

PROYECTO Y SIMULACION TERMICA-ENERGETICA PARA VIVIENDA DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN ZONA SEMI-ÁRIDA DE ARGENTINA

Celina Michaux, Rodolfo Perez, Irene Blasco Lucas

RESUMEN

A 155 Km de la Ciudad de San Juan, en el centro norte de la Provincia, se ubica la población de San José de Jáchal, localizada al oeste del oasis agrícola del Valle de Jáchal, y emplazada sobre la margen derecha del río homónimo. Cabecera del Departamento de Jáchal, cuenta con amplio potencial minero y producción agrícola-ganadera en pequeña escala. El elevado grado de riesgo sísmico (Nivel 3) y la escasez de agua conforman las principales condiciones ambientales de la zona. La arquitectura de tierra constituye su característica distintiva, afianzada en la tradición local, que actualmente continúa pregnando su identidad a nivel de valor patrimonial. Sin embargo, esta particular identidad presenta serios conflictos con las regulaciones de la construcción sismo-resistente contenidas en el Código de Construcción de San Juan y en el Reglamento INPRES-CIRSOC. Tales documentos promueven el uso exclusivo del hormigón armado, tanto para fines estructurales como de cerramiento, y la fábrica de mampuestos cocidos y/o madera para muros y techos, negando totalmente el uso de tierra cruda con iguales propósitos. A ello se suma un gran vacío normativo para controlar la calidad de la práctica constructiva más frecuente en la región, aun cuando subsisten, en buen estado de conservación, edificios centenarios que aplican esta tecnología. En ese marco, se propone para el sitio un proyecto de vivienda adaptada al contexto descrito y a las pautas culturales de los habitantes del lugar, a fin de responder a las necesidades de una familia integrada por un matrimonio y 3 hijos. El diseño de la misma se realiza con tecnologías mejoradas para la construcción con tierra, respetando su buen arte en lo referido a las dimensiones de los muros, de contrafuertes y aberturas, y de su ubicación, ajustadas modularmente, y según las estrategias bioclimáticas recomendadas para la región. Se presenta el proyecto, sus detalles, y los resultados de la verificación del comportamiento térmico-energético estacionario, realizado mediante un modelo para el cálculo de K y G según lo estimado por la serie 11.600 de Normas IRAM, y una simulación dinámica con el Programa SIMEDIF, que muestran las bondades reales del sistema empleado.

Palabras Clave: tierra, vivienda, proyecto.

CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

En la Figura 1 se muestra la ubicación de la Provincia de San Juan y el Departamento de Jáchal sobre los mapas de Argentina, con diferentes zonificaciones ambientales. Se observa que este distrito abarca las zonas bioambientales II, III y IV (Norma IRAM 11603, 2012), las correspondientes a 1.6 y 1.8 MWh/m² de distribución de la radiación global promedio anual (Haim, 2012), y nivel 3 de peligrosidad sísmica (INPRES, 1991). La ubicación del Departamento de Jáchal, cuya superficie total es de 14.749 km², se muestra en la Figura 2 junto a al terreno de implantación del proyecto.

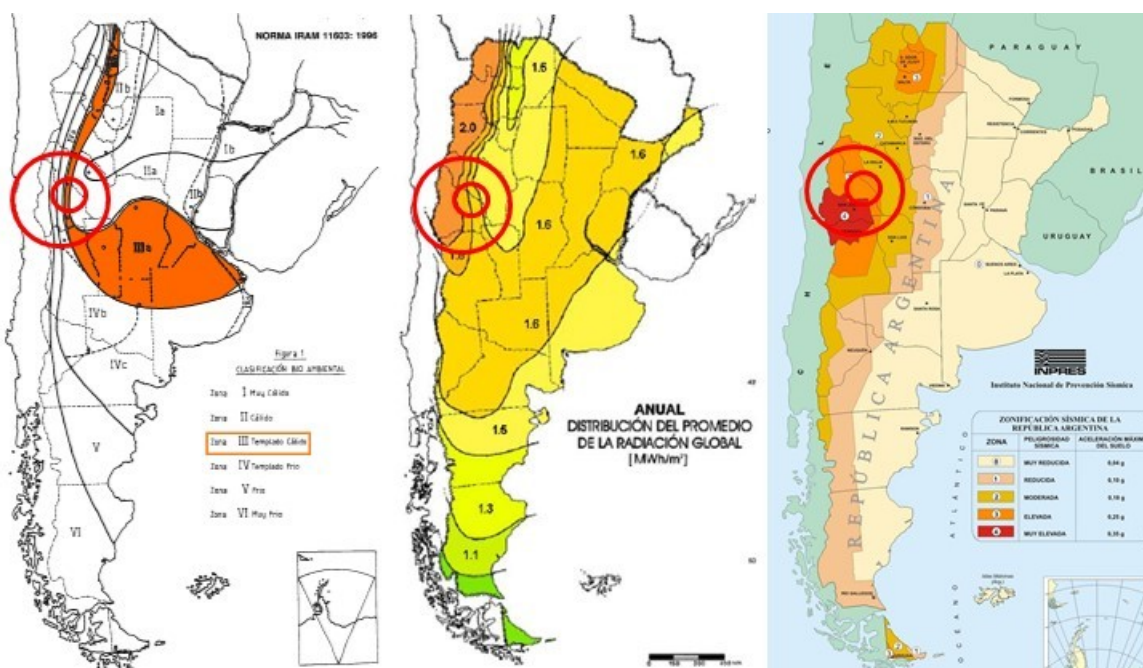


Figura 1: Mapas de Argentina con la Zonificación Bioambiental (Norma IRAM 11603, 1996), de distribución de la radiación global promedio (Haim, 2012), y de peligrosidad sísmica (INPRES, 1991)

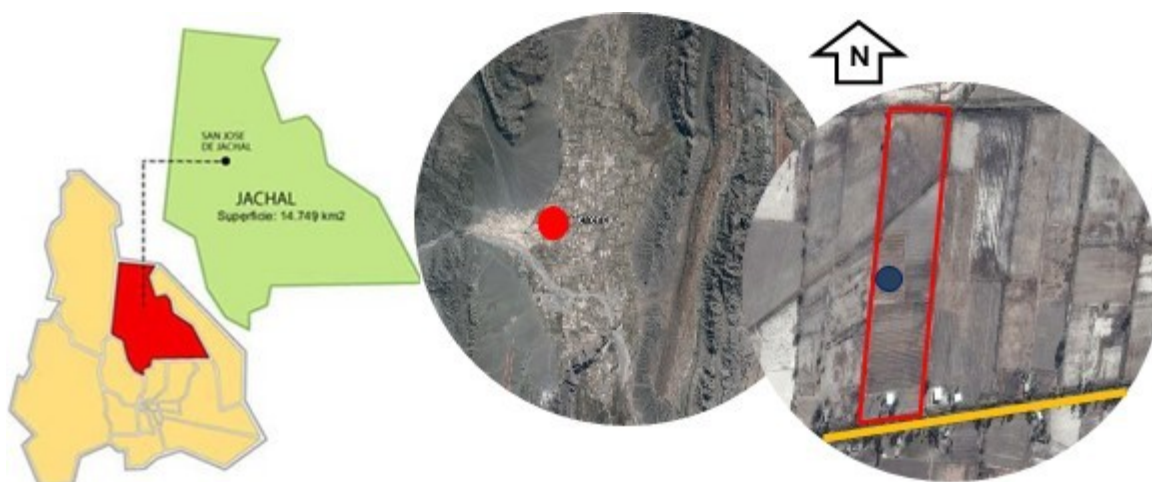


Figura 2: Ubicación del Departamento de Jáchal y del terreno de implantación.

Según datos del Censo 2010, el Departamento de Jáchal tiene 21.730 habitantes. Los suelos predominantes están conformados por arena fina, limo y arcilla, siendo aptos para la agricultura. Sin embargo, en determinadas zonas existe deterioro antrópico debido al sobrepastoreo de rebaños mixtos, y la sobreexplotación de leña en poblaciones de queñoa, que han desencadenado, procesos de erosión y salinización.

El terreno elegido se ubica en la localidad de Pampa Vieja (Figura 3), dentro de la Zona III-Templada-Cálida, situada en las estribaciones montañosas del Noroeste, sobre la Cordillera de los Andes. Sus dimensiones son: 195 m de ancho en extensión Este-Oeste, y 395 m de largo en extensión Norte-Sur. Las coordenadas geográficas son 30°12'7.93" de Latitud Oeste, 68°44'17.61" de Longitud Sur, y 1192 m de altura sobre el nivel del mar. El clima es relativamente caluroso durante el período estival, con temperaturas medias entre 20°C y 26°C, y máximas que superan los 30°C. La etapa invernal no es muy fría, sus temperaturas medias varían entre 8°C y 12°C, y las mínimas rara vez alcanzan los 0°C.



Figura 3: Vistas del terreno de implantación y su entorno inmediato.

Jáchal es un pequeño oasis productivo agrícola emplazado en el cono aluvial del río homónimo (Figura 4). Este río, de elevada salinidad, recibe en sus orígenes la afluencia del Río Salado, con alto contenido de sodio y boro. De escaso caudal, presenta un régimen fluctuante por provenir de deshielos en la Cordillera de los Andes y de lluvias estivales, que ocasionan grandes crecientes, muchas de ellas con efectos muy destructivos. Los cultivos que soportan su alto grado salino, son regados a través de un sistema de canales, formando un oasis artificial que expande el natural. Su amplia variedad de recursos naturales favorece el desarrollo de actividades agrícolas y mineras metalíferas y no metalíferas. La superficie cultivada es de 7400 ha, de las cuales el 27 % corresponden a olivos, el 20 % a pasturas y el 17 % a hortalizas. Fuera del sistema agrícola, se observan los llamados “puestos”, habitados por grupos de familias que viven de la actividad primaria, básicamente ganadera de autoconsumo.



Figura 4: Río Jáchal y actividad ganadera caprina.



Figura 5: Costumbres típicas de los pobladores jachaleros.

San José de Jáchal, Capital Departamental y una de las principales ciudades de la Provincia de San Juan, ocupa el 5º puesto en población principalmente caracterizada por su actividad agrícola, productores de ajo y cebolla, y cría de animales para su propia subsistencia.

En este tipo de asentamientos semi-rurales es frecuente encontrar el uso de las galerías orientadas al norte, espacio donde se desenvuelve la mayor parte de la actividad familiar diurna (Figura 5). Es usual en la zona ver a la ama de casa amasar en la siesta las famosas tortitas al rescoldo, elaborar el quesillo de cabra y el patay o pan de algarroba, y preparar las tradicionales empanadas. Cabe señalar que las galerías son el lugar donde se toma mate en invierno al calor de las brasas y en verano al resguardo de su sombra o la de algún árbol.

La actividad cotidiana se inicia muy temprano, la mujer ocupándose de las tareas hogareñas y el hombre yendo al campo para atender los cultivos y animales. Al atardecer, se reúne toda la familia en la casa para compartir una tardía merienda y luego la cena. La organización de la vivienda típica responde al estilo de vida de los pobladores, y consiste en una serie de habitaciones yuxtapuestas, comunicadas directamente con la galería.

Jáchal posee una rica historia productiva y cultural, habiendo sido cuna de poetas, escritores, cantores y artistas en general. Actualmente se rescatan por su valor patrimonial los molinos harineros que la convirtieron en el polo productivo más importante del país antes que se comenzara a explotar el trigo en la Pampa Húmeda.

La centralización de esta actividad atraía arrieros de lejanas provincias que se establecían en el lugar durante el proceso de elaboración, dando origen a un activo y profundo intercambio cultural, donde siempre se destacaron las costumbres ancestrales. Por ello, en San José de Jáchal se realiza anualmente la Fiesta de la Tradición, que tiene una gran repercusión en la Provincia y en el país. Además, la edificación, que en su mayoría está construida con adobe, otorga a ciertas calles de la ciudad una identidad singular, transportando al pasado (Figuras 6 y 7).



Figura 6: Interior de molino harinero y calles típicas de San José de Jáchal. Fotos: R. Ruiz (2007)



Figura 7: Típicas construcciones con tierra de San José de Jáchal: Iglesia, Comisaría y detalles de fachadas de adobe. Fotos: R. Ruiz (2007)

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ADOPTADOS

Muros: Es común el uso del adobe para construir en zonas rurales de la Provincia de San Juan, elaborado con recursos del lugar, barro mezclado con paja, moldeado en forma de ladrillo y secado mediante exposición al aire libre y al sol, generalmente fabricado por los dueños de la vivienda. Utilizando muros de 40 cm de espesor, logran cualidades térmicas ($K=1,04 \text{ Wh/m}^2\text{h}$) muy apropiadas en climas secos con gran oscilación de temperatura. Dada la escasa resistencia a los esfuerzos laterales, axiales y perpendiculares, requiere cuidado especial en las técnicas empleadas, y la incorporación de refuerzos para absorber las correspondientes solicitaciones aleatorias de sismos (Giuliani et al. 1981).

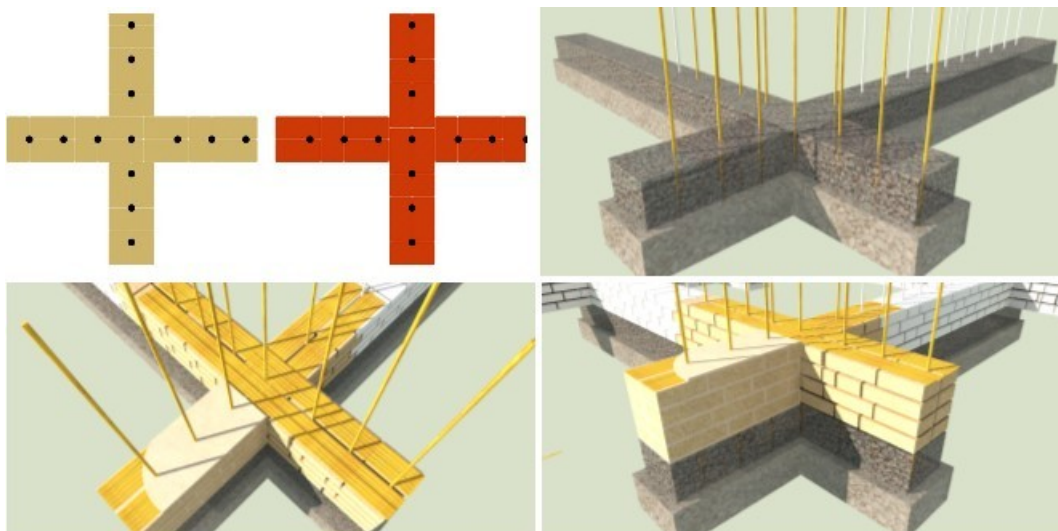


Figura 8: Detalles del sistema constructivo para muros en adobe y caña: cimiento, sobrecimiento, trabas de hiladas pares e impares, y entramado vertical y horizontal de cañas.

A este fin, y en base a un análisis de antecedentes en Perú (CIID-UC, 1985; Blondet, 2003; Minke, 2005), en el proyecto se propone aplicar (Figuras 8 y 9):

- Moldes de gaveras con medidas estándar: 30 x 12,5 cm; 40 x 17 cm; 50 x 22 cm; según el ancho de la pared, todas de 10 cm de alto.
- Tierra con una proporción correcta de arena (62 %), arcilla (20 %) y limo (18), según Doat et al. (1991), libre de otros materiales y agregándole fibra vegetal, a razón de 3 partes de tierra por 1 de paja picada.
- Pastonada de barro trabajada, mojándola y mezclándola bien reiteradas veces antes de volcarla en las gaveras, y dejándola en ellas 2 o 3 días hasta que endurezca.
- Zapata corrida en la base, a modo de cimiento, hecha con piedra u hormigón ciclópeo de 140 a 170 Kg y 30 % de piedra bola; de 45 cm de sección.
- Sobrecimiento de concreto ciclópeo o de piedra asentada con mortero de cemento y arena, sobresaliendo 40 cm sobre el nivel de terreno, con capa hidrófuga de asfalto.
- Contrafuertes en encuentros de muros y cada 2,60 m en paredes extensas, para contribuir a la estructura a modo de columnas.
- Trabas adecuadas, con juntas verticales no coincidentes entre hiladas inmediatas, llenado de juntas verticales, y mortero de arena, arcilla, cal, paja (5 % a 10 %).
- Revoques de 1,50 cm en ambas caras con mortero, para evitar fallas por erosión.
- Planta cuya geometría sea lo más simétrica posible, usando un macro-módulo de 3,50 m en ambas direcciones.

- Entramado vertical y horizontal (cada cuatro hiladas) de cañas inserto en el interior de la mampostería para proveer ductilidad y permitir el trabajo monolítico del muro, perfectamente ancladas al cemento y la viga de encadenado superior de hormigón armado de 20 cm de altura.
- Proporciones adecuadas en la geometría del adobe (el largo debe ser mayor que el doble del ancho); entre paños macizos y vanos para puertas y ventanas; y en las dimensiones de contrafuertes según la distancia entre ellos y la altura de los muros.

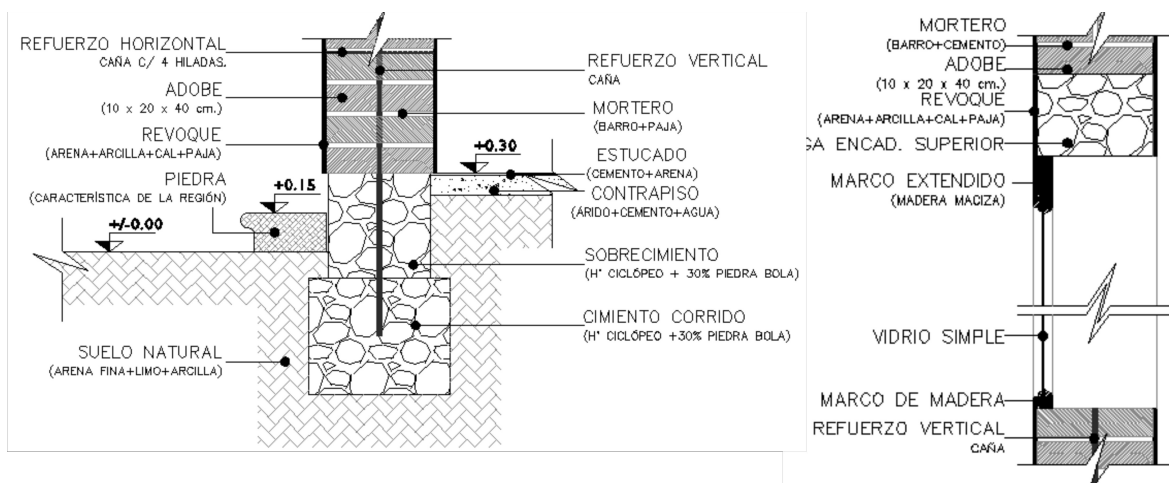


Figura 9: Detalles del sistema constructivo para muros en adobe y caña: cemento, sobrecimiento, viga de encadenado superior y carpintería.

Techo: El tipo de techo propuesto (Figura 10), es el más utilizado en la zona: el tradicional de rollizo, caña y barro, disponible en la zona, resulta relativamente liviano y presenta un comportamiento térmico aceptable ($K= 1,42 \text{ Wh/m}^2\text{h}$).

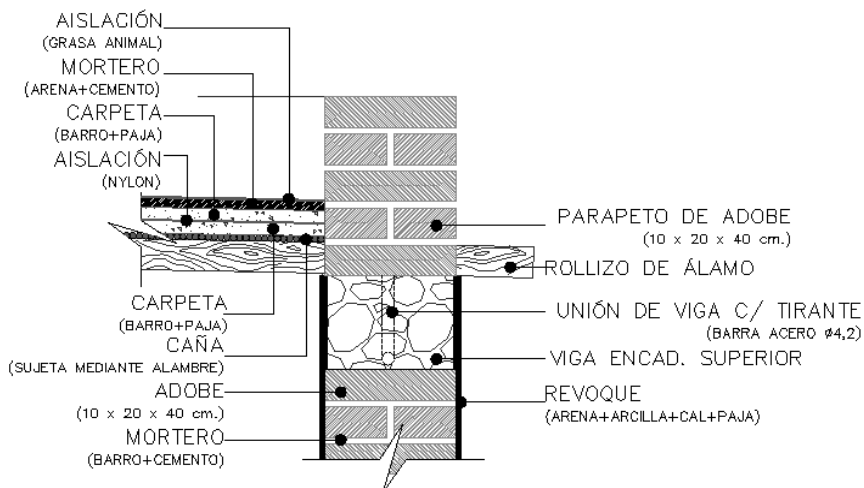


Figura 10: Detalle del sistema constructivo propuesto para techo.

Apoyados en la viga superior, se colocan los tirantes de álamo con 3 % de pendiente, y se fijan a la misma mediante hierro $\Phi 4,2$. Sobre ellos se extiende el cañizo, con las cañas en sentido transversal a los tirantes y fijadas entre sí con alambre. Para sellar la superficie se aplican dos capas de barro y paja de 4 cm de espesor, separadas por un nylon de 3 mm, como aislante hidrófugo, reforzado con el recubrimiento de 2 cm de carpeta de mortero de cemento y arena (1:3) encima de la última capa de barro, pintada con 3 manos de mezcla hidráulica natural (grasa animal, alumbre y cal en proporción 1:1:4).

ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS UTILIZADAS

Se respetan las siguientes recomendaciones de la Norma IRAM 11603 (2012) para Zona Templada Cálida (Blasco Lucas, 2014):

Orientaciones favorables para aberturas: de ganancia solar en invierno N-NE-E; y para propiciar la captación de brisas frescas dominantes en verano, S-N, mediante ventilación selectiva y ventilación cruzada.

Sistemas de protección solar para el verano: se propone una galería, que filtre la entrada de radiación solar en verano y la posibilite en invierno; y cortinas gruesas que ayuden a aislar térmicamente las ventanas.

Materiales, elementos y/o recursos que tiendan al mejoramiento de la inercia térmica: para paliar las grandes amplitudes térmicas: la construcción con tierra adoptada, con muros de adobe de 40cm y techo de barro cumple esta condición, pues permite incrementar el retardo de la onda de calor, disminuir la temperatura interior, y mejorar el nivel de confort en los espacios, a lo largo de todo el año.

PROYECTO DE VIVIENDA

Programa de necesidades y pautas generales de diseño¹

Se resuelve la vivienda para una familia tipo de la zona dedicada a las actividades agrícolas y la crianza de animales para consumo propio, compuesta por 5 miembros: un matrimonio y 3 hijos, de los cuales 2 son varones de 10 y 12 años, y 1 niña de 14 años. En función de ello, se deducen los espacios necesarios: tres dormitorios, 1 cocina comedor, 1 estar, 1 baño, y 1 galería al Norte, cuyas dimensiones son generosas, conforme a las costumbres del lugar. Se diferenciará un sector íntimo de dormitorios y baños, y uno social de cocina-comedor, estar y galería, estos últimos comunicados con el área exterior de horneado, huerta de aprovisionamiento diario, y corrales de animales domésticos.

La malla cuadrangular modular de 1x1m; y de 4x4m responde a medidas múltiplo de la traba de mampostería, al igual que el tamaño de las aberturas. Esto propicia una geometría simétrica de forma y masa edilicia, para lograr una mayor resistencia sísmica.

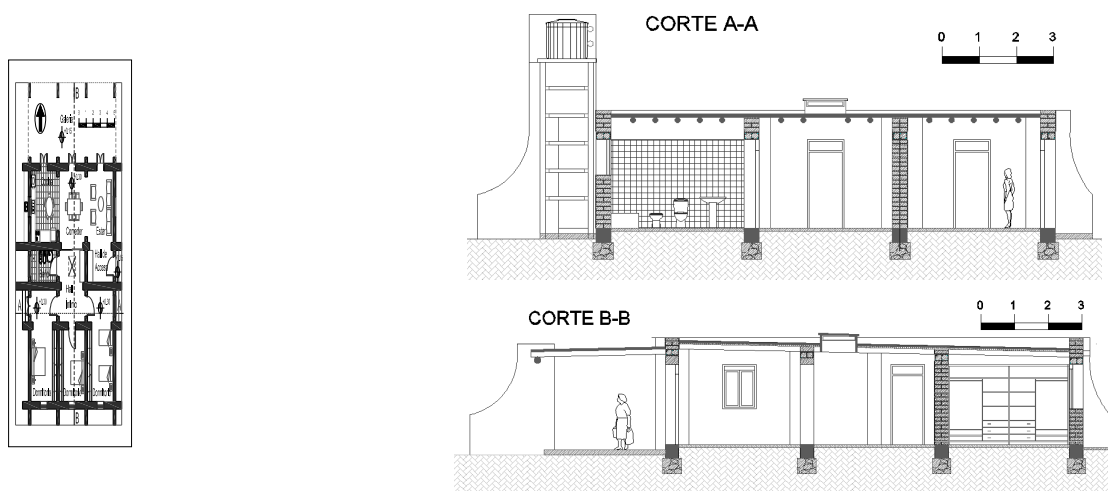


Figura 11: Planta General y Cortes de la vivienda.

¹ El proyecto de la vivienda fue desarrollado como ejercicio académico final de la asignatura electiva "Construcción con Tierra", cuyo responsable es el Arq. Arturo Pereyra. El análisis térmico-energético y mejoras en el proyecto elaborado fueron guiados por la Dr.-Arq. I. Blasco Lucas. La Dr.-Arq. