



ANÁLISIS DE FENÓMENOS PATOLÓGICOS OCASIONADOS EN VIVIENDAS DE TIERRA EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN, ARGENTINA, POR LOS TERREMOTOS DE 1944 Y 1977

María Pía Castilla¹, Leonardo Jesús Funes², Vanesa Torres Atencio³

Universidad Nacional de San Juan, Universidad-Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat, Argentina

¹piacastilla1986@gmail.com; ²despachodpdu@gmail.com; ³arqveta04@gmail.com

Palabras clave: Análisis, Construcciones de Tierra, Sismo, Técnicas Constructivas, Evaluación

Resumen

La Provincia de San Juan se localiza en la República Argentina, siendo esta zona la de mayor riesgo sísmico en el país. A pesar de estas características, siempre se construyó e se continúa construyendo con tierra. El objetivo de este informe es analizar viviendas edificadas con este material, pre terremotos de 1944 -1977, comparando las características constructivas que les permitieron resistir a los esfuerzos sísmicos. Se sigue una metodología de investigación exploratoria-descriptiva, de un número pequeño de muestras ubicadas en zonas urbanas y suburbanas de la provincia. Con soporte teórico basado en la normativa existente a nivel internacional, se evalúan las variables seleccionadas, técnicas constructivas, morfológicas, simetría del conjunto de la vivienda, los cuales son factores determinantes para que una vivienda sea considerada segura ante el riesgo del sismo. El adobe es un material de bajo costo y de fácil accesibilidad para la población, además de ser una tecnología constructiva simple y de autoconstrucción, pero sin ninguna normativa que regule. Ante la negativa por parte de las autoridades locales en regular este sistema constructivo, se hace necesario un soporte técnico y teórico que surja de la investigación para lograr un cambio de pensamiento en la sociedad.

1- INTRODUCCIÓN

La Provincia de San Juan se localiza en la porción centro-oeste de la República Argentina, con una superficie de 89.651 km², en el oasis denominado Valle del Tulum se encuentra emplazada la mayor densidad poblacional. Esta provincia es la de mayor riesgo sísmico en la República Argentina. Es importante resaltar que esta localidad sufrió dos de los terremotos más destructivos del país. Según estudios del Instituto Nacional De Prevención Sísmica de la República Argentina¹, algunos de los antecedentes sísmicos más importantes que se conocen en la provincia son:

- 27 de octubre de 1894, con una intensidad máxima de IX en la escala Mercalli
- 15 de enero de 1944 con una intensidad máxima de IX grados Mercalli
- 11 de junio de 1952, Se estimó una intensidad de VIII grados Mercalli,
- 23 de noviembre de 1977, con una intensidad máxima de IX grados Mercalli.

Dentro de estos antecedentes, se consideran específicamente:

El terremoto del 15 de enero de 1944, con una duración 15 o 20 segundos, destruyó la ciudad de San Juan en casi su totalidad, y se considera el fenómeno natural más destructivo que se haya registrado en la historia del país. Alcanzó una magnitud de 7,8 en la escala de Richter; la zona de máxima intensidad abarcó unos 200 km alrededor de su epicentro ubicado en la zona de la Laja, Albardón, detectándose años más tardes a una profundidad de entre 11 km a 16 km; destruyó el 80% de las construcciones de la ciudad (en su mayoría

1 <http://contenidos.inpres.gov.ar/docs/Terremotos%20hist%C3%B3ricos%20de%20la%20RA-2015.pdf>

de tierra), además de registrarse aproximadamente 10.000 víctimas fatales, sobre una población de 90.000 habitantes .

El segundo caso fue el 23 de noviembre de 1977, que alcanzó una magnitud de 7,4 en la escala de Richter, con una duración de 120 segundos, a una profundidad de 17 km encontrándose su hipocentro en la zona de Caucete, causando aproximadamente 70 víctimas fatales y más de 300 heridos graves. Un fenómeno que se presentó durante este acontecimiento fue de licuefacción de los suelos, provocando deterioros y destrucción de vías de comunicación vehicular y férrea. En este análisis no se puede dejar de mencionar el colapso de edificios construidos luego de la catástrofe de 1944, los cuales cumplían con las normas vigentes de sismo resistencia, a diferencia de algunas construcciones de tierra que resistieron ante este evento.

