

## 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 cemento<sup>1</sup>, estudios sobre elementos constructivos de suelo-cal-cemento (revoques y pisos, destacándose unas baldosas artesanales con excelentes resultados en ensayos de resistencia)<sup>2</sup>, estudios térmicos sobre dicha vivienda, estudios térmicos comparativos entre viviendas de suelo-cemento en distintos climas<sup>3</sup>, 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 tradicional<sup>4</sup>. 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.

---

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

<sup>2</sup> Investigación realizada conjuntamente con el Arq. R. Rotondaro.

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

<sup>4</sup> 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 en tierra, 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.

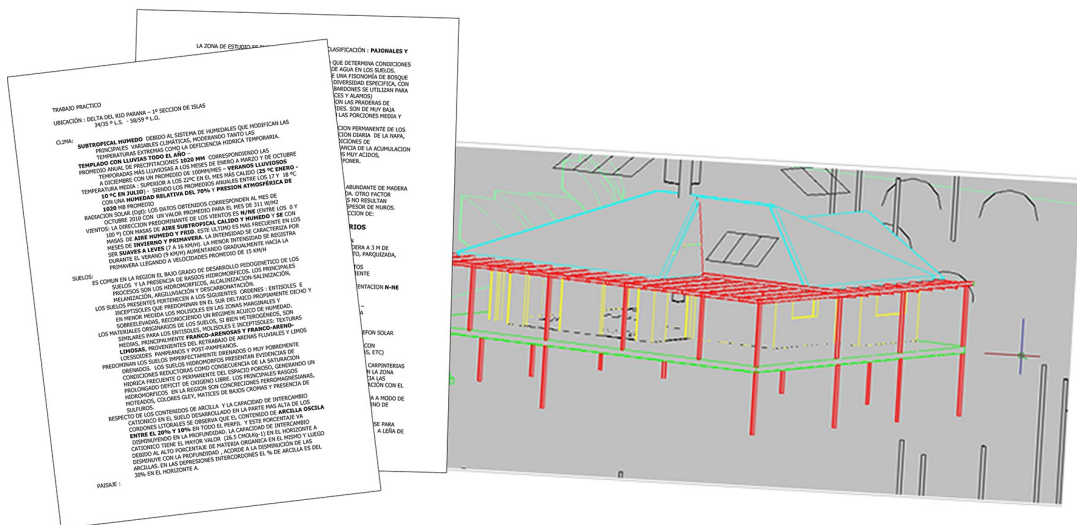


Figura 2. Imágenes del trabajo presentado por la Arq. Alicia Coronel

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 quincha, 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 quincha:** 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.

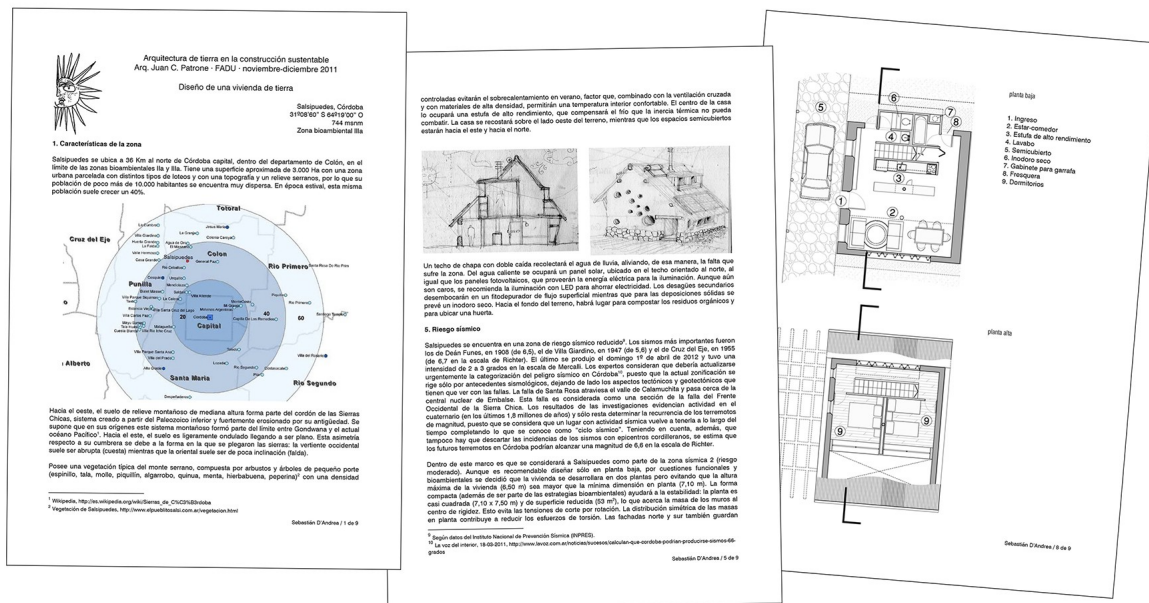


Figura 3. Trabajo presentado por el Arq. Sebastián D'Andrea.

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.

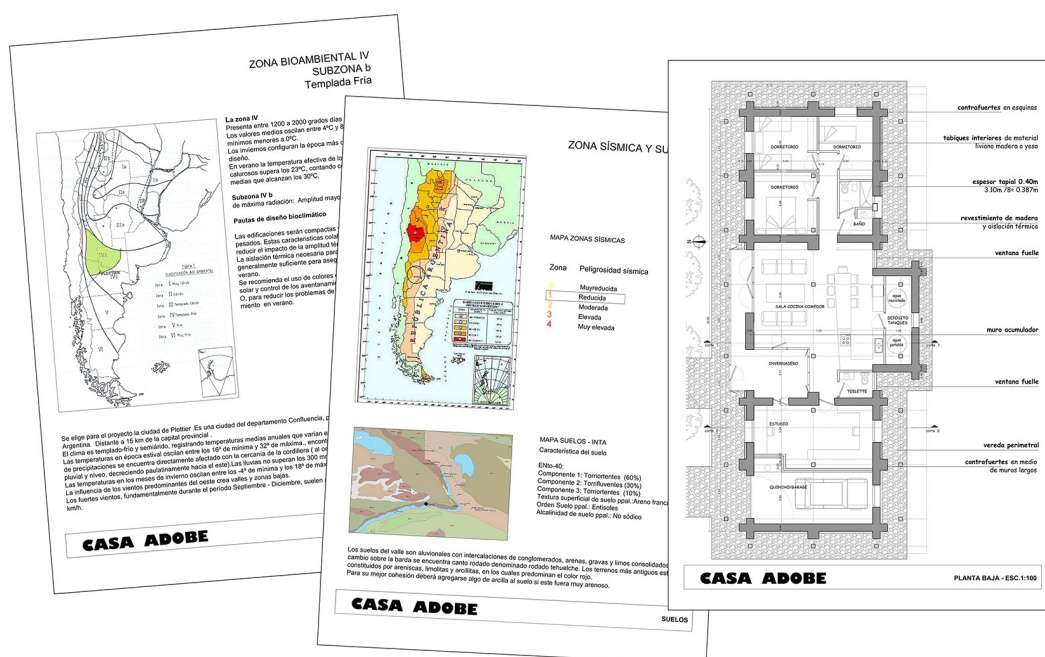


Figura 4. Trabajo de la Arq. Alicia Di Fede.

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.

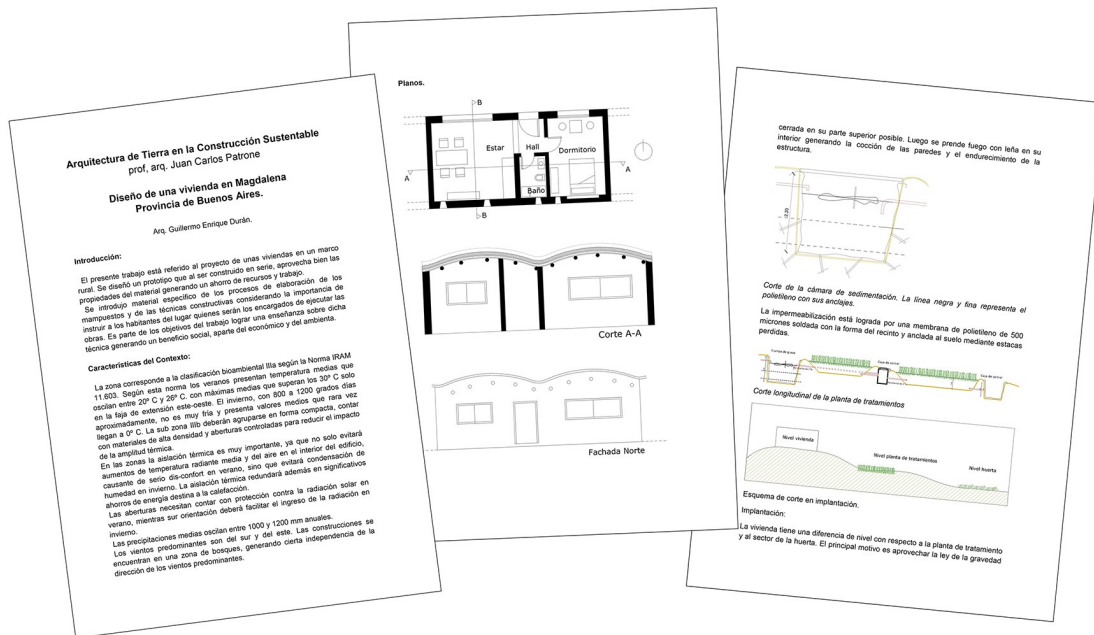


Figura 5. Trabajo presentado por el Arq. Guillermo Durán

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.

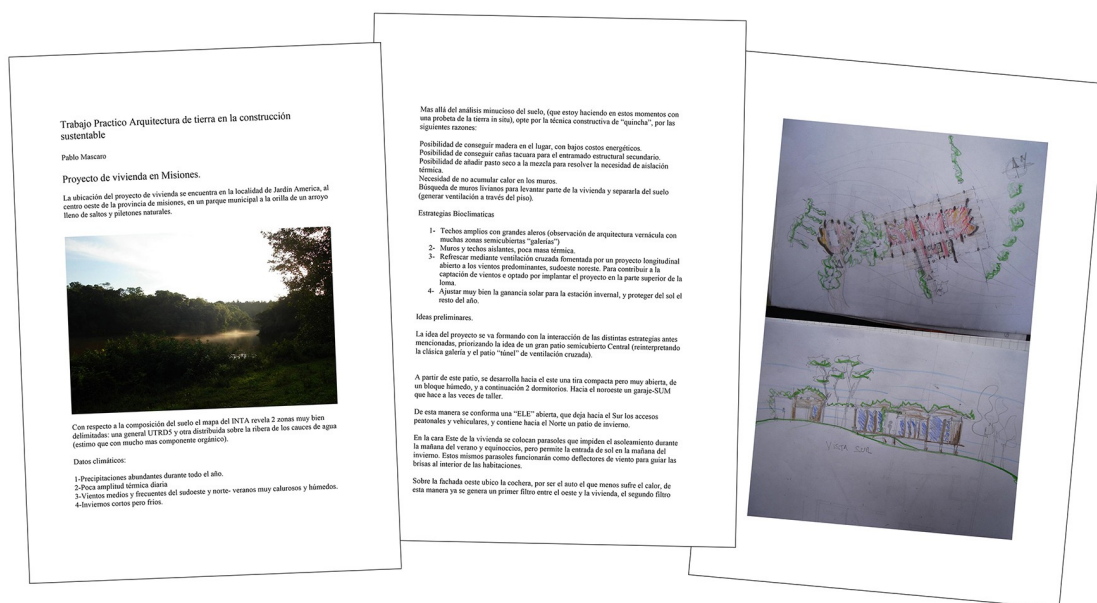


Figura 6. Presentación del Arq. Pablo Mascaró.

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.