, sobre los que se realiza el revoque de tierra. En el mapa que se encuentra a continuación, referimos esta región como “zona de encomiendas”.



Figura 3. Detalle de vivienda con techo de tablillas y el "estaqueo" a la vista



Figura 4. Mapa. Uso de la tierra en el área rural de la región Oriental del Paraguay. Corresponde a la herencia Guaraní y Jesuítica

La foto corresponde a un rancho del departamento del Guairá, siendo el mismo prácticamente una réplica del rancho relevado por Azara, donde el alero es continuo gracias a la forma curva de las "culatas" o cuartos pudiendo de esta forma proteger el "estaqueo", del que sólo se observa un sector remanente de la tierra. El área de acción jesuítica se ubicaba al sur del río Tebicuary. En esta región, al estudiar técnicas constructivas, se observa el uso de adobes, lo cual tiene sentido, en cuanto a que esta técnica era apropiada para el tipo de construcción realizado en las reducciones con el apoyo técnico de los religiosos.

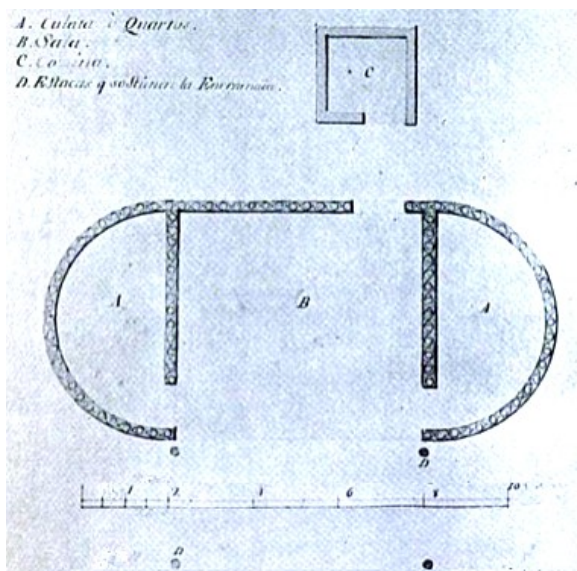


Figura 5. Relevamiento de un "rancho" por parte de Azara (1784). Ver Bibliografía 1 y 2

Figura 6. Vivienda rural en el Guairá (1982) donde aún se aprecia parte de la tierra del estaqueo

En la imagen (Figura 6) se observa una vivienda en Caapucú, unos kilómetros al norte del Tebicuary, donde tiene en la fachada lateral un muro con revestido tipo "cáscara" de ladrillos, lo que indica que el mismo protege el muro de adobes subyacente

La siguiente imagen (Figura 7), también en Caapucú, muestra una construcción cuyos revoques caídos permiten observar los adobes. Se trata evidentemente de una construcción a la que por razones vinculadas al cercano paso de la ruta, se le ha eliminado la galería del frente, motivo por el cual, el muro de adobes revocados, ha quedado a la intemperie y se ha ido deteriorando. Asimismo, varios poblados ubicados al sur del río Tebicuary (que marcaba la frontera entre la zona de las encomiendas y el área misionera jesuítica) se caracterizan por la construcción de “reducciones” recurriendo para ello al uso de adobes como técnica constructiva como es el caso de los poblados jesuíticos de San Ignacio, Santa María y Santa Rosa. La influencia de esta técnica se observa asimismo hoy en el caso de Quiindy y Caapucú, ubicados al norte de esta “frontera” tradicional.



Figura 7. Vivienda en Caapucú donde un área sin protección de aleros, es defendida por una cáscara exterior de ladrillos



Figura 8. Esta vivienda en Caapucú muestra el proceso de deterioro ocasionado por la eliminación de la galería por el paso de la ruta.

En el caso de la arquitectura religiosa se observa también el uso de la tapia o tapial como técnica constructiva. Es el caso de los talleres de la Iglesia de San Ignacio Guasú que aún se conservan en buen estado, se observa la construcción de muros de tipo tapia o tapial (tierra apisonada), técnica que en principio ha desaparecido hoy en el país. Esta técnica fue utilizada para la construcción de muros en iglesias, no solo en San Ignacio, (Figuras 8 y 9) sino también probablemente en Yaguarón (Dto. Central) o en San Joaquín (Dto. de Caaguasú).



Figura 9. Muros de tapia en San Ignacio Guasú



Figura 10. Detalle del muro tipo tapia

CAMBIOS TECNOLÓGICOS POR AGOTAMIENTO DE RECURSOS

Al realizar relevamientos de viviendas campesinas en la zona de Piribebuy en los años 80, se encontró un caso donde es posible observar el proceso de transformación de las técnicas constructivas tradicionales, basadas como indicáramos antes, en construir primero el techo sobre horcones de madera, para luego producir adobes o armar la estructura del estaqueo y así construir los muros perimetrales de la habitación, como de simple cerramiento. En el caso que se cita, la transformación resulta de las dificultades para conseguir horcones del porte necesario para soportar el techo, por lo que el mismo fue asentado inicialmente sobre cuatro ramas provisionarias, sin atención a los detalles normalmente considerados al construir un horcón. Conforme nos indicara el propietario, una vez que los muros de adobe fueran levantados, pensaba el en hacer descansar el techo sobre los mismos. Una forma constructiva cercana a esta es utilizada en Bolivia por ejemplo, donde los muros de tierra cruda son portantes y se recurre a la distribución de las cargas, evitando la concentración de las mismas, como es usual en las técnicas que las dirigen hacia vigas y las transfieren luego a horcones, pero es necesario volver a insistir que era un real cambio de tecnología al transformar muros tradicionalmente de simple cierre, en muros portantes. Si observamos las construcciones Mbya Guaraní actuales, muchas de las técnicas han dado lugar a la inserción de nuevos materiales, muchos de ellos extraños a la tradición, pero hoy disponibles por su bajo costo o por otras razones, como es el caso del agotamiento de recursos por la deforestación, con lo que se insertan en las aldeas cambiando la imagen.

LA PAJA EMBARRADA DE LA REGIÓN OCCIDENTAL.

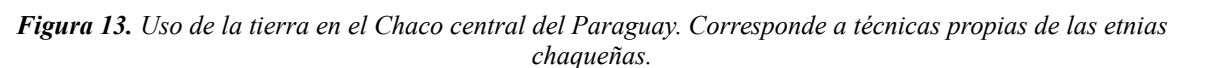
En el caso del Chaco o región Occidental, se observa el uso de la paja embarrada tanto en el caso de algunas edificaciones de uso militar, como es el caso de Isla Poí (construcciones que datan de los años '30 del siglo pasado), donde se recurre a la paja embarrada, dispuesta en mazos sobre hilos horizontales, en este caso de tipo alambre. Con esta técnica se conforman dos caras en base a los plomos exteriores de las guías de tipo postes u horcones, quedando un vacío entre ambas caras, donde en algún caso se incorporaba carbón como material aislante.



Figura 11. Pared realizada de paja embarrada en Isla Poí



Figura 12. Vivienda Nivaclé en el Chaco central



Existe de hecho un patrimonio en tierra muy importante, tanto en áreas urbanas como rurales del país, habiendo sido esta técnica utilizada para viviendas y otros tipos de construcciones hasta mediados del siglo XIX, que es cuando Carlos A. López en un plan de “modernización” del país promueve el uso del ladrillo, el cual va ganando espacio a partir de esa época.

En muchas áreas de la región Oriental existe aún una tradición de construir con tierra, pero en un país con muy fuertes lluvias, el ladrillo cerámico, por su resistencia a la intemperie se ha posicionado como una señal de durabilidad y estatus económico para muchas familias que, al acceder a mayores recursos, buscan construir su vivienda de “material” (cerámico).

Desde los años 80 del siglo XX, las técnicas en tierra han sido revalorizadas con miras a desarrollar planes de mejoramiento de la salud y el hábitat en el hábitat rural, siendo estos aportes muy importantes en un país que a pesar de las transformaciones que experimenta, sigue teniendo mas del 30% de su población viviendo en el área rural. La incorporación del suelo-cemento como argamasa y material para la construcción con diversas técnicas es uno de los desarrollos que han ocurrido en estos 30 años de actividad e investigación en este campo.

BIBLIOGRAFÍA.

- Azara, Félix de, “Geografía Física y Esférica de las Provincias del Paraguay y Misiones Guaraníes”, manuscrito que se encuentra en la Biblioteca Nacional de Montevideo, editado por R. Schuller, Montevideo, 1904.
- Gutiérrez, Ramón, “Historia de la Arquitectura del Paraguay 1537-1911”, Municipalidad de Asunción, año 2010, pag. 183.
- Rengger, Johann R., Reise nach Paraguay inden Jahren 1818 bis 1826, Verlag H.R. Saverlaender, Aarau, 1835, cortesía del Sr. Oscar Ferreiro, citado en la publicación “La Culata Yovai”.
- Rengger, J.R. , Viaje al Paraguay en los años 1818 a 1826, Ed. Tiempo de Historia, Asunción, 2010, 358 p., ISBN 987-99967-609-2-1
- Ríos, S., González M.G. y Gill E., Arquitectura + Patrimonio en Tierra del Paraguay, Serie Cuadernos N°3, FADA UNA, 2009
- Susnik, Branca, El rol de los indígenas en la formación y en la vivencia del Paraguay, Ed. Intercontinental, Asunción, 2011, 412 p., ISBN 978-99967-25-13-5

INICIATIVAS DE INTERVENCIÓN EN EDIFICACIONES PATRIMONIALES CON TIERRA EN LA PROVINCIA DE IMBABURA, ECUADOR

Patricio Galarza Dávila

RESUMEN

El sistema constructivo a base de tierra es predominante en las edificaciones patrimoniales, la provincia de Imbabura no es la excepción y gran parte del patrimonio edificado corresponde a esta tipología constructiva. El rescatar y conservar el patrimonio es uno de los lineamientos del actual gobierno ecuatoriano y está enmarcado dentro de las políticas del Estado, sin embargo debido a la inexistencia de una normativa básica, conlleva a que muchas de esas intervenciones en este tipo de bienes inmuebles patrimoniales sean realizadas de una manera empírica, sin la utilización de una guía consistente en normas básicas a ser aplicadas por los involucrados (propietarios, GADs, INPC y otros) con la finalidad de realizar intervenciones técnicas apropiadas.

Palabras Clave: Patrimonio edificado, normas, intervención.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo identifica la necesidad de desarrollar normas básicas a ser aplicadas en intervenciones en edificaciones patrimoniales a base de tierra en la Provincia de Imbabura, considerando que las mismas deben ser realizadas con la guía de un manual de intervención con sólido conocimiento técnico para preservar el patrimonio existente. A su vez, los entes reguladores y ejecutores de dichas intervenciones necesitan contar con un instrumento técnico de consulta y apoyo sobre las técnicas utilizadas originalmente a base de tierra así como las técnicas actuales de restauración en edificios patrimoniales, para que las mismas sean realizadas adecuadamente en beneficio de su subsistencia, con correcto mantenimiento y operación. El sistema constructivo a base de tierra es predominante en las edificaciones patrimoniales, la Provincia de Imbabura no es la excepción y gran parte de su patrimonio edificado corresponde a esta tipología constructiva. Rescatar y conservar el patrimonio es uno de los lineamientos del actual gobierno ecuatoriano, cuyas iniciativas están enmarcadas dentro de las políticas del Estado. Sin embargo, debido a la inexistencia de una normativa básica, muchas de las intervenciones en este tipo de bienes inmuebles patrimoniales se realicen de manera empírica, sin la utilización de guías y normas básicas a ser aplicadas por los diversos actores involucrados (propietarios, GADs, INPC y otros) con la finalidad de realizar intervenciones técnicamente apropiadas. Las intervenciones en edificaciones patrimoniales en la Provincia de Imbabura se han centrado generalmente en monumentos, tales como iglesias y edificios públicos, dejando de lado una parte muy importante del patrimonio edificado a base de tierra, considerado como arquitectura menor. En ese marco se encuentra una cantidad muy significativa de edificaciones que deben ser conservadas e intervenidas con adecuada capacidad técnica para preservarlas en el tiempo. Actualmente, estas intervenciones presentan falencias al combinarse sistemas constructivos que terminan ocasionando o presentan potenciales riesgos. Bajo la premisa de que en patrimonio todo lo que se destruye es para siempre y que estas edificaciones construidas a base de tierra son parte importante de la identidad cultural de la provincia de Imbabura, es de suma importancia que las intervenciones sean realizadas siguiendo normas técnicas adecuadas que permitan preservar el patrimonio edificado existente en Imbabura.

Por otro lado, los entes reguladores y ejecutores de las intervenciones en patrimonio edificado a base de tierra necesitan tener una guía de apoyo estandarizada con los lineamientos básicos que requiere una intervención en patrimonio edificado a base de tierra por cuanto de esta manera se garantiza un mejor control y ejecuciones de mayor calidad, de menor impacto y de mayor duración. El estudio del patrimonio edificado a base de tierra en la Provincia de Imbabura es importante por cuanto permitirá resaltar su valor cultural y la necesidad de rescatarlo y conservarlo. La riqueza patrimonial edificada a base de tierra en la Provincia de Imbabura es significativa y su conservación supone un reto que hasta el momento se ha centrado en algunos de los monumentos arquitectónicos más relevantes.

Sin embargo, en arquitectura menor, se están realizando intervenciones inadecuadas que han llevado a la pérdida de decenas de edificios y construcciones singulares; por lo tanto, se considera necesario regular las intervenciones en el patrimonio edificado por medio de la aplicación de normas técnicas de intervención que permitan ejecutar un trabajo adecuado en favor de la conservación del patrimonio edificado a base de tierra en la Provincia de Imbabura.

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Con esta investigación, actualmente en desarrollo en el marco de la tesis de Maestría en Rehabilitación Urbana y Arquitectónica del Instituto de Investigación y Posgrado, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central del Ecuador, se pretende desarrollar un manual de normas técnicas para orientar la intervención en edificaciones patrimoniales en tierra. Considerando que, para evitar la pérdida de edificaciones patrimoniales en tierra, se requiere un instrumento útil con carácter demostrativo del extenso y valioso patrimonio de los Centros Históricos del Ecuador. Por tanto, la investigación tiene por objetivo desarrollar normas técnicas que orienten las estrategias de restauración y rehabilitación de edificaciones patrimoniales de tierra en la Provincia de Imbabura. Ello comprende la realización de un ‘manual de intervención’ en: cimentación, muros, cubierta e instalaciones, que actúe como base técnica de consulta y apoyo para los entes reguladores y ejecutores de las intervenciones en patrimonio edificado a base de tierra en la Provincia de Imbabura.

ENTES REGULADORES Y EJECUTORES DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO EDIFICADO DEL ECUADOR

Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, GADs: Sus funciones en relación al patrimonio, son las siguientes¹:

- Crear, modificar o suprimir mediante ordenanzas.
- Preservar, mantener y difundir el patrimonio arquitectónico, cultural y natural del Cantón y construir espacios públicos para estos fines.
- Formar y administrar los catastros inmobiliarios urbanos y rurales.

Instituto Nacional de Patrimonio Cultural: En el marco de las nuevas políticas estatales de implementación de un modelo de desarrollo integral, dentro del proceso general de reforma del Estado, el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC) es un ente con énfasis en investigación y generación de metodologías².

¹ <http://guiaosc.org/cuales-son-las-competencias-de-los-gobiernos-autonomos-descentralizados/>

² <http://inpc.gob.ec/direcciones-regionales/quito-r1-y-r2>

Creado mediante Decreto Supremo 2600 del 9 de junio de 1978 (Registro Oficial No. 618 de 29 de junio de 1978), el INPC es el encargado de investigar, conservar, preservar, restaurar, exhibir y promocionar el Patrimonio Cultural en el Ecuador; así como regular, de acuerdo a la ley, todas las actividades de esta naturaleza que se realicen en el país³.

Ministerio de Cultura y Patrimonio: La Constitución del Ecuador plantea por primera vez la necesidad de establecer una estructura sistémica que atienda a las grandes necesidades culturales para la construcción de un Estado y una sociedad justa, democráticos, interculturales y plurinacionales. El Ministerio de Cultura y Patrimonio mantiene el serio compromiso con la sociedad ecuatoriana de posicionar a esta Cartera de Estado como la entidad rectora en el ámbito cultural, en vínculo con los sectores sociales y con las instituciones ligadas a esta labor⁴. El Ministerio de Cultura y Patrimonio ejerce la rectoría del Sistema Nacional de Cultura para fortalecer la identidad Nacional y la Interculturalidad; proteger y promover la diversidad de las expresiones culturales; incentivar la libre creación artística y la producción, difusión, distribución y disfrute de bienes y servicios culturales; y salvaguarda de la memoria social y el patrimonio cultural, garantizando el ejercicio pleno de los derechos culturales a partir de la descolonización del saber y del poder; y de una nueva relación entre el ser humano y la naturaleza, contribuyendo a la materialización del Buen Vivir⁵.

INDICADORES CONSIDERADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Los indicadores relevantes a ser considerados en la investigación se refieren básicamente al análisis cualitativo y cuantitativo de las intervenciones realizadas en edificado en tierra en la provincia de Imbabura en los últimos 10 años para establecer las fortalezas y debilidades de dichos procesos, con el fin de establecer un primer diagnóstico que servirá de base para el desarrollo de la normativa a ser implementada en los futuros procesos de rehabilitación de edificaciones a base de tierra.

Para ello, se identifican los siguientes aspectos del patrimonio edificado a base de tierra en la Provincia de Imbabura:

- Número de intervenciones realizadas
- Lineamientos técnicos aplicados en la ejecución de intervenciones.
- Normas existentes para regular las intervenciones.
- Normas para intervención en cimentación de edificaciones..
- Normas para intervención en muros de edificaciones.
- Normas para intervención en cubierta de edificaciones.
- Normas para intervención en instalaciones eléctricas y sanitarias de edificaciones.
- Normas técnicas utilizadas en ejecución de intervenciones.
- Número de edificaciones inventariadas como patrimoniales.
- Número de intervenciones técnicas realizadas en edificaciones patrimoniales.
- Entes reguladores del patrimonio edificado en la Provincia de Imbabura.
- Entes ejecutores de intervenciones del patrimonio edificado en la Prov. de Imbabura.
- Número de intervenciones realizadas, reguladas y ejecutadas por entidades varias.
- Normas y legislación aplicada a la realización de las intervenciones.

³ <http://inpc.gob.ec/direcciones-regionales/quito-r1-y-r2>

⁴ <http://www.culturaypatrimonio.gob.ec/el-ministerio/>

⁵ <http://www.culturaypatrimonio.gob.ec/el-ministerio/>

ANÁLISIS CAUSA - EFECTO

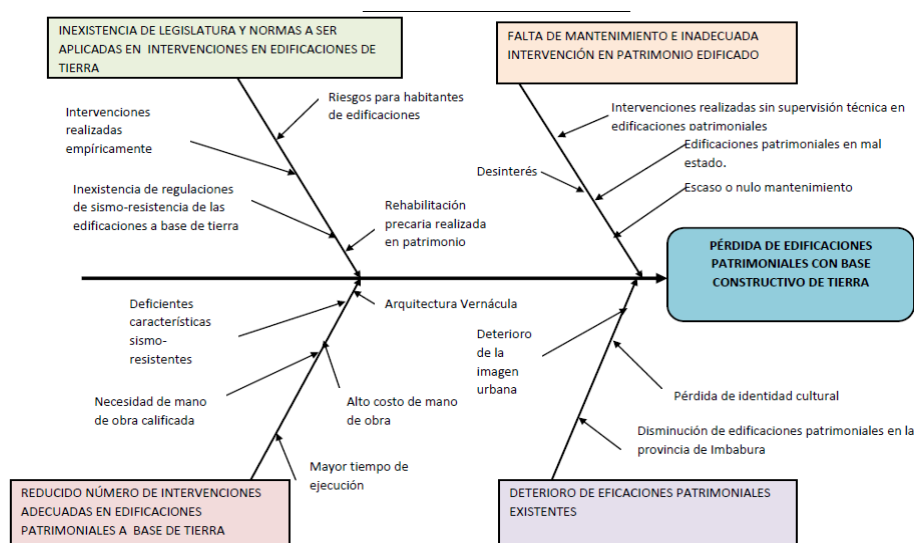


Figura 1: Diagrama Causa – Efecto

INNOVACIÓN EN LA PRESERVACIÓN DE EDIFICIOS PATRIMONIALES EN LA LEGISLACIÓN ECUATORIANA

A través del Decreto de emergencia en patrimonio cultural, Gestión de Emergencia de Patrimonio Cultural en Imbabura, la Unidad de Gestión de Emergencia de Patrimonio Cultural, creada por el Presidente de la República, Rafael Correa Delgado, el 21 de diciembre del 2007, mediante Decreto Ejecutivo No. 816, ha trabajado arduamente durante un año para recuperar el patrimonio material e inmaterial de los ecuatorianos.

En una decisión inédita, inclusive en el ámbito internacional, el Gobierno de la Revolución Ciudadana asignó 33,6 millones de dólares para abordar el trabajo en un sector nunca antes considerado por los gobiernos.

Las 24 provincias del Ecuador recibieron el beneficio del trabajo de esta Unidad, la que forma parte del Ministerio Coordinador de Patrimonio Natural y Cultural. Gracias a esta labor, se enfrentó la destrucción y el saqueo de los yacimientos arqueológicos, robos en iglesias y museos, pérdida del patrimonio documental y bibliográfico, sustitución y alteraciones de la herencia arquitectónica, desapropiación y deformación de los valores inmateriales que constituyen pilares fundamentales de la identidad ecuatoriana.

Tres son los ejes de acción de la Unidad de Gestión de Emergencia de Patrimonio Cultural:

- **Dotación de seguridades a los bienes en riesgo:** se colocaron sistemas de seguridad en 300 contenedores (bibliotecas, museos, iglesias). Más de 100 bienes inmuebles, arqueológicos, muebles, documentales e inmateriales fueron intervenidos para evitar su desaparición. Adicionalmente, se implementó la campaña nacional de fumigación que permitió trabajos en alrededor de 370 contenedores de bienes documentales y museos, así como en inmuebles construidos básicamente en madera.

- **Creación del Sistema Nacional de Gestión de los Bienes Culturales:** por primera vez en la historia, con el apoyo de profesionales especializados, cuatro universidades y el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, se realizó un inventario patrimonial en bienes inmuebles, arqueología, bienes muebles, patrimonio documental y patrimonio inmaterial.
- **Difusión y sensibilización ciudadana para valorar el patrimonio:** el trabajo de rescate y recuperación de nuestro patrimonio no tiene sentido si los ecuatorianos no nos apropiamos de estos elementos y los incorporamos a nuestra vida. Por ello, la Unidad de Gestión de Emergencia de Patrimonio, acompañó todo su trabajo con la difusión en todo el país de spots de televisión, cuñas de radio y anuncios de prensa, con el mensaje de valorar y proteger el rico legado cultural.

INTERVENCIONES GUBERNAMENTALES PARA EL RESCATE DE BIENES CULTURALES EN RIESGO

La construcción de la actual Iglesia de Santo Domingo de los Padres Dominicos, con su respectivo convento, se inició en 1923 y se concluyó luego de medio siglo de trabajo, en el sitio donde desapareció el primer templo como consecuencia del terremoto de 1868. La falta de mantenimiento y recursos por parte de los custodios ocasionó deterioro de este bien patrimonial, que estuvo a punto de declararse en estado ‘ruinoso’. El Decreto de Emergencia de Patrimonio Cultural ejecutó trabajos de consolidación arquitectónica e impermeabilización de cubiertas crujías centrales. También hubo un rescate de estructuras y formas originales de la edificación y consolidación de obra muraria. De mucho interés son los trabajos de drenes y subdrenes, así como un sistema de evacuación de aguas lluvia y trabajos de mantenimiento.



Figura 2: Iglesia de Santo Domingo de los Padres Dominicos, Ibarra, Imbabura.

Antiguo Convento de las Carmelitas, Ciudad de Ibarra

Este caso es una de las construcciones coloniales más bellas de la Ciudad de Ibarra, fundada por las madres de la Comunidad de Carmelitas, llegadas a la Ciudad Blanca desde Popayán. Este bien patrimonial se terminó de construir en 1877, y permaneció los últimos años en completo abandono, en un estado de deterioro que amenazaba con su desaparición. Ahí, la Unidad de Gestión de Emergencia del Patrimonio Cultural realiza un trabajo de rescate de estructuras y formas originales de la edificación, consolidación arquitectónica en cubiertas y muros, con importantes trabajos en drenes y subdrenes, así como un adecuado sistema de evacuación de aguas lluvias y trabajos de mantenimiento.



Figura 3: Antigua Convento de las Carmelitas, Caranqui, Imbabura.

Fábrica Textil Imbabura, Atuntaqui, Imbabura

Considerada el icono de la manufactura artesanal en la Sierra Norte, empezó a funcionar en 1927 en la Parroquia Andrade Marín, con más de 1.200 trabajadores, y en 1964, problemas de comercialización y administración determinaron su cierre con un despido masivo. La Unidad de Gestión de Emergencia de Patrimonio Cultural inició trabajos urgentes en este bien cuyos techos, ventanas y muros estaban en pésimo estado, poniendo en peligro de robo y deterioro a las máquinas y equipo industrial, verdaderas joyas de patrimonio mueble.

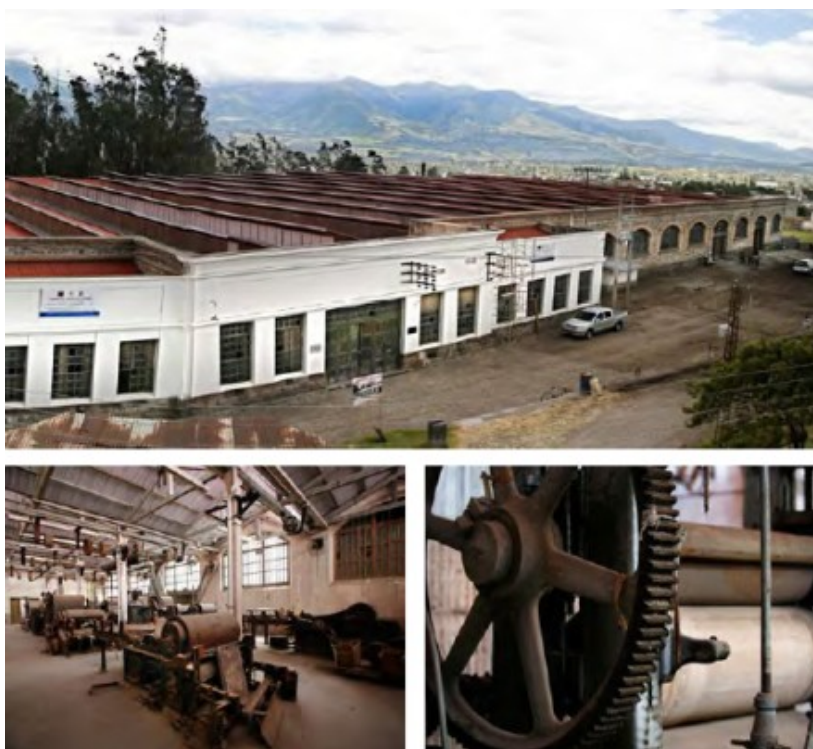


Figura 4: Fábrica Textil Imbabura, Atuntaqui, Imbabura

Una vez restaurado este bien, que estaba en manos del IESS, pasó a propiedad del Municipio de Antonio Ante, para rehabilitarlo y crear un gran centro de exhibición artesanal, información turística, casa de la juventud y otros espacios para las artes.

INTERVENCIONES EMPÍRICAS: TRES CASOS PRACTICOS

Las intervenciones realizadas en edificaciones a base de tierra en la Provincia de Imbabura, en la mayoría de los casos, se las construye de una manera empírica, con la ausencia de lineamientos de intervención, causando daños irreversibles en las edificaciones patrimoniales. En otros casos, poniendo en riesgo la estabilidad o la conservación de las mismas. A modo de referencia, se estudian tres casos de intervenciones en edificaciones patrimoniales a base de tierra realizadas en la Provincia de Imbabura.

CASO 1: Santuario de San Luis de Otavalo



Figura 5: Iglesia de San Luis, 1930



Figura 6: Iglesia de San Luis, Plaza Central de Otavalo, 2014.

Declarado Santuario Nacional, construido en la Ciudad de Otavalo, Provincia de Imbabura, Ecuador, de 1868 a 1893, posterior al terremoto de 1868, cuando Otavalo prácticamente desaparece sin dejar vestigios de edificaciones anteriores a este acontecimiento.

La reconstrucción de la Iglesia de San Luis va acompañada de la reconstrucción del convento en la parte norte y edificios curiales en la colindancia sur. El sistema constructivo corresponde a cimentación de piedra con argamasa de cal y arena, los muros son portantes en base a arcos ojivales de ladrillo y paredes murales de adobe y tapial en las naves de la Iglesia y de ladrillo portante en la torre principal. La cubierta es de madera y teja.

Hace aproximadamente 30 años, se construyó adosada a la Iglesia de San Luis, una edificación de hormigón armado correspondiente a una escuela, este adosamiento se convierte en un potencial riesgo ante un evento sísmico, ya que de acuerdo a estudios estructurales realizados, ante un sismo superior a los 7 grados en la escala de Richter, podría generar una deriva de 8mm en el nivel +9m. Este efecto tendría una fuerza concentrada de más de 8 toneladas, la cual impactaría en el sitio provocando daños a la edificación patrimonial y la comunidad.

Este potencial riesgo podría haberse evitado haciendo una junta de construcción que separe a estas dos edificaciones, es decir si existiría una normativa básica con respecto a intervenciones en construcciones que colindan con edificaciones patrimoniales en tierra.



Figura 7: Adosamiento de construcción de hormigón armado a edificación patrimonial



Figura 8: Intervención realizada en la cubierta de la Iglesia de San Luis

A su vez, en la nave principal de la iglesia, la cubierta fue intervenida con el fin de añadir una cúpula que ilumine el altar mayor. Para ello, se eliminaron elementos estructurales de la cubierta con el fin de dar paso a este domo interior, intervención que eliminó la continuidad estructural de la cubierta, convirtiéndose igualmente en un potencial riesgo ante solicitaciones de esfuerzos sísmicos. Además se convirtió en un elemento añadido que restó originalidad al bien patrimonial.

CASO 2: Casa de Hacienda ‘San Vicente’



Figura 9: Casa de Hacienda ‘San Vicente’, Otavalo, Imbabura, Ecuador

Corresponde a una edificación de la tipología casas de hacienda, las mismas que se encuentran dispersas pero cercanas al centro histórico de la ciudad de Otavalo. La Casa de Hacienda ‘San Vicente’ se trata de una edificación patrimonial de los años 1930, construida con cimentación de piedra unida con mortero de cal y arena, muros portantes de adobe y tapial y cubierta de madera y teja. Esta edificación estuvo abandonada por unos 10 años y se generaron patologías como producto de daños en la cubierta principalmente, la humedad es otro factor que aportó en el deterioro de la edificación provocando daños en muros portantes y cimentaciones. Con estos antecedentes, el Municipio de Otavalo en coordinación con el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, realizó estudios y contrató la ejecución de la obra.

En primer lugar, el contrato fue específicamente para arreglar la cubierta sin considerar que tenía que hacerse una intervención integral en el bien patrimonial, incluyendo la cimentación, muros y en las instalaciones, además de la cubierta propiamente dicha.

Luego de la intervención en la cubierta, aumentaron los problemas debido a que no se respetó la configuración original y porque se generaron nuevos esfuerzos y solicitaciones estructurales a elementos que no estaban técnicamente contruidos para ello provocando el aparecimiento de nuevas fisuras y patologías que no existían antes de la intervención.



Figura 10: Casa de Hacienda 'San Vicente', intervención realizada en la cubierta.

En este caso de análisis se puede también establecer que la carencia de normas de procedimiento para intervención en edificaciones patrimoniales, sin evaluar el resto de componentes de la misma, es decir no se puede intervenir directamente en cubierta sin haber seguido un proceso lógico de intervención, primero de cimentación, luego de muros y finalmente de instalaciones, antes de proceder a intervenir en cubierta. En esta intervención, igualmente se puede determinar que la carencia de un procedimiento apegado a normas básicas de intervención, provocó una desafortunada intervención con las respectivas pérdidas de tiempo, recursos y bienes.



Figura 11: Casa de Hacienda 'San Vicente', cubierta original y pos-intervención. CASO 3: Edificación de arquitectura menor



Figura 12: Casa patrimonial de arquitectura menor. Otavalo, Imbabura, Ecuador



Figura 13: Intervención en cubierta de edificación patrimonial

Edificada aproximadamente en 1940, corresponde a una casa patrimonial de arquitectura menor que se encuentra inventariada. Construida con cimientos de piedra y argamasa de cal y arena, muros portantes de adobe, cubierta de madera y teja. Ante la patología de infiltración de agua por la cubierta, la propietaria del bien, con la ayuda de un técnico no especializado en construcciones patrimoniales, realizó el cambio de la cubierta original por una de estructura metálica, galvalumen y teja de hormigón.

Posteriormente a dicha intervención, aparecieron nuevamente infiltraciones de agua lluvia que provocaron la pérdida de parte de la inversión. La falta de un procedimiento de intervención, apegado a normas básicas, genera la pérdida de identidad y originalidad del bien patrimonial intervenido. Asimismo, el organismo de planificación y control, conformado por el GAD Municipal de Otavalo y el INPC, no participaron en la intervención. Ello también demuestra el descuido y la ausencia de guías de intervención debidamente socializada e implementada que, por consiguiente, permita evitar la pérdida de los bienes patrimoniales existentes.

CONCLUSIONES

Esta investigación, a través de una combinación de la modalidad empírica y tecnológica, acudiendo a fuentes primarias y secundarias, aporta un análisis sistemático de la temática de la arquitectura en tierra y su intervención en patrimonio edificado, con el fin de elaborar una propuesta de normativa técnica de base para la intervención en edificaciones patrimoniales construidas con tierra.

En este contexto, es de vital relevancia tomar conciencia que los bienes patrimoniales son únicos, no renovables y constituyen la fuente básica de información para la construcción del conocimiento y de la identidad como nación. Su pérdida provoca una fragmentación de la memoria colectiva y compromete la preservación de la herencia cultural en el marco del Buen Vivir coincidente con los linamientos del Desarrollo Sustentable.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Bardou, P. y Arsoumanian, V. (1986). *Arquitecturas en adobe*, Ediciones Gili S. A., 3ra. Edición, Madrid.
- Barrios L., G. (1994). *Manual de Construcción en Adobe*, 2da. Edición, Santiago de Chile.
- Casado Galván, I. (2009). *Breve Historia del concepto del patrimonio histórico: del monumento al territorio*, Noviembre, Revista Eumednet.
- Corporación la Candelaria (2002). *Estudios de vulnerabilidad sísmica y alternativas de rehabilitación para edificaciones en adobe y tapia pisada*, Universidad de los Andes, Bogotá.
- Díaz, K. y Ríos, J. (2005) *Alternativas de rehabilitación en adobe y tapia pisada*, Universidad de los Andes, Bogotá.
- Sanchez Gama, C. E. (2007). *La arquitectura de tierra en Colombia, proceso y culturas constructivas*. Revista Apuntes, Bogotá. Vol.20. No.2007.

https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-33171/TAB42351/Construccion%20con%20Tierra.pdf

http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe_Tutorial_Spanish_Blondet.pdf

www.wikipedia.com/normastécnicas

SECCIÓN 4

APLICACIONES



VERDE ARRIBA: COMPROMISO DE LA TIERRA CON LA CIUDAD

Sonia Carmena

RESUMEN.

El presente artículo tiene por fin aportar conocimientos generales sobre los beneficios y usos del sistema constructivo denominado Terrazas Verdes o *Green Roofs*, el cual permite devolver áreas de tierra y vegetación a las ciudades, superponiéndolas sobre aquellas ocupadas por la construcción. Es una solución pensada para la arquitectura que busca equilibrar el ambiente construido con la naturaleza a través de incorporar jardines en las cubiertas y losas. Esta intervención es más eficiente cuando además de proveer de espacios verdes en lugares de ausencia, la tierra y la vegetación actúan como materiales aislantes para interiores de edificios, y se aprovechan las propiedades de estabilidad térmica y de absorción acústica que proporciona esta particular envolvente. Con un adecuado diseño del paisaje y una correcta ejecución constructiva se obtienen superficies aptas para el esparcimiento y la recreación con probados beneficios ambientales y sociales, convirtiéndose en una propuesta arquitectónica y paisajística a la vez. Desde la valoración técnica, las Terrazas Verdes colaboran en mitigar problemas edilicios de extrema magnitud hoy: climatización, aislación hidrófuga, térmica y acústica, ahorro de energía y del consumo de agua potable, contribuyendo al esparcimiento y la recreación, como también a la refuncionalización de espacios ambientalmente degradados. Como propuesta integral, se enmarca en un compromiso de responsabilidad social asumida desde la arquitectura y el urbanismo en respuesta a los crecientes fenómenos ambientales, la crisis energética mundial y la responsabilidad de la acción humana sobre ellos.

Palabras clave: construcción con tierra, retención de agua, aislación térmica y acústica, eco-terrazas, vegetación urbana.

INTRODUCCIÓN.

En el desarrollo de la edificación urbana se han alterado innumerables procesos naturales. Siempre que se interviene sobre territorios, se producen modificaciones ambientales de mayor o menor importancia dada la permanente interacción con y en el ambiente.

En los últimos 20 años, el gran aumento de volúmenes edilicios, sumado a la infraestructura y servicios, con la respectiva densidad poblacional y automotriz, han provocado una antítesis de muchos beneficios de confort, integración social y fuentes de trabajo. Otros aspectos negativos como el excesivo consumo energético, la insuficiente proporción de áreas verdes y suelo absorbente, aportan mayor contaminación ambiental. Junto a la modificación vertiginosa de las condiciones climáticas habituales, conocida genéricamente como Cambio Climático, devienen en una incidencia desfavorable sobre la calidad de vida y la salud de los habitantes. De modo que hoy el diseño del hábitat construido, desde la ciudad hasta la vivienda, requiere un enfoque de responsabilidad y compromiso en incorporar la preocupación por el medio ambiente y el ahorro energético en el quehacer proyectual y en la construcción creando soluciones para reconducir los ineficientes patrones culturales imperantes hacia el camino de la sustentabilidad.

VERDE ARRIBA.

En las urbes actuales, debido al gran aumento del parque automotor y a la saturación de las calles, la tendencia en la construcción de edificios, en muchos casos es reglamentario ubicar los estacionamientos en suelo propio. Por tanto, la superficie que en origen fue un suelo permeable que permitía conservar el drenaje natural hacia las napas y el ciclo de retorno de humedad a la atmósfera por evaporación, hoy resulta en suelo impermeabilizado que contribuye a las inundaciones urbanas por lluvia.

Con la incorporación de Terrazas Verdes se procura recrear el ciclo natural del agua aportando nuevos beneficios constructivos y ambientales al hábitat urbano, ya que el sistema desarrollado en grandes superficies puede transformarse en una proposición urbana y ambiental de envergadura, si se cuenta con el soporte de políticas urbanas de mitigación.



Figura 1. Antes y después en techos planos, 6° piso, uso: solarium y recreación. Losas sobre cocheras del edificio. Terrazas Verdes transitables, césped y plantas individuales, espesor de sustrato de 10 a 80 cm, riego automatizado, Rosario, 2012.

Además de recrear la idea de la plaza en las alturas, la tierra y la vegetación como techo presentan otros beneficios, al funcionar como un material más de construcción. Las superficies verdes generan efectos absorbentes -casi de esponjas- retardando el drenaje del agua de lluvia, mitigando las fuertes precipitaciones que impactan en la ciudad en forma de inundaciones. Este proceso contribuye a mejorar el ecosistema urbano, favorece el aislamiento térmico permitiendo moderar la temperatura interior. Estas cubiertas también actúan como absorbentes de ruido y mitigador de la acústica urbana y, además de aportar un componente estético, las terrazas pueden convertirse en áreas de uso. Como práctica ancestral, las Terrazas Verdes vuelven a las ciudades de principios del Siglo XX cuando el movimiento moderno retoma el valor de la tierra para el ser humano como el espacio que habita.

El desarrollo tecnológico ya permite que las cubiertas verdes sean más accesibles, encontrándose desarrollos similares en muchos países del mundo, dado que la vegetación produce un efecto benéfico ante secuelas de contaminación y el control de lluvias. Contar con suelo verde en la ciudad, vivienda, lugares de trabajo, escuelas e instituciones varias, mejora la calidad de vida de los habitantes y reduce el impacto al ambiente.

SISTEMA CONSTRUCTIVO.

El sistema constructivo de Terrazas Verdes se compone de materiales en base a: agua, aire, tierra y cobertura vegetal. Junto a otros materiales industrializados y químicos (membranas bituminosas, PVC, mantas de poliéster, polipropileno), dan como resultado una eficiente tecnología contemporánea que fusiona el ámbito natural y el artificial.



Figura 2. Terraza Verde con pendiente mayor a 15°, no transitable, vegetación sedum y nativas, de bajo mantenimiento. Urbanización El Desafío, San Martín de los Andes, 2014.

TIPOS DE USO.

Por su uso pueden clasificarse en dos grandes tipos: cubiertas transitables y no transitables. En las primeras, los sistemas de impermeabilización y drenaje deben ser aptos para tránsito y eventual apoyo de elementos de carga puntual. El sustrato y la vegetación deben ser seleccionados para caminar sobre ellos sin perjudicarlos, siendo lo más efectivo un sustrato con áridos resistentes y terminación en césped. En las segundas, las mantas inferiores son de menor complejidad y prestaciones tecnológicas, mientras que las superiores, sustrato y vegetación, pueden corresponderse a distintos fines: decorativos, de alimentación por huerta, de bajos requerimientos hídricos, o de imposibilidad de acceso frecuente. La aislación térmica que proporciona una Terraza Verde reduce las pérdidas de energía a través de la cubierta del edificio y mejora el acondicionamiento térmico de su interior.

Por ello, en las terrazas transitables, las áreas de tránsito se completan con losetas atérmicas o de construcción in-situ del mismo material para que estas superficies no contrarresten el efecto por puente térmico.



Figura 3. Proceso de construcción en cubierta plana. Uso: expansión de dormitorio. Terraza Verde transitable, césped, riego automatizado por goteo, mantenimiento periódico, en Dique los Molinos, Villa Ciudad de América, Córdoba, 2014.

CLASIFICACION Y DESEMPEÑO.

Por su autonomía y sustentabilidad pueden clasificarse en: 1. de mantenimiento periódico, y 2. de mantenimiento bajo.

Las primeras requieren de tratamiento semanal o quincenal fitosanitario, corte, poda y riego. Este último puede ser con programadores electrónicos, detector de lluvias, circuitos diferenciados, ya sea a través de aspersión o goteo. Los sistemas complejos de riego colaboran con el mejor desempeño de los materiales, de las plantas, y con el ahorro y eficiencia en el uso del agua. Las segundas requieren de riego al inicio del plantado o siembra y luego se busca el retiro progresivo del soporte hídrico. Requieren de corte y resiembra ocasional para asegurar el efecto de tapiz en el sustrato y con ello evitar erosiones por viento y agua. El desempeño ambiental de un techo verde depende del equilibrado estudio y funcionamiento de sus componentes y de la relación entre ellos, cuyos componentes y procesos básicos son:

- Sistemas de impermeabilización de la superficie y testeo de estanqueidad.
- Membranas y sistemas de drenaje.
- Sustratos livianos, fértiles y drenantes.
- Vegetación, riego y mantenimiento.

ESPECIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES CONSTRUCTIVOS.

Impermeabilización y vida útil: La capa impermeable se compone de bituminosa o PVC, adherida o flotante, continua, sellando mojinetes y desagües. A diferencia de una azotea convencional de construcción seca, se beneficia la impermeabilización de la superficie y se prolonga su vida útil al participar de mayor inercia térmica y de mínima incidencia de rayos infrarrojos y UV gracias a la protección del sustrato y la capa vegetal. Siendo la vida útil de la capa impermeabilizante de 8 a 10 años de efectividad, con este sistema se puede ampliar al mitigar la contracción y expansión de la misma por la exposición al sol y los cambios de temperatura. Los estudios más recientes datan de 35 años de vigencia de estas membranas en buen estado. El testeo de estanqueidad inicial por 24 a 48 hs resulta ineludible para garantizar un buen desempeño posterior.

Drenaje: El sistema particular de drenaje hacia los desagües a través de mantas habilita una cámara de aire entre la losa y el sustrato. Algunas mantas retienen un determinado volumen de agua, otras aceleran su escurrimiento. Se promedia que transportan el 50 % del caudal de agua suministrada por lluvia o riego. Para un buen funcionamiento se requiere una pendiente del 2 % hacia los desagües.

Altura o espesor del sistema: Sobre la carpeta de nivelación u hormigón de pendiente como terminación final, se requiere 12 a 15 cm de altura, aunque es posible diseñar mayores espesores según las características del proyecto y considerando las sobrecargas a la estructura. En terrazas no transitables y de bajo mantenimiento, y también en aquellas en que se deba reducir la sobrecarga, el espesor puede variar, reduciéndola a 6 cm. Dependiendo del tipo de vegetación, se requerirá reforzar la fertilidad del sustrato.

Sobrecarga: La instalación de una Terraza Verde puede efectuarse sobre cualquier losa existente siempre que ésta no presente una patología particular. La sobrecarga, con sus componentes secos, no debe exceder los 90 kg/m², llegando a 150 kg/m² en condiciones de suelo saturado de agua por lluvias permanentes y/o alto caudal, o por riegos excesivos. En condiciones normales de riego o de precipitaciones intermitentes se consideran 120 kg/m².

Mantenimiento: Para valorar la estabilidad del nuevo ecosistema, se debe considerar un periodo de 6 meses, durante cuyo período, los controles de agua y de nutrientes para el cultivo deben ser observados con regularidad. Los requerimientos de agua dependerán del clima de la región y de las especies seleccionadas. Ello determinará el tipo de sistema de riego y los niveles de automatización a aportar. La ausencia total de riego electrónico o manual, conlleva serios riegos de pérdida de material biótico y erosión de la tierra o sustrato, perjudicando además con ello a las capas inferiores.

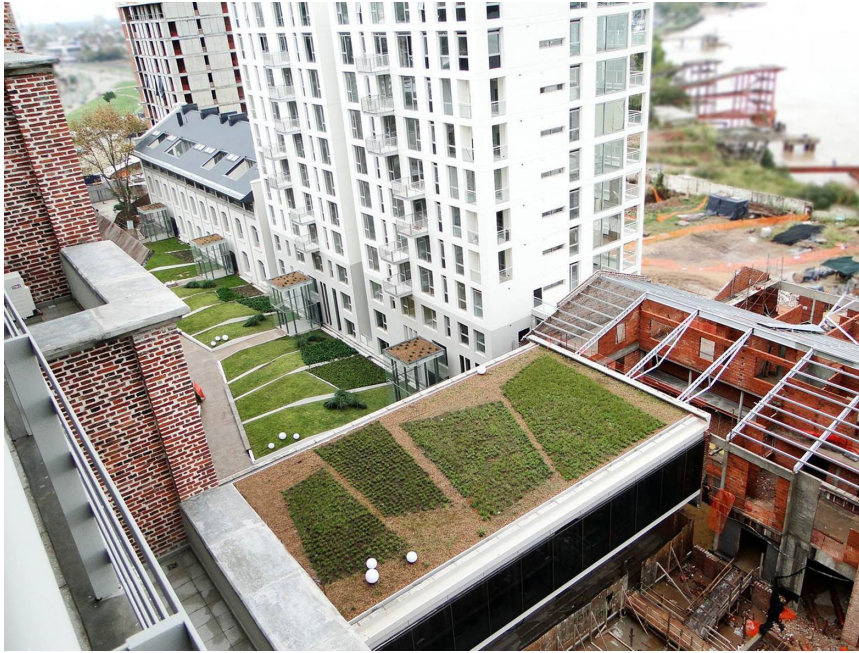


Figura 4. Terrazas Verdes no transitables. Usos: jardines del complejo. Abajo, losas sobre cocheras, espesores hasta 60cm. Arriba, cubierta de edificio de Gimnasio, espesor 15cm. Riego automatizado y mantenimiento periódico. Forum Puerto Norte, Rosario, 2011-2014.



Figura 5. Terrazas Verdes transitables con espesor de 20cm, mantenimiento periódico, riego automatizado, en CASAORDENADA de Clorindo Testa, Kentucky, Funes, 2012.



Figura 6. Terrazas Verdes no transitables con espesor de 6cm, bajo mantenimiento, en Oficinas Bureau Parc San Isidro, Buenos Aires, 2013-2014.



***Figura 7.** Antes y después, construcción de losa de hormigón con terminación en cubierta vegetal. Usos: solárium y expansión del SUM. Terrazas Verdes en piso 17 y en planta baja sobre cocheras del edificio, Venado Tuerto. 2010.*

CONCLUSIONES.

Las Terrazas Verdes representan un compromiso de la tierra con la ciudad. Son ancestrales como concepto pero aplicadas en la ciudad de hoy requieren de una conciencia solidaria y de interdependencia ya que es determinante la fusión de responsabilidades y la convergencia de intereses para la sustentabilidad del hábitat. Desde este punto de vista, el antiguo concepto se transforma en innovador e interdisciplinario, y además posibilita crear nuevas fuentes de trabajo local y especializaciones para los diseñadores, constructores y operarios.

En la fase de trabajo siguiente se consideran los siguientes parámetros a medir y comparar: ubicación geográfica de la terraza y clima, altura de la cubierta y entorno cercano, componentes del sustrato y espesor, tipo de vegetación y densidad de plantado, sistema de riego y frecuencia, y mantenimiento.

Esta nueva etapa permitirá brindar información útil con mediciones ambientales en obras realizadas, y obtener estadísticas propias como transferencia de conocimientos al medio, en el marco de la edificación sustentable y su contribución al mejoramiento del hábitat urbano.

RECONOCIMIENTOS.

Al equipo profesional de Proyecto Janus, estudio-empresa profesional de arquitectura creado en 2007 para la investigación y desarrollo de soluciones arquitectónicas sustentables que, a la fecha, ha construido 35 obras de Terrazas Verdes en Argentina aportando 11.000 m² de superficie vegetal sobre construcciones: Gabriela Okon, Lionel Bonfante, Virginia Bleuville, Tania Pidustwa, Lisandro Reale, Luciana Pierotti, y Silvia Francipane. A los asesores externos: Herbert y Heidi Varnecke, Martín Groppa, INTA, y a las empresas y comitentes que aportaron y aportan su preocupación por el medio ambiente asumiendo el compromiso con obras concretadas.

BIBLIOGRAFIA.

- Ansel, W., Reidel, P. (2012), *Modern Dachgarten*, DVA, Munich.
- Bolimann, E. (1990) *More ecology with roof gardens: Green roofs, our chance*, Haus Tech, Suiza.
- Briz, J. (1999), *Naturación urbana, Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental*, Mundi-Prensa Libros S. A., Madrid.
- Evans, J. (2010), *Sustentabilidad en Arquitectura I*, CPAU, Buenos Aires.
- Kolb, W., Schawarz, T.(1999), *Dach-begrünung, intensiv und extensiv*, Ulmer, Stuttgart.
- Minke, G. (2010), *Techos Verdes. Planificación, Ejecución, Consejos Prácticos*, Eco Habitar.
- Schiedhelm, M.(1985), *Roof gardens: observation of roof gardens on the buildings of the Free University of Berlin over a period of twenty years*, en *Deutsche Bauzeitung*, Alemania.

EARTHSHIP NAVE-TIERRA USHUAIA

Luciano López Guzmán

RESUMEN

Este trabajo presenta la construcción de un *Earthship*, construido recientemente en Ushuaia. Se explicita la definición y características generales del concepto *Earth-ship* o Nave-tierra, construcción con tierra compactada en neumáticos, formando muros de gran capacidad térmica. La tierra, combinada con bloques de material aislante, conforma el techo sobre una estructura de madera. El diseño se complementa con captación de energía solar a través de un invernadero y sistemas de reciclaje de agua.

Palabras clave: *Earthship*, Nave-tierra, biotectura, arquitectura bioclimática.

INTRODUCCIÓN

Ushuaia inauguró la primera *Earthship* o Nave-tierra de Argentina, del Grupo Nat, con la Municipalidad de la Ciudad de Ushuaia, un grupo de 70 estudiantes de todo el mundo, graduados argentinos de *Earthship Academy* y el equipo de *Earthship Biotecture*, bajo la dirección de su fundador, Michael Reynolds.



Figura 1. Fachada Norte Earthship del fin del mundo, Ushuaia, lat 55°S. Foto J. M. Evans.

Este extraño edificio resulta ser una de las Nave-tierras más visibles de todo el mundo, entre cientos de ellas, ya que se encuentra en el centro de la ciudad, y es uno de los pocos ejemplos de este tipo de construcción que contó con el respaldo de un ente gubernamental¹.

¹ También es la Nave-tierra y la construcción de tierra más austral del mundo. Nota del Editor

La construcción, registrada por medios locales, provinciales, nacionales e internacionales, muestra la obra de Reynolds, ya ampliamente conocida en el ámbito de la permacultura y de la construcción con tierra, pero no siempre correctamente interpretada. Es por eso que este artículo sobre Earthships está dedicado a describir sus fundamentos, los conceptos clave que definen una Nave-tierra.

¿QUE ES UN *EARTHSHIP* O NAVE-TIERRA?

Fue el Arq. Michael Reynolds quien, a fines de los '70s, empezó a experimentar y a desarrollar técnicas constructivas usando deshechos, mucho antes de que el término 'reciclado' fuera concebido y recién se comenzaba a hablar de ecología. Así, en el desierto de Nuevo México construyó las primeras viviendas con material desechado y semi-enterradas. En ese contexto, experimentó con la ganancia solar, y construyó generadores eólicos, baños-composta, baños-solares, etc.

Esa etapa fue el comienzo de una larga experimentación orientada a desarrollar viviendas autosuficientes, desconectadas de las redes de servicios, proceso de aprendizaje que continúa en cada nuevo *Earthship* que se construye.

Los seis conceptos que definen a los *Earthships* son:

1. Construcción con materiales reciclados y naturales.
2. Calefacción y refrigeración por energía solar pasiva y masa térmica.
3. Generación de energía eléctrica solar y eólica.
4. Captación de agua de lluvia.
5. Producción de alimentos.
6. Tratamiento de aguas residuales.

CONSTRUCCIÓN CON MATERIALES RECICLADOS Y NATURALES.

El material más utilizado y representativo de las Nave-tierra son los neumáticos. Este año se van a fabricar 1700 millones de neumáticos y esta cantidad ira en aumento cada año. Una vez cumplida su vida útil, los neumáticos son acumulados en basureros tanto legales como ilegales que se pueden encontrar lo largo de todo el mundo, incluso bajo las aguas de ríos y mares.

En estos basureros, los neumáticos se descomponen por acción de los agentes climáticos generando un alto grado de contaminación. Frente a esta situación, lo que hizo Reynolds fue, transformar un desecho en un recurso, convirtiendo así los neumáticos viejos en excelentes elementos de construcción, el ladrillo básico de los *Earthships*.



Figura 2. Neumáticos desechados. Imagen: EarthshipBiotecture.

Los neumáticos desechados son rellenos con tierra, el elemento natural, compactado con masas al 90 %. El resultado es un bloque de tierra compactada de 135 kg envuelto en acero y encapsulado en goma, obteniéndose así un bloque de masa térmica casi indestructible.

Los bloques se van colocando y trabando, apoyados unos sobre otros sin cemento ni ligamento, resultando poderosas paredes portantes antisísmicas sin necesidad de fundaciones.

Los neumáticos, al estar aislados completamente de los agentes externos, no se degradan y, por lo tanto, no contaminan. Los muros interiores se revocan en adobe mientras, en el exterior, una montaña de tierra envuelve la construcción.



Figura 3. Paredes de neumáticos llenos de tierra, característica emblemática de los Earthships. Imagen: EarthshipBiotecture.



Figura 4. Vista panorámica del Earthship desde el Este. Foto: J. M. Evans.

CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN POR ENERGÍA SOLAR PASIVA Y MASA TÉRMICA.

Los *Earthships* no utilizan combustible fósil para calefaccionar o refrigerar la vivienda, caso característico de energía cero. El sistema funciona así: la temperatura del subsuelo de la tierra debajo de la línea de congelación es aproximadamente 14,5°C en todo el planeta. Por estar embutidos en la tierra y tener muy buena aislación térmica, todos los *Earthships* parten de esta temperatura².

En el Hemisferio Sur, los *Earthships* siempre están orientados hacia el Norte, la orientación más favorable para obtener mayor ganancia solar, mientras que en el Hemisferio Norte, se orientan hacia el Sur. En ambos casos, el sol calienta los muros y el suelo, acumulando el calor en su masa. Cuando baja la temperatura exterior, el calor acumulado en las cubiertas se libera paulatinamente hacia el interior.

La gruesa capa de aislante que rodea la construcción y las 2 capas de vidrio doble del invernadero evitan que la energía captada se disipe hacia el exterior. Al conservar el calor, se mantiene la temperatura de confort en invierno sin emplear energía adicional a la radiación solar en forma pasiva.

² La temperatura del suelo en Ushuaia es similar a la temperatura media anual de 6° C, baja temperatura que requiere capas de aislación en el piso entre la tierra y el interior, recurso incorporado en este proyecto. Nota del Editor.



Figura 5. El invernadero al frente de la Nave-tierra; a la derecha, el invernadero de Ushuaia en invierno.

En verano, el recorrido del sol es más alto, por lo tanto entra sólo a la zona del invernadero, que es la zona intermedia entre el exterior y la zona interior de confort. Para la refrigeración en verano se disponen tubos metálicos orientados Sur-Norte que captan aire y pasan bajo tierra, por la parte posterior de la vivienda, donde el aire se enfría hasta cerca de los 14,5 °C de la tierra antes de ingresar. El aire fresco atraviesa la vivienda, sube al calentarse y se escapa por las grandes claraboyas del techo del invernadero, por donde sale el aire caliente y permita entrar aire fresco del exterior.



Figura 6. Sistemas de energía renovable en el Earthship de Ushuaia: invernadero, módulos fotovoltaicos y aerogenerador. Fotos: J. M. Evans.



Figura 7. Nave-tierra en Bahía Encerrada, Ushuaia, vista desde el sur. Foto J. M. Evans.

**BIOCONSTRUCCIÓN EN EL MUSEO PROVINCIAL DE CIENCIAS NATURALES
“DR. ÁNGEL GALLARDO” - ROSARIO. REFLEXIONES SOBRE LA
EXPERIENCIA DE LA REFORMA EDILICIA DEL MISMO.**

Mario Amatielo; Sebastián Bosch; Lisandro Arelovich

RESUMEN

El presente artículo expone la experiencia constructiva del Museo de Ciencias Naturales de la Provincia de Santa Fe. Esta obra excede los objetivos arquitectónicos utilitario-funcionales, ya que fue concebida con objetivos múltiples que atraviesan dimensiones educativas, museológicas, patrimoniales, ambientales, sociales y políticas. La idea del proceso de obra como una exposición mas del museo fue parte de las estrategias sociabilizadoras y comunicativas. Las repercusiones en medios locales y el numeroso público que la visitó o participó de los talleres y charlas que se desarrollaron a lo largo de la misma fueron parte del objetivo. Al ser la reforma dentro del complejo arquitectónico del histórico edificio que comparte el museo junto a la sede de gobierno y otros organismos del Estado en el centro de la ciudad de Rosario la convierten en un emblema de la construcción en tierra cruda en contextos urbanos y edificios públicos.

Palabras claves: bioconstrucción, museo, social, ambiental, educación, público, urbano

INTRODUCCIÓN

Los museos de Ciencias Naturales han tenido una tradición descriptiva de algunos aspectos de la naturaleza. En el mejor de los casos se ha superado la etapa de clasificación taxonómica y se ha incursionado en el abordaje de las relaciones entre los elementos físico-naturales con el auge de las perspectivas ecosistémicas en el campo de la biología, mediante una narrativa.

El agravante proceso de la pérdida de biodiversidad ha puesto a algunos museos de Ciencias Naturales bajo un discurso de denuncia ante los problemas ambientales principalmente desde una perspectiva preservacionista y biocentrista. Con el tiempo, los debates dentro del campo de estudio de la ecología han demostrado que no se puede concebir al hombre separado de la naturaleza y la ecología se fue nutriendo de otras disciplinas extra-biológicas dando origen a líneas de investigación científicas internacionales como la Economía Ecológica (Costanza 1991; Martínez Alier 1999), la Ecología Política (Lipietz 2002), la Agroecología (Gliessman, S. 2002; Altieri, M 1999), el Ecodiseño (Capuz Rizo y Gómez Navarro 2002), la arqueología ecológica (Butzer 2007) la Ecología Industrial (Seoanez Calvo 1998), la Ecología Urbana (Di Pace 2004), etc. A su vez las críticas desde algunos campos de la ciencia y desde diversas agrupaciones de la sociedad civil a los modelos extractivistas y depredatorios sobre los bienes y servicios naturales han aparecido bajo una innumerable proliferación de formatos de la educación no convencional (manuales, documentales, series televisivas, notas gráficas, intervenciones artísticas, etc.)

La etapa que sigue para la educación ambiental es mostrar las alternativas viables para superar el estadio de la crítica. Para ello nada es más eficaz que predicar con el ejemplo de lo que se conocen como técnicas y tecnologías eco-sociales: la producción agroecológica de alimentos, el consumo y la preparación de alimentos saludables, la utilización de energías renovables no contaminantes (ERNC), el reciclado de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), la bioremediación o saneamiento ecológico de las aguas residuales contaminadas y la bioconstrucción o construcción natural.

El rol educativo de un museo es complejo, pensar acerca del aprendizaje en una institución cultural significa estar atento a la conexión entre cultura y pedagogía. No es suficiente centrarse en las estrategias de aprendizaje individuales, y el potencial educativo de los museos y sus colecciones, es también necesario localizar esto dentro de un conocimiento de los papeles sociales y culturales que representa un museo (Hooper-Greenhill 1999). A su vez, el objeto de la museología no se debe restringir solo a los objetos (colecciones) y a las denominadas funciones museológicas (investigación, documentación, registro y exhibición de objetos) sino que debe abarcar a la institución museo y sus contextos político, social y económico, es decir, entender el fenómeno museológico como un proceso que implica una construcción social que históricamente ha presentado diferentes énfasis (O. Navarro Rojas y C. Tsagaraki 2010).

El Museo de Ciencias Naturales “Dr. Ángel Gallardo” en su carácter de institución de comunicación social y servicio público, se propuso a través de su reforma edilicia proponer un espacio que permita presentar un abordaje crítico de prácticas constructivas naturalizadas.

Con técnicas de bioconstrucción, construimos, habitamos y exponemos nuevos espacios visibilizando el uso de técnicas eco-sociales ofreciendo talleres de capacitación teórico-prácticos para un espectro de diferentes actores sociales.

- Taller teórico-práctico de capacitación en el oficio para albañiles, maestros mayores de obra, artesanos y público en general.
- Conferencia para profesionales (arquitectos e ingenieros) sobre materialidad (resistencia de materiales a la tracción y compresión, estándares y propiedades térmicas, hidrófugas e ignífugas), estándares normativos, beneficios económicos y ambientales e implicancias socio-ambientales de la construcción convencional y la bioconstrucción.
- Charla teórica para funcionarios de la gestión pública con temáticas sobre antecedentes de legislación sobre la bioconstrucción en contextos urbanos. Su potencial para la construcción de viviendas sociales, generación de empleo local y reducción de los pasivos y externalidades socio-ambientales.
- Curso de terminaciones en tierra cruda destinado a quienes ya tenían conocimientos iniciales en bioconstrucción.
- Utilización de la infraestructura de la última etapa de la obra para el dictado de un módulo de un seminario de posgrado de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Rosario.

LA DIMENSIÓN ARQUITECTÓNICA Y PATRIMONIAL

La obra intervino una superficie de 340 mts², contabilizando un total de 70 mts lineales de pared construida de 2,95 mts de altura y espesores de 0,14 y 0,24 cm de espesor. Esta intervención generó nuevos espacios para el museo entre los cuales se encuentran: cuatro oficinas, una sala de reuniones, depósito para herbarios, depósito para zoología, una sala de aislamiento para el ingreso de la colección y un taller de restauración. La construcción requería de un trabajo de tabiquería en madera blanda que es el paso necesario para levantar los muros, todos los revoques fueron elaborados 100% con tierra. Las terminaciones varían entre pintura a la cal y una aplicación de aceite de lino dejando expuesto el color natural de la tierra. Con paños fijos de vidrio y puertas placas, la obra presenta un diseño simple, respetando la estética convencional de oficinas. Lo que la convierte en algo nuevo son los materiales y la visibilidad del predominio de madera y barro a la vista.

Sabiendo que aún no hay estándares sobre los términos que engloban las técnicas, podemos decir que se construyó con las técnicas dentro del gran grupo que se conoce como construcción en tierra cruda sin función estructural y/o entramados. Las técnicas empleadas son las comúnmente conocidas como “paja encofrada” y “quincha” o “bahareque”.



Figura 1a. Muros divisorios interiores con paja encofrada.



Figura 1b. Muros divisorios interiores con paja encofrada. Esquina.

El conjunto de edificios dentro del cual se encuentra el Museo, es un edificio patrimonial con grado de protección 1b y categoría A. El Grado "1" implica la protección directa sobre todo el objeto. La letra "b" especifica las modalidades de intervención permitidas. 1b entonces son los edificios con valorización de su envolvente y de los elementos que la constituyen, previéndose la aplicación de criterios de restauración científica para los elementos compositivos y decorativos de las fachadas. Sin embargo se permite la posibilidad de intervenciones al interior del edificio y se considera posible la alteración de usos según su compatibilidad.



Figura 2. Exteriores del Museo Gallardo, Rosario, Santa Fe.

LA DIMENSIÓN AMBIENTAL

Desde hace al menos medio siglo que la provincia de Santa Fe se consolidó como una provincia minera, ya que realiza con sus barcos areneros extracción de arena del lecho del río Paraná, un insumo básico en la construcción. Esta es una minería de bajo impacto ambiental y la arena es un insumo prácticamente irremplazable para muchos rubros. Pero que pasa con el acero, el cemento, los azulejos, las baldosas, los ladrillos cocidos, etc. En la mayoría de los casos provienen de muy lejos y requieren gastos energéticos e impactos ambientales en su proceso de extracción, transformación y transporte. Lo que hemos promovido desde la mirada del museo es la lógica de llevar el “consumo responsable” a la construcción, intentar reducir al máximo los impactos ambientales en el ciclo de vida de los materiales.



Figura 3. Entrega de materiales en el patio del Museo Gallardo, Rosario, Santa Fe.

Como estrategia la historización del cemento y el uso de la arena se transforman en discursos más movilizadores que si hablamos de huella de carbono o energía incorporada. Lo principal fue romper con la lógica de las prácticas constructivas que heredamos (de un tiempo muy reciente), prácticas que no interrogamos si algunos materiales son sustituibles por otros que disponemos a nuestro alrededor y en estado natural, sin necesidad de un proceso industrial sofisticado de transformación. Allí es donde aparecen materiales no industriales que son igualmente buenos o incluso mejores desde ciertos criterios de evaluación. Y es a partir de allí que comenzamos con los análisis ya sea desde la *economía ambiental*, con la crítica de los pasivos o externalidades ambientales no incorporadas en el costo de producción; o desde la *economía ecológica* a partir de medir los costos de producción medidos en términos biofísicos y no monetarios.

La obra de esta manera permitió al Museo de Ciencias Naturales como institución de construcción de conocimiento elaborar un discurso que sitúa a los visitantes dentro del ecosistema donde se asienta la ciudad de Rosario, rodeados de la pampa húmeda y la llanura aluvial del río Paraná, ecosistemas naturales y agroecosistemas que nos proveyeron de los materiales necesarios para la reforma edilicia, con una menor huella ecológica.

LA DIMENSIÓN SOCIAL

Tecnologías intermedias y/o tecnología social hace referencia a dimensiones como la soberanía técnica-tecnológica, la baja inversión de capital inicial, la relación entre inversión de capital y generación de empleo, la independencia de insumos, la independencia de servicio y asesoramiento hiperespecializado, la libertad de uso de licencias o propiedad intelectual (Schumacher 1983).

La estética de la obra fue pensada desde cierto conservadurismo, es decir, que si bien estábamos innovando (teniendo aquí esta paradoja de la innovación, innovamos en nuestra historia reciente con materiales que se utilizaban de modo corriente cien años atrás) en cuanto al uso de materiales, fue una decisión premeditada no innovar en la estética. Esto se pensó de esta manera para evitar que los visitantes asocien unívocamente la técnica con la estética. El auge que en nuestro país está teniendo la construcción en tierra cruda, principalmente a través las redes sociales favorecidas por las nuevas tecnologías de la información podrían estar recreando una homogeneidad estética en la construcción natural. La homogeneidad de esta nueva estética en la construcción natural, lo que generaría para nosotros es un atractivo solo en un segmento social pero que no logrará ser atractiva para otros sectores de la población con las formas de lenguaje verbal, iconográfico y estético predominante. Si la construcción natural, acordamos que es buena social y ambientalmente, deberíamos promoverla apuntando a la diversidad cultural y no a esta nueva monocultura estereotipada de algunos sectores ambientalistas del siglo XXI. Lo que con nuestro conservadurismo estético lo que en realidad quisimos mostrar es que la bioconstrucción puede ser orgánica-irregular, ortogonal-rectilínea, o más precisamente podríamos decir que la bioconstrucción puede manifestarse bajo formas estéticas como ser la Clásica, Colonial, Islamista, neoclásica, neocolonial, art decó, deconstructivista, expresionista, futurista, etc.



Figura 4. Muro de paja encofrada con ventana sin terminación mostrando materiales y detalle constructivo.

LA DIMENSIÓN EDUCATIVA Y DE TRANSFERENCIA SOCIAL

La obra se ejecutó en el año 2013 y hoy ya están en pleno funcionamiento algunas oficinas y en etapa de mudanza e instalación final algunos de los demás espacios constructivos. La experiencia y el balance son absolutamente positivos en lo que respecta al atractivo y la repercusión social que tuvo en gran parte de la ciudadanía Rosarina que se acercó y participó activa o pasivamente de la reforma edilicia. Hoy podemos decir que la realización de reformas internas de construcción en tierra cruda no tienen grandes limitaciones. El ejemplo del Museo Provincial de Ciencias Naturales “Dr. Ángel Gallardo” muestra que si lo hemos concretado en un edificio público, patrimonial y céntrico de una ciudad de la envergadura de Rosario puede ser replicado en muchos más lugares. El antecedente no es menor y esperamos que sirva para que experiencias similares puedan ser replicadas en otras instituciones públicas y privadas. El avance técnico por parte de los profesionales de la construcción es sin duda de gran importancia pero más aún lo es el avance del conocimiento de estos materiales y técnicas por parte de la ciudadanía en general. El potencial para viviendas sociales, soluciones habitacionales confortables y de bajo costo, aún precisa de más experiencia y antecedentes, pero en contextos rurales aislados hoy consideramos que es la mejor opción aunque precisa de un entramado social que facilite etapas constructivas bajo lógicas no asalariadas y de trabajo comunitario y eso excede a las técnicas y los materiales, aunque muchas veces detrás de las técnicas y de la estética hay ideología asociada, y detrás de la tierra cruda hay ideales como el consumo responsable y el trabajo asociativo, solidario y colaborativo. Estas ideas son las que hay que propagar, y si a través de nuestra experiencia hemos abierto una puerta para favorecer la propagación de estas ideas creemos que nuestro esfuerzo ha superado las expectativas iniciales.

BIBLIOGRAFÍA:

- Altieri, M (1999), *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*. Ed. Nordan-Comunidad. Montevideo.
- Butzer, K. W. (2007), *Arqueología, una ecología del hombre: método y teoría para un enfoque contextual*. Ed. Belaterra. Barcelona.
- Capuz Rizo, S. y T. Gómez Navarro. (2002), *Ecodiseño. Ingeniería de ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. Ed. Universidad politécnica de Valencia.
- Costanza, R. (1991), *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*. Ed. Columbia University.
- Di Pace, M. (2004), *Ecología de la ciudad*. Ed. Prometeo. Buenos Aires.
- Francois Mairesse (2013), *El Museo híbrido*. Ed Ariel. Buenos Aires.
- Gliessman, S. (2002), *Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Ed. Catie. Turrialba, Costa Rica.
- Hooper-Greenhill, Eilean. (1999). *The Educational Role of the Museum*. Routledge.
- Lipietz, A. (2002), *¿Qué es la ecología política? La gran transformación del siglo XIX*. Ed. LOM. IEP. Santiago. Chile.
- Martinez Alier, J. (1999), *Curso de economía ecológica. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente*. Oficina Regional para América Latina y el Caribe.
- Montero J. (2006), *Sotaiart: prácticas críticas en los intersticios de un museo*. Facultad de Educación. Universidad de Salamanca.
- Navarro Rojas, O y Tsagaraki, C. (2010), *Museos en la crisis: una visión desde la museología crítica*. Universidad Nacional de Costa Rica.
- Schumacher, E. F. (1983), *Lo pequeño es hermoso*. Ed. Orbis, Buenos Aires.

Seoanez Calvo, M. (1998), *Ecología industrial: ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa : manual para responsables medioambientales*. Ed. Ilustrada. Madrid.



CABAÑA CONSTRUIDA CON ADOBE EN CATAMARCA: COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO EN INVIERNO

Víctor García, Adriana Medina, Norma Rodríguez

Resumen: Este trabajo muestra los resultados de las mediciones higrotérmicas, realizadas en un módulo de una cabaña construida con adobe, localizada a 3,5 km del centro de la Ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca, utilizada para alojamiento turístico. La misma está conformada por un estar-comedor, un dormitorio, cocina y baño, que totalizan una superficie de 51,75 m². El monitoreo fue realizado durante 15 días en el mes de julio de 2014, registrándose temperatura y humedad relativa en el interior y exterior del módulo, y la radiación solar. El objetivo principal fue conocer el comportamiento higrotérmico en relación a parámetros de confort. En este sentido, se monitorearon y analizaron dos situaciones de la cabaña, ocupada y desocupada. Los resultados de las mediciones de temperatura indican condiciones de confort adecuados para un complejo turístico.

PALABRAS CLAVES: Cabañas, adobe, comportamiento higrotérmico.

INTRODUCCION

El actual modelo energético, basado en generar energía a cualquier precio para satisfacer una demanda creciente, es insostenible para cualquier sociedad. La preocupación por preservar el ambiente y aumentar el grado de autoabastecimiento energético ha llevado a los países a orientar sus políticas energéticas hacia una reducción del consumo de energía, incentivando el ahorro y la eficiencia.

Las mejoras en eficiencia energética incluyen todos los cambios que conllevan una reducción de la cantidad de energía para un mismo nivel de actividad, teniendo en cuenta que la satisfacción de los requerimientos de la sociedad actual de llevar asociado el menor costo económico, energético y ambiental posible para el territorio. Esto hace que el concepto de eficiencia energética, además de su carácter tecnológico, tenga también un marcado carácter social y económico, abarcando el funcionamiento del sistema energético y el proceso de desarrollo de las regiones.

Hoy de nuevo, tierra, barro, y adobe, son de gran valor en la construcción. Con estos materiales naturales es posible hacer hermosas casas que contribuyen al cuidado del ambiente, gracias a ellos se puede aprovechar lo que está al alcance de la mano, la tierra del suelo.

Entre las variantes ecológicas de la arquitectura actual, los proyectos de casas de tierra, barro, y de adobe, evolucionan en proyectos modernos como si fueran conceptos nuevos para la construcción. Esto se ve con diseños modernos, e incluso en los actuales estilos arquitectónicos.

En este marco, la construcción con barro y la casa de tierra cruda, presentan varias ventajas, entre ellas, el excelente comportamiento térmico del material, con una conductividad térmica de 0,6 W/m. °C que, al transferir poco calor, actúa como un atenuador térmico, siendo su resistencia térmica de 1,6 m°C/W.

El aislamiento acústico del adobe y la tierra es de un nivel destacable, considerando que los muros de barro son gran espesor y su densidad de 1600 kg/m^3 , semejante a la del hormigón armado. Con superficies internas rugosas, se logra una dispersión del sonido y, por lo tanto, una atenuación del mismo. La tierra tiene además otra ventaja, aísla de las radiaciones electromagnéticas de alta frecuencia (Minke, G, 2001).

El material (tierra, barro o adobe) tiene gran resistencia al fuego, lo cual significa que durante 180 minutos un muro de 0,30 m de espesor no es afectado por el fuego, además de resistir muy bien los impactos.

Por tratarse de un material natural, económico y ecológico, la tierra cruda se suele extraer del lugar donde se levantará la construcción y se transforma en material útil (el adobe) casi sin energía adicional. Intercambia humedad con el exterior y mantiene el clima interior en niveles húmedos aceptables y saludables.

La tierra puede usarse cruda apisonada. El barro se convierte en masa de barro al sumar arena a la tierra arcillosa húmeda, y adobe en algunas construcciones se suele agregar paja. El adobe, moldeado en forma de bloque o ladrillo, se pone a secar al sol, resultando así un elemento útil para la construcción de muros. El empleo de estos materiales es promovido en el presente gracias a conceptos de sustentabilidad, (Minke, G., 2001).

Los diseños arquitectónicos modernos y contemporáneos, despiertan aceptación, considerando que este material natural es muy significativo para muchas personas, además de representar un cambio de mentalidad en pro de la ecología.

En este trabajo se presentan las mediciones de temperatura y humedad, realizadas en una cabaña construida con adobe con fines turísticos en la Ciudad de Catamarca, con el objetivo de tener una primera aproximación del comportamiento higrotérmico relacionada con las condiciones de habitabilidad y de confort de las mismas..

UBICACIÓN Y DESCRIPCION DE LA CABAÑA

La cabaña se encuentra ubicada en un complejo de 4.000 m^2 de 8 cabañas construidas en materiales tradicionales de la zona, cerrado y parqueado, situado a 3,5 km del centro de la capital de Catamarca. Su utilización principal es con fines turísticos, con un amplio parque, salón para eventos y pileta de natación, Figura 1.

El predio se ubica en la Zona Bioambiental II, Sub-Zona IIa, de la República Argentina, según la Norma IRAM 11.603. Su posición geográfica se ubica en las coordenadas $28^\circ 28' 40''$ latitud Sur y $65^\circ 48' 17''$ longitud Oeste, y 500 msm. Catamarca cuenta con un clima semiárido cálido, de sierras y bolsón, en donde las lluvias son escasas, con un promedio de 458 mm, concentradas en los meses más calurosos. El aire es seco y caracterizado por la frecuente ocurrencia del viento noreste, cuya máxima intensidad se registra entre los meses de octubre y noviembre. Los veranos son secos y cálidos y los inviernos templados. La temperatura media anual es de 21°C con un máximo promedio de 34°C en verano y una mínima promedio de 4°C en invierno.

En la Figura 2 se muestra un mapa satelital de la ubicación del predio y la cabaña seleccionada.



Figura 1: Vista del complejo de cabañas.



Figura 2: Foto satelital de la ubicación del predio de las cabañas.

Las cabañas fueron construidas en el sector norte del complejo, con su fachada principal orientada hacia el Sur frente al sector parqueizado, y la planta de las mismas están alineadas una a continuación de la otra. En las Figuras 3 y 4 se muestra el frente y el interior de las cabañas.



Figura 3: Foto del frente de las cabañas.



Figura 4: Foto del interior de la cabaña.

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

La cabaña tiene 103 m² de superficie, dividida en dos módulos, uno de ellos, (el de la derecha) seleccionado para la evaluación, tiene 51,75 m² de superficie cubierta y consta de los siguientes ambientes: un dormitorio de 10 m², un estar-comedor de 10 m², una cocina de 3,25 m², un baño de 3,02 m² y un pasillo de 3,73 m², Figura 5.

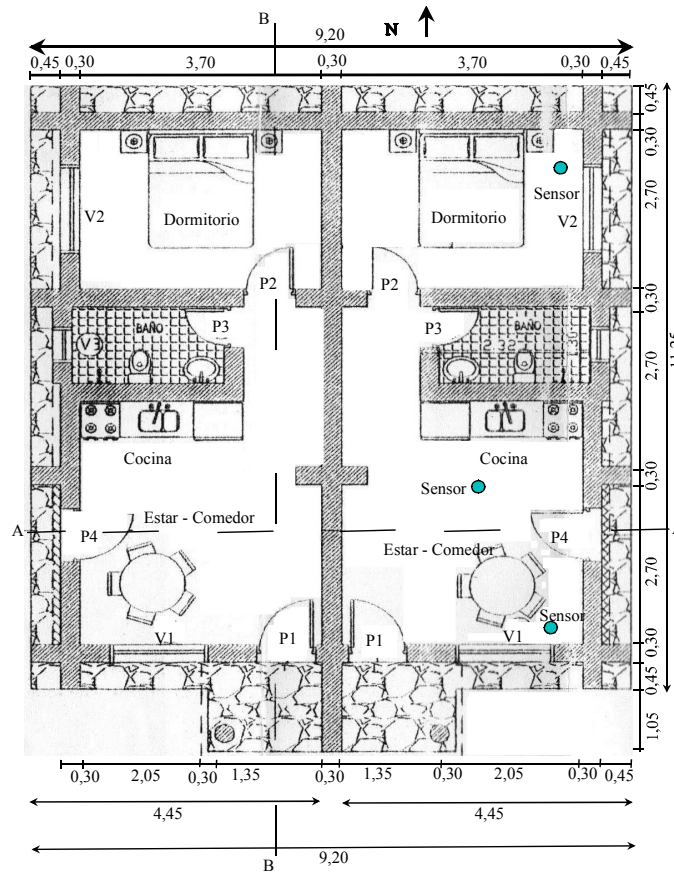


Figura 5: Planta de la cabaña.

El techo de la cabaña es a dos aguas, sin aislación térmica, con 3,75 m de altura máxima. Todos los ambientes interiores cuentan con un cielo-raso de machinbre lustrado montado a los 2,50 m, sobre una estructura portante de tirante de madera. La parte exterior se cubrió con chapas de zinc prepintada para evitar las infiltraciones de agua por capilaridad en las uniones de las tablas, Figura 6.

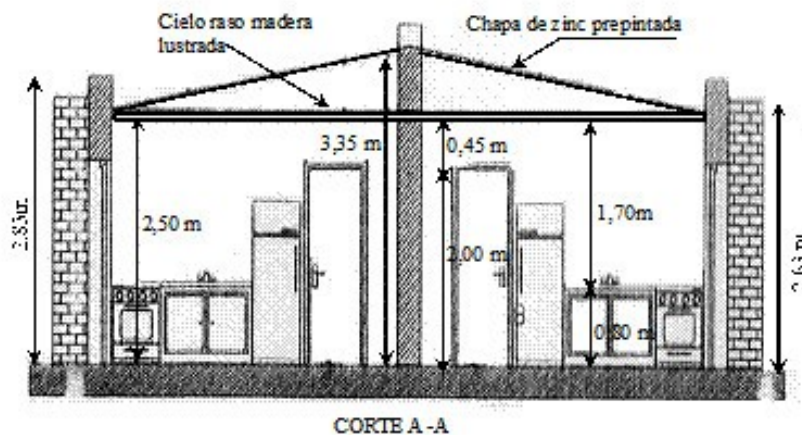


Figura 6: Corte de la cabaña.

Los muros internos y externos son de adobe realizados con el sistema de moldeo directo con un espesor de promedio de 0,30 m, apoyados en una viga de ladrillos comunes de 0,30 m x 0,30 m, mortero y encadenado de hierro para lograr una aislación hidrófuga.

En la parte exterior, solamente por una cuestión de cambio de fachada, se le añadió un muro de piedra de 1 m de alto por 0,45 m de espesor alrededor de la cabaña, Figura 7, (Negro J.). El contrapiso también es de mortero con cascote molido de construcciones recicladas, la viga y el contrapiso están basados en un cemento corrido.

Tiene 4 puertas de madera, las 2 que comunican con el exterior de 2 m x 0,90 m, la del dormitorio 2 m x 0,80 m, y la del baño 2 m x 0,70 m, 2 ventanas de madera con vidrio simple repartido, cada una con celosía en los ambientes principales de 1.20 m x 1.50 m (estar-comedor), y 1,20 m x 1 m (dormitorio), y un ventiluz en el baño de 0,60 m x 0,40 m. Una vereda de 0,60 m rodea toda la construcción.

El ingreso de luz natural se realiza a través de 6 paneles de vidrio de 0,15 m x 0,15 m empotrados directamente en los muros laterales, los que muestran buen comportamiento térmico y beneficia el ingreso de iluminación al interior. La iluminación artificial está dada por lámparas de bajo consumo y lámparas de LEDS. El agua caliente es suministrada por la combinación de calefones eléctricos y 2 colectores solares de origen chino, Figura 7.

La cocina cuenta con heladera con freezer, microondas, cafetera eléctrica, cocina eléctrica, juguera y licuadora, además de 2 aire acondicionado en dormitorio y comedor, y un TV LCD HD 32', Figura 8.



Figura 7: Módulo seleccionado



Figura 8: Comedor del módulo.

MATERIALES Y METODO DE EVALUACION

La evaluación del comportamiento de la edificación fue realizada con el registro continuo de temperatura y humedad durante 15 días del mes de julio. Se evaluaron los ambientes mientras estaban ocupados por turistas en las vacaciones de invierno de modo de tener un panorama del funcionamiento del edificio en los toques máximos de temperatura y humedad y también cuando se encontraba desocupada.

Las mediciones realizadas in-situ de temperatura y humedad relativa en el interior y exterior de la cabaña se registraban cada 15 minutos. Se utilizaron sensores de adquisición de datos HOBO U 12 temperatura y humedad relativa, con niveles de medición comprendidos entre -20 y 70 °C, y 5 % y 95 % de temperatura y humedad relativa respectivamente. Uno, localizado en el exterior a la sombra, permite registrar la temperatura y la humedad relativa del lugar, y los restantes en el interior, distribuidos en el dormitorio y estar-comedor, Figura 5, alejados de la influencia de los elementos constructivos con masa, corrientes de aire, radiación solar directa o de otra fuente de calor.

Para el procesamiento de los datos, se utilizaron los programas 'HOBOWarePro' y 'Excel'. Los valores correspondientes a la radiación diaria fueron obtenidos por una estación meteorológica DAVIS.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Las condiciones de comodidad térmica dependerán de los factores del usuario: tipo de actividad, vestido, aclimatación, etc., teniendo en cuenta además que son turistas que permanecen pocos días en las mismas, resultando algo ingenuo fijar valores o límites estrictos para la comodidad, aunque se haya hecho así muchas veces. En general, hay que hablar de temperaturas del aire entre 15 °C y casi 30 °C, con humedades entre 40 y 80 % de la de saturación para cada temperatura (Serra, 1999).

Para analizar las temperaturas registradas, definidas para la Ciudad de Catamarca de acuerdo a sus características climáticas, los parámetros de confort entre 18 y 25 °C y de 30 a 60 % de humedad relativa.

PERIODO DEL 9 AL 13 DE JULIO – CABAÑAS OCUPADAS

En la Figura 9 se muestran los resultados de las mediciones de radiación de 600 a 665 W/m² con días claros y temperaturas entre los 9,2 °C y 23 °C con una media de 15 °C.

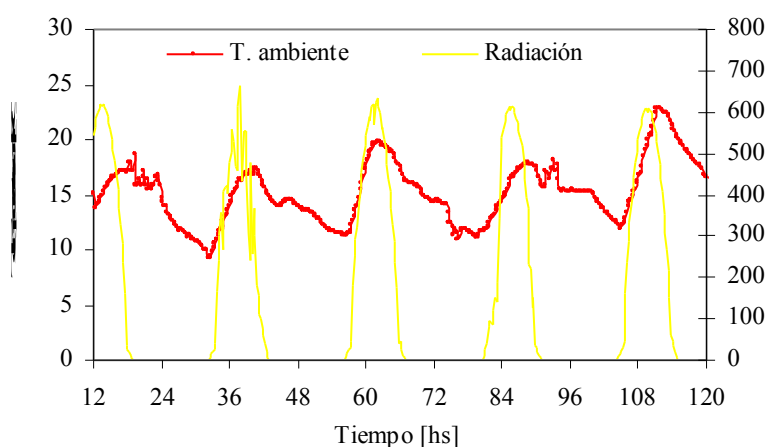


Figura 9: Radiación y temperatura ambiente exterior del 09 al 13 de julio.

En este periodo, las cabañas ocupadas presentaron el comportamiento térmico que se muestran en la Figura 10 y la Tabla 1.

En el estar-comedor, el 100 % de las mediciones registradas se encuentran dentro de los parámetros de confort (18 °C – 25°C), observándose que el valor de temperatura mínima fue 20 °C, y 30 °C de temperatura máxima.

En el dormitorio se puede observar que, si bien las temperaturas alcanzadas medidas se encuentran dentro del área de confort con valores mínimos de 20 °C, durante la noche los ocupantes encendían el sistema de aire acondicionado alcanzando valores de hasta 30 °C, superando la línea máxima de confort térmico.

Se observa que el gradiente térmico exterior está muy bien atenuado por el edificio en el interior, apreciándose también el desfase de los máximos y mínimos exteriores con los interiores debiéndose a la inercia térmica de los muros.

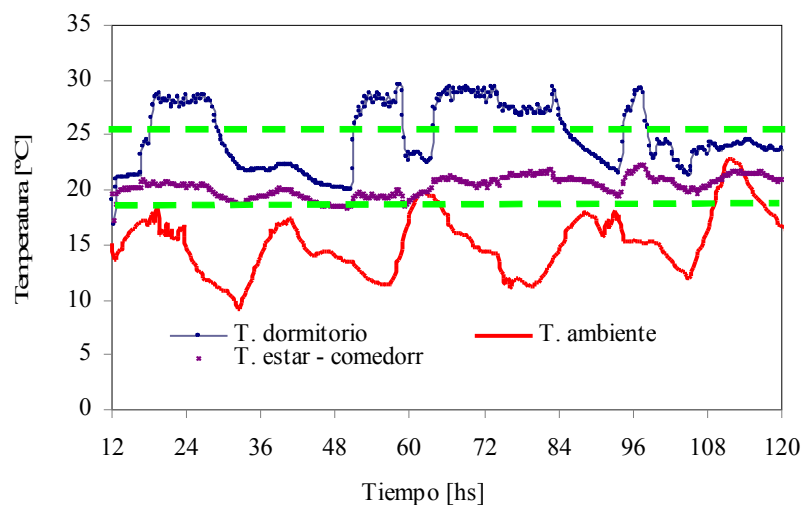


Figura 10: Comportamiento térmico del estar - comedor y dormitorio.

Locales	Mín. (°C)	Máx. (°C)	Media (°C)	Amplitud térmica (°C)
Dormitorio	20	30	25	10
Estar comedor	18	22	20	2

Tabla 1: Comportamiento térmico de cada local de la cabaña.

Respecto a la humedad relativa durante los días que se realizó el monitoreo, los valores promedios en estos locales se encuentran en la zona confort de humedad, con humedades relativas medias 42 % y 52 %, para el dormitorio y el estar-comedor respectivamente.

En el dormitorio, ubicado en el norte de la cabaña, las mediciones registradas de humedad relativa mínima fueron de 25 % en el tercer día, mientras que en el estar-comedor, la humedad relativa máxima fue superior la zona de confort en los últimos días de este periodo, prefijada en un valor del 70 %, Figura 11.

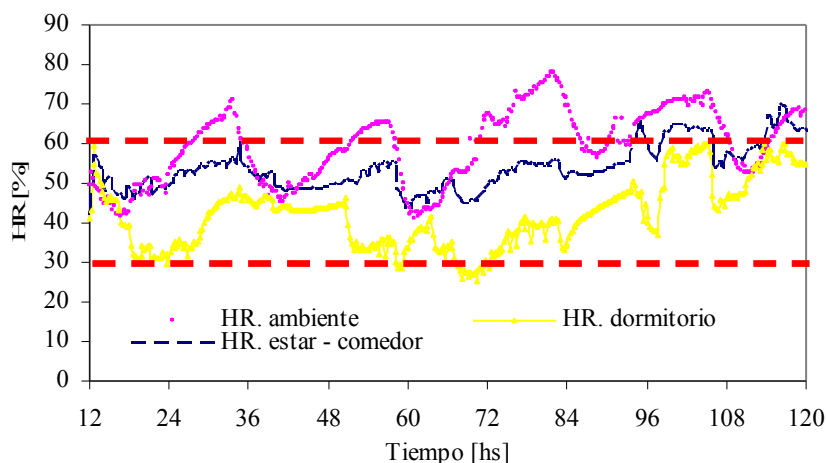


Figura 11: Humedad relativa en el interior del estar-comedor y dormitorio.

En la Tabla 2 se muestran los valores resumidos de las humedades relativas para los dos locales que han sido monitoreados.

Locales	Mín. (%)	Máx. (%)	Media (%)	Amplitud (%)
Dormitorio	25	60	42	35
Estar comedor	46	70	53	26

Tabla 2: Comportamiento de la humedad relativa en cada local de la cabaña.

PERIODO DEL 18 AL 23 DE JULIO – CABAÑA DESOCUPADA

En la Figura 12 se muestran los resultados de las mediciones de radiación con valores comprendidos entre 621 W/m^2 y 625 W/m^2 con días claros y similares. Las temperaturas varían de $5,49^\circ\text{C}$ a 22°C , con una media de 16°C .

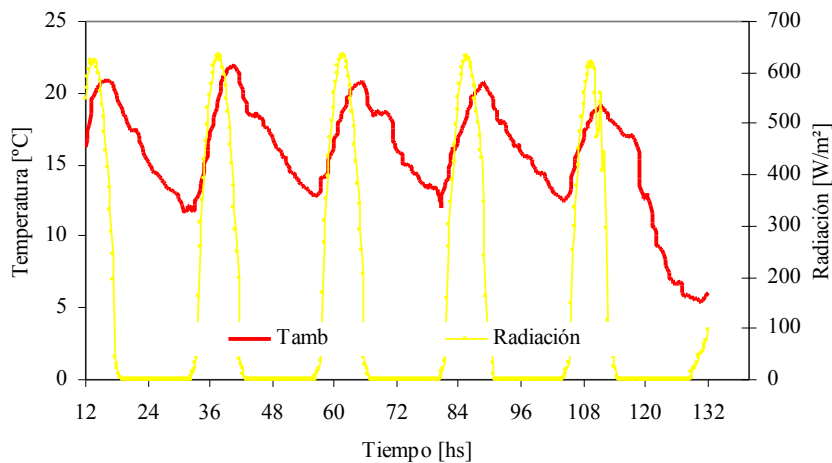


Figura 12: Radiación y temperatura ambiente exterior del 18 al 23 de julio.

En la Figura 13 y la Tabla 3, se observa el comportamiento térmico de los locales de la cabaña durante este periodo.

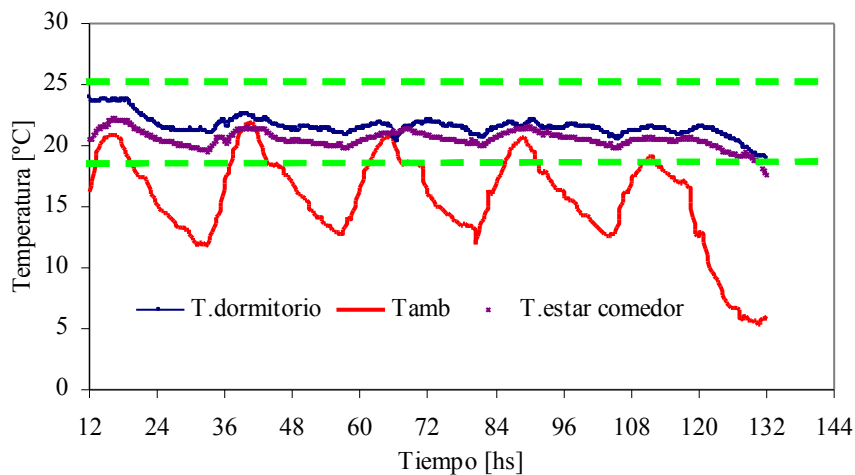


Figura 13: Comportamiento térmico del estar-comedor y dormitorio.

En la estar-comedor, las mediciones registradas de temperatura media diaria están dentro de los parámetros de confort (18 °C - 25 °C). El 100 % de las mediciones registradas de temperatura mínima diaria y la temperatura máxima diaria están dentro del área de bienestar, exceptuando el último día cuando se registró 5,49 °C, la temperatura más baja. Se observa además que no he hizo uso de los sistemas de acondicionamiento en ninguno de los locales.

Locales	Mín. (°C)	Máx. (°C)	Media (°C)	Amplitud termica (°C)
Dormitorio	19	24	22	5
Estar comedor	18	22	21	4

Tabla 3: Comportamiento térmico de cada local de la cabaña.

La Figura 14 muestra la humedad relativa durante los días que se realizó el monitoreo, y los valores promedios en estos locales se encuentran en la zona confort de humedad, con humedades relativas medias 38 y 47 %, respectivamente en el dormitorio y estar-comedor.

En el dormitorio, ubicado al norte de la cabaña, las mediciones registradas de humedad relativa mínima estuvieron dentro del rango de confort propuesto, mientras que las humedades relativas máximas durante el periodo monitoreado se encuentran por arriba de los 60 %.

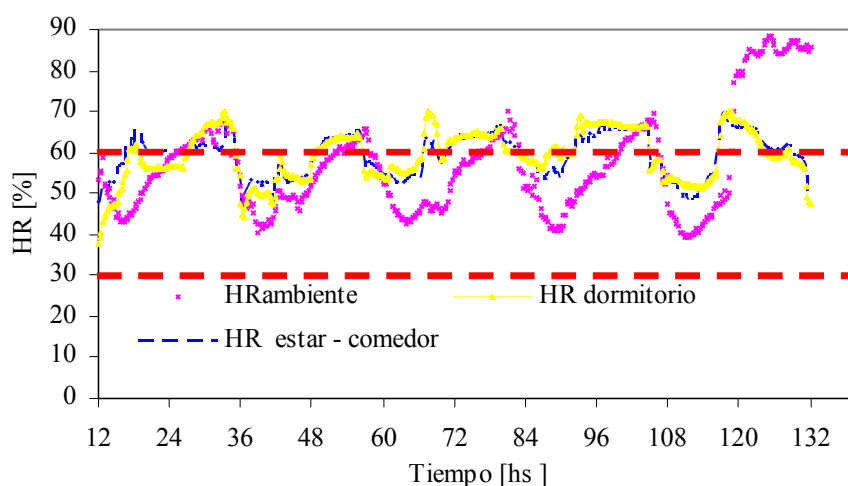


Figura 14: Humedad relativa en el interior del estar - comedor y dormitorio.

En la Tabla 4 se muestran los valores resumidos de las humedades relativas para los dos locales monitoreados.

Locales	Mín. (%)	Máx. (%)	Media (%)	Amplitud (%)
Dormitorio	38	68	59	30
Estar comedor	47	68	47	21

Tabla 4: Comportamiento de la humedad relativa en cada local de la cabaña..

CONCLUSIONES

El trabajo permitió analizar el comportamiento higrotérmico y las condiciones de confort durante un periodo invernal de una cabaña con fines turístico, construida con adobe. Se cuantificaron sus valores higro-térmicos tomando como referencia los parámetros de confort entre 18 y 25 °C de temperatura, y entre 30 y 60 % de humedad relativa

Si bien la humedad relativa fue alta, en el segundo periodo, no superó el 70 %, que es el máximo considerado por la Organización Mundial de la Salud para que un ambiente adquiera el Síndrome del Edificio Enfermo (SEE).

El comportamiento de la edificación en invierno es muy bueno, dada la atenuación de la temperatura exterior, ya sea por la orientación de la construcción, la composición de su envolvente, y su inercia, lo cual permite mantener la temperatura confortable para lograr un adecuado nivel de habitabilidad.

En general, se puede determinar que el funcionamiento totalmente pasivo del edificio es muy bueno, obteniéndose del análisis que sólo en muy escasos días del monitoreo, la temperatura y la humedad interior superaron la de confort en contadas horas.

Como plan de trabajo a futuro, se propone realizar un monitoreo durante un año, a fin de determinar el balance energético, con la simulación de la cabaña seleccionada.

REFERENCIAS

- Díaz, C.; Corredera C. y Czajkowski J. (2005). Resultados de Mediciones de Confort Higrotérmico en Viviendas de Interés Social en Tierra del Fuego. Campaña de Verano. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 9, 05.79- 05.84.
- Grossi Gallegos H., Righini R. (2007) Atlas de Energía Solar de la República Argentina. Secyt Instituto de Normalización y Certificación. Argentina
- IRAM 11603 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- Minke, G.: Manual de construcción con tierra, Montevideo, Uruguay, 2001
- Negro J. Consulta al propietario de las Cabañas.
- Serra, R (2000) Arquitectura y clima. Editorial Gustavo Gili. ISBN: 84 – 252 – 1767 – 9. pp. 13 -22.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Grupo de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Catamarca (GERCa) por el préstamo del instrumental utilizado para realizar las mediciones del presente trabajo, y al propietario de las Cabañas Samay, Sr. Mauro Javier Negro. Este trabajo está financiado por SPU, Línea Gral. Mosconi.

Construcción con Tierra CT6

FORMATO DE LOS ARTICULOS

- Tamaño de hoja:** A4 – IRAM/ISO A4 (ancho 21 cm, alto 29,7 cm).
- N° de páginas:** **Trabajos:** 6 a 14 páginas, con fotos y gráficos, a simple faz, preferentemente en número par (6, 8, 10, 12 o 14).
Notas, comentarios sobre nuevas publicaciones: 1 a 4 páginas.
- Estructura sugerida:** Introducción, contexto (ambiental, social, patrimonial), desarrollo (técnicas constructivas, transformación y adaptación, problemas y logros), conclusiones, reconocimientos y referencias.
- Márgenes:** Superior: 2,50 cm. Inferior: 2,50 cm. Izquierdo: 3,00 cm. Derecho: 2,50 cm
- Título del trabajo:** Centrado, en mayúsculas y negrita, 12 pt.
- Autor/es:** Centrado, en minúsculas y negrita, 12 pt., sin títulos académicos o profesionales, a una línea en blanco del título. Se incluye un breve CV de los autores en la introducción a la publicación.
- Resumen:** Máximo de 300 palabras, sintetizando el contenido: contexto, objetivos y alcances del trabajo, metodología, desarrollo, resultados, transferencia y conclusiones, a dos líneas en blanco del autor. Sin referencias y en un bloque de texto.
- Palabras clave:** 3 a 5 palabras o frases, que faciliten la identificación del tema, a una línea en blanco del Resumen.
- Títulos de secciones:** Sin numerar, mayúsculas 12 pt. en negrita, justificados a la izquierda, con dos espacios arriba y uno abajo, incluyendo Resumen,
- Reconocimientos y Referencias.**
- Texto:** Times New Roman, 12 pt., con interlineado ‘sencillo’ y ‘espaciado’ anterior y posterior 0 pt, sin espaciado entre líneas. Párrafos sin sangría, justificados, con un espacio sencillo entre párrafos.
- Imágenes:** Con numeración y epígrafe inferior, en 12 pt. Las imágenes, mínimo 300 dpi, serán insertados en el texto. Se debe enviar imágenes en archivo aparte, preferentemente con mayor definición. Las imágenes que no sean de los autores deben estar referenciadas, y los autores deben responsabilizarse de solicitar la respectiva autorización de reproducción, en caso de ser necesaria.
- Colocación de imágenes:** Se coloca en una ‘tabla’ sin líneas visibles, con el formato del imagen ‘en línea con el texto’ en la pestaña ‘diseño’. Las imágenes horizontales serán centradas o con dos imágenes uno al lado del otro, colocados para coincidir con los márgenes del texto. Los epígrafes serán incluidos en la próxima fila de la tabla, nunca como ‘cuadro de texto’. Se debe evitar grandes superficies en blanco.
- Tablas:** Con numeración y título superior en 12 pt., ubicadas cerca de la referencia en el texto. El contenido de la tabla será 12 pt, aunque se acepta un mínimo de 10 pt en tablas con muchos datos, sin exceder los márgenes de las páginas.