Como consecuencia del alto riesgo sísmico en la provincia se crea el primer “Consejo de Reconstrucción de San Juan” (dependiente del Poder ejecutivo Nacional el 1 de julio 1944). En el año 1973 la ley 3769 le confiere a la Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano DPDU la autoridad a los fines de crear la normativa necesaria para ejercer el control en las etapas de proyecto y ejecución de todas las construcciones en el ámbito de la provincia.

La normativa vigente se basa en la aplicación del Código de Edificación de la Provincia de San Juan (LP/3769-1973). Este reglamento establece los requisitos mínimos que deben observarse para proyectar y ejecutar construcciones tradicionales de mampostería in situ, a fin de dotarlas de un grado de seguridad suficiente ante las acciones sísmicas. Considera como estructura resistente a las constituidas por muros de ladrillos macizos o bloques huecos cerámicos o bloques de hormigón, quedando la construcción en adobe fuera de cualquier normativa². A pesar de estos antecedentes se continúa autoconstruyendo con adobe sin ningún tipo de control, por ser de fácil acceso, bajo costo, y además poseer un buen comportamiento bioclimático. La construcción tradicional de adobe y otras tecnologías de construcción con tierra es un conocimiento heredado de generaciones anteriores, transmitido oralmente, razón por la cual los detalles constructivos se pierden paulatinamente, dando como resultado construcciones con importantes deficiencias que aumentan su vulnerabilidad sísmica.

Objetivo general

Analizar viviendas construidas con tierra en la provincia de San Juan que resistieron los terremotos de mayor magnitud, comparando la configuración de diferentes tipos de muestras, estudiando las tipologías constructivas, similitudes tecnológicas, morfológicas, estructurales, para identificar las características y confrontar los resultados con la normativa internacional existente.

2- MARCO TEÓRICO

El adobe es uno de los materiales de construcción más antiguos. El uso de unidades hechas de barro secadas al sol data desde 8000 a.C. (Houben; Guillaud 1994). El adobe, palabra que proviene del árabe *al-tub*, ladrillo sin cocer, es una pieza para construcción hecha de barro, una masa plástica de tierra, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol; es muy común en algunas de las regiones más propensas a desastres del mundo, tradicionalmente a lo largo de América Latina, África, el subcontinente de India y otras partes de Asia, el Oriente Medio y el Sur de Europa (Blondet; García; Brzev, 2003). Alrededor del 30% de la población mundial vive en construcciones de tierra. Según Houben y Guillaud (1994), aproximadamente el 50% de la población de los países en desarrollo, incluyendo la mayoría de la población rural y por lo menos el 20% de la población urbana y urbano marginal, viven en casas de tierra.

² Resolución N° 5580 del ex - Honorable Consejo de Reconstrucción de San Juan (31 de Julio de 1951), que remite a el Anexo III las Normas INPRES - CIRSOC 103 regla para las construcciones de mampostería (1991)

Está demostrada la alta vulnerabilidad de las construcciones de adobe frente a fenómenos naturales como los sismos e inundaciones. Su casi nula resistencia a la tracción y la alta inestabilidad de sus propiedades mecánicas cuando son afectadas por la humedad han producido efectos desastrosos en incontables construcciones de este tipo a lo largo de la historia (Torrealva, 2003).

A través de diferentes estudios se puede ver que a nivel mundial todavía es el material de construcción más utilizado en los países en vía de desarrollo. En Argentina, la realidad muestra un diagnóstico similar, teniendo en cuenta que casi un 75% del país es árido y semiárido, la arquitectura de tierra es parte del patrimonio tradicional, y solución habitacional vigente para el habitante sin recursos, pero aún sin el adecuado reconocimiento y promoción por parte del Estado (Rotondaro, 2007).

Las zonas rurales de la provincia de San Juan, se puede detectar que el uso de materiales específicos para la autoconstrucción, como la tierra son los más utilizados para resolver problemas de vivienda, teniendo características tecnológicas regionales puestas de manifiesto tanto en el uso de materiales locales como, el adobe, el álamo y la caña. Los sistemas constructivos que se destacan para la construcción de muros son mampuestos de adobe, tapiales y quincha, en los techos los materiales más utilizados son el rollizo de álamo y la caña.

El análisis de viviendas construidas con adobe está orientado a encontrar las características que les permitieron resistir los terremotos, advirtiendo las particularidades del sistema constructivo con tierra ante el fenómeno sísmico.

3- METODOLOGÍA

Se sigue una metodología de investigación exploratoria-descriptiva para la selección de las muestras en que se consideraron los siguientes criterios: viviendas construidas con tierra antes de los terremotos 1944 y 1977, en buen estado de conservación, ubicadas en la zona urbana y suburbana de la provincia. Se analizaron las muestras de forma individual según las siguientes variantes de estudio: ubicación, características morfológicas, funcionales y estructurales.

A través de planillas, se comparan las muestras, evaluando características constructivas y estado de conservación (muros, techos, pisos, revoques, cielorrasos, carpinterías, ornamentación y ampliación), los cuales son factores determinantes para que una vivienda sea considerada segura en zonas de riesgo sísmico.

4- CASOS DE ESTUDIOS

4.1 Muestra 1

Vivienda construida de adobe, año 1940, ubicada en el departamento Santa Lucía a 3,5 km aproximadamente de la ciudad Capital de San Juan, a 40 km aproximadamente de la localidad de la Laja (epicentro del terremoto de 1944) y a unos 30 km de la localidad de Caucete (epicentro del terremoto de 1977). De acuerdo al análisis se observa que: la vivienda está en buen estado de conservación; presenta un diseño funcional adonde todos sus locales se unen por una galería semi cubierta; y presenta una planta con distribución robusta, característica esencial que debe cumplir la construcción de adobe, para el buen comportamiento ante el sismo (figura 1a). Si bien la vivienda no posee contrafuertes, tiene muros transversales en intervalos regulares en ambas direcciones que actúan como soportes que pueden prevenir el vuelco del muro hacia adentro o hacia fuera (figura 1b).

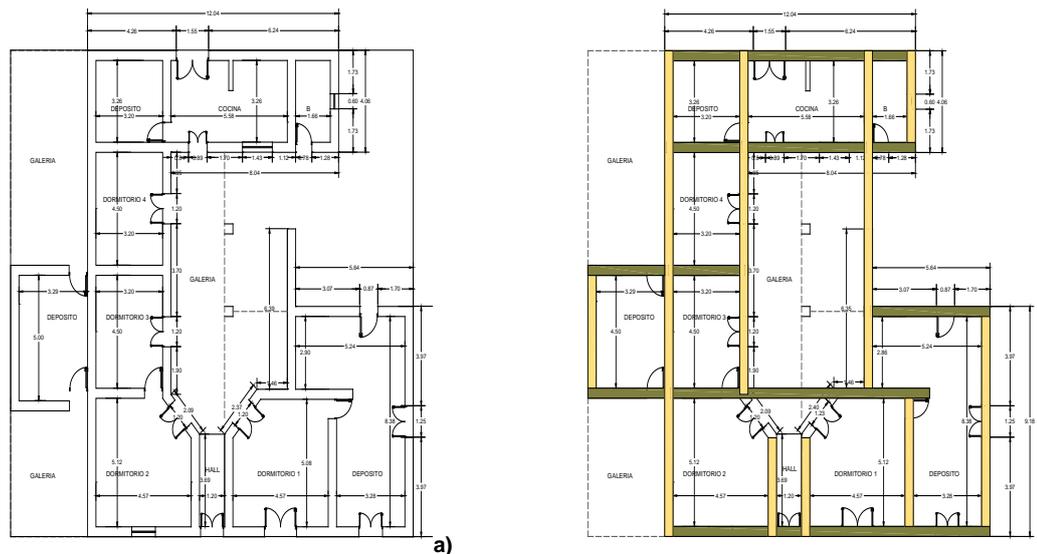


Figura 1. Planta general de la vivienda de la Muestra 1: a) análisis funcional b) dirección de los muros

Los vanos de los muros son pequeños, con techo liviano de cañizo y rollizos de madera; en algunos sectores de la vivienda se encuentran cubiertas originales en perfecto estado (figura 2a), pero en los sectores dañados por la humedad se reemplazó por materiales nuevos, listones de machimbre de 1 pulgada y rollizos de álamo (figura 2b).



a)



b)

Figura 2. Detalle de la cubierta de la Muestra 1: a) cocina original sin remodelaciones; b) galería remodelada

La vivienda se encuentra fundada con un sobrecimiento de hormigón ciclópeo (30% de piedra) (figura 3). La altura interior de la vivienda es de 3,44 m con un espesor de muro de 0,45 m (lo que no excede ocho veces el espesor de muro).

Se observa que fue construida en dos etapas: la primera no presenta viga collar (viga de encadenado superior), pero sí un pórtico de madera que cumple la función de apoyo a los tirantes (rollizos de álamo) (figura 4).

La segunda etapa se caracteriza por la diferencia de altura y la existencia de una viga de encadenado superior de hormigón armado que actúa como viga collar, también conocida como viga corona, amarrando los muros formando una estructura tipo caja, esta viga asegura el buen comportamiento sísmico y está colocada continuamente como un cinturón. Se observa una viga de dintel de madera que en conjunto con la viga collar son muy efectivos ante el sismo (figura 5).



Figura 3. Vista fachada principal primera etapa constructiva 1940



Figura 4. Vista interior: pórtico de madera primera etapa constructiva 1940



Figura 5. Vista de la fachada principal en segunda etapa constructiva pos terremoto 1944

4.2 Muestra 2

Construcción de adobe del año 1943, ubicada en el departamento Pocito a 11 km aproximadamente de la ciudad Capital de San Juan, a 60 km aproximadamente de la localidad de la Laja (epicentro del terremoto de 1944) y a 50 km de la localidad de Caucete (epicentro del terremoto de 1977). Se encuentra en la zona denominada Valle del Tulum en un sector suburbano. De acuerdo al análisis se observa que la vivienda está en buen estado de conservación, de característica morfológica compacta. Funcionalmente es una vivienda pequeña, con tres dormitorios, un comedor y una cocina, ambas dan hacia la galería con orientación Norte (figura 6a); es una construcción en una sola planta, con techo liviano (rollizo y caña), cuenta con muros transversales, (Figura 6b), igual cantidad en ambas direcciones, (sin la presencia de contrafuertes), los vanos son pequeños con distribución proporcional en muros.

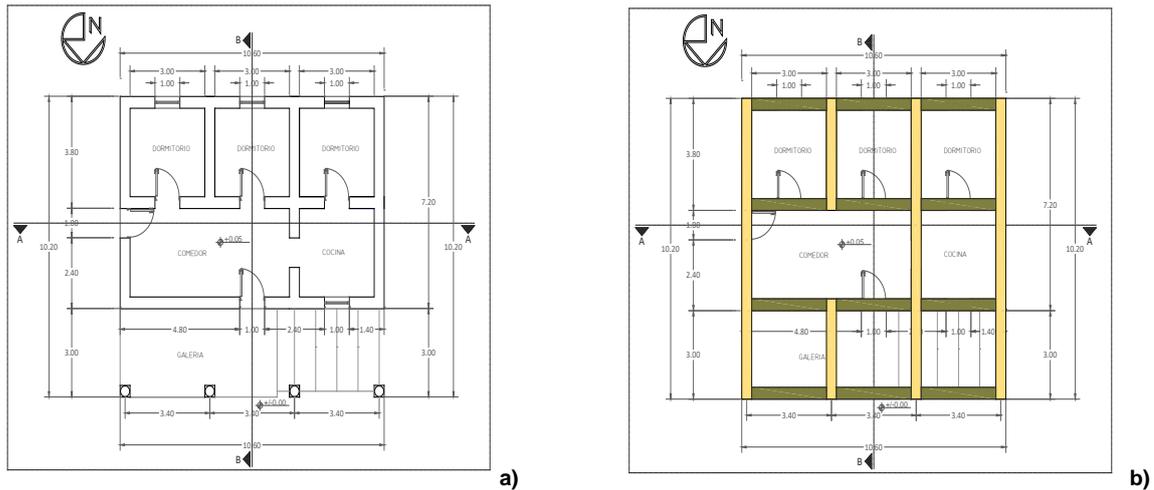


Figura 6. Planta general de la vivienda de la Muestra 2: a) análisis funcional b) dirección de los muros

Se observa la existencia de cimientos de concreto y piedra bola. La altura responde a una proporción la cual no supera 8 veces el ancho del muro; la pendiente de los techos es escasa, alrededor del 5% (figura 7).

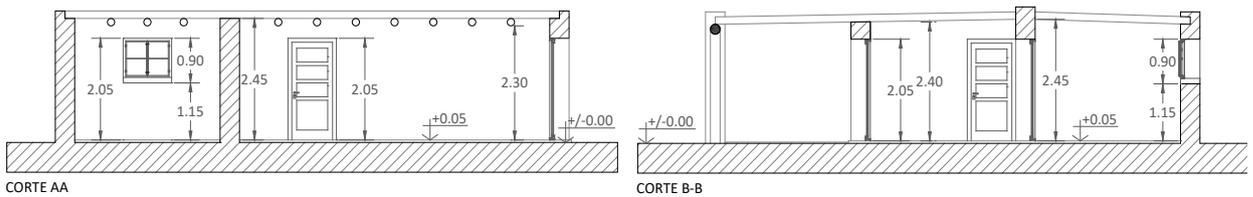


Figura 7. Muestra 2, corte de la vivienda, análisis de la altura

4.3 Muestra 3

Vivienda construida de adobe, año 1950, ubicada en la ciudad de San Juan, a 45 km aproximadamente de la localidad de la Laja (epicentro del terremoto de 1944) y a unos 40 km de la localidad de Cauce (epicentro del terremoto de 1977).

Se encuentra en buen estado de conservación. Su diseño funcional en planta responde a la tipología en “L”, un hall de ingreso, tres dormitorios, un comedor, una cocina y baño; todos los locales desembocan hacia una galería que rodea a la vivienda (figura 8a). Es una construcción en una sola planta, con techo liviano (rollizo y caña), cuenta con muros transversales, distribuidos proporcionalmente (figura 8b)

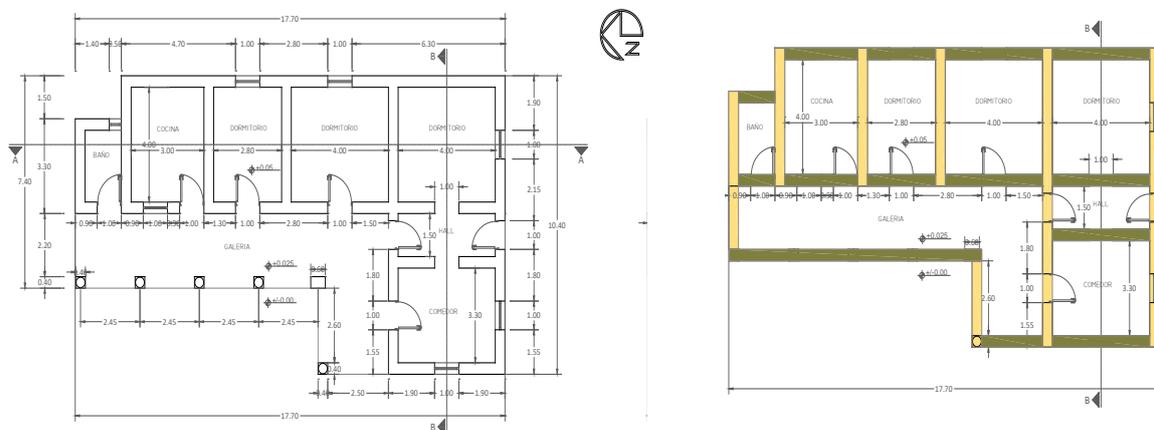


Figura 8. Planta general de la vivienda de la Muestra 3: a) análisis funcional b) dirección de los muros

La distribución general si bien no es compacta, responde a una forma tipo caja, con una distribución proporcional de aberturas (figura 9).



Figura 9. Muestra 3. Fachada principal

5- RESULTADOS

Este análisis se vio limitado por varios factores que perjudicaron el estudio de mayor cantidad de muestras, al encontrarse algunas construcciones en proceso de demolición y otro grupo de muestras estaban siendo restauradas. La comparación se realizó a través de una planilla (tabla 1), donde se evaluaron las diferencias y similitudes de las muestras (M1-M2-M3).

Tabla 1. Análisis comparativo de la configuración de las viviendas de tierra que resistieron a los terremotos de 1944 y 1977 en la Provincia de San Juan

Características constructivas																						
A – Materiales de la vivienda																						
Espacio		Dormitorio			Comedor			Cocina			Despensa			Baño			Galería			Deposito		
Muestra		M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Muro	adobe	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x					x		
	quincha																					
	adobe y quincha																					
	otros															x						
Techo	rollizo, caña y barro	x	x		x	x	x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		
	rollizos y madera	x		x												x	x					
	otros																					
Piso	tierra																			x		
	contrapiso	x	x			x		x	x		x							x				
	otros			x	x		x			x				x	x	x	x		x			
Revoque	cal, cemento arena		x	x		x	x		x	x		x	x					x	x			
	barro-paja	x			x			x			x											
	otros													x	x	x	x			x		

Las variantes analizadas en las muestras se verificaron según los indicadores teóricos referidos al material adobe y su respuesta al sismo, a partir del artículo 6 -“Criterios de configuración de las edificaciones de tierra reforzada” de la E.080 (2017) mediante.

6- DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con el análisis realizado, los resultados servirán para que se pueda establecer pautas de diseño y técnicas constructivas con tierra que respondan favorablemente a los esfuerzos sísmicos propios de la región.

7- CONCLUSIONES

En la ciudad de San Juan la mayoría de los profesionales calificados generalmente no están involucrados con el sistema constructivo con tierra. Por estos motivos, y con la existencia de algunos ejemplares construidos con estas técnicas en condiciones de habitabilidad al día de la fecha en las zonas urbanas más afectadas por los terremotos de 1944 y 1977 en esta ciudad, es que surge la necesidad de estudiarlos basados en soportes normativos existentes a nivel internacional particularmente de la norma peruana E.080 (2017). A partir de las comparaciones realizadas a las muestras, se detectan las principales y similares características que permitieron las vivienda a resistieren ambos terremotos destructivos de la región que son: planta compacta con equilibrio entre los muros en ambas direcciones, relación muro-esbeltez, techo liviano de rollizos de madera, caña con tierra como aislante térmico y sobrecimientos.

Estas variables sirven como pautas para la construcción con tierra en esta región con alto grado de sismicidad. Gran porcentaje de la población construye con este material, sin ninguna normativa que lo controle. Ante la negativa por parte de las autoridades en regular este sistema constructivo, se hace necesario un soporte técnico y teórico para lograr un cambio de pensamiento en la sociedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blondet, M.; García, G.; Brzev (2003). Construcciones de adobe resistentes a los terremotos: Tutor. Earthquake Engineering Research Institute. Disponible en http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe_Tutorial_Spanish_Blondet.pdf
- Houben, H.; Guillaud, H. (1994). Earth construction. A comprehensive guide. London: ITDG Publishing
- INPRES-CIRSOC 103 (1991). Construcciones de mampostería. Normas argentinas para construcciones sismoresistentes, Parte III. Reglamento. Argentina: Instituto Nacional de Prevención Sísmica
- Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>
- Rotondaro, R. (2007) Arquitectura de tierra contemporánea: tendencias y desafíos. Colombia: APUNTES, v.20, n.2, p.342-353. Disponible en <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/view/8989/7287>
- Torrealva, D. (2003). Caracterización de daños en construcciones de adobe. Serie Cuadernos de adobe. Título 1. Lima: Pontificia Universidad católica del Perú.

AUTORES

Maria Pía Castilla, arquitecta, docente de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, de la Universidad Nacional de San Juan, jefe de trabajos práctico simple (electiva construcción con tierra), investigador de Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat en la temática tecnologías apropiadas para zonas áridas.

Leonardo Jesús Funes, arquitecto, docente de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, de la Universidad Nacional de San Juan, profesor adjunto a cargo en la cátedra(instalaciones II), investigador del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat en la temática tecnologías apropiadas para zonas áridas.

Vanesa Torres Atencio, especialista en docencia universitaria, arquitecta, docente de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, de la Universidad Nacional de San Juan, profesor jefe de trabajos prácticos simple efectivo en las cátedras de introducción a la tecnología, instalaciones II, electiva construcción con tierra, investigador del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat en la temática tecnologías apropiadas para zonas áridas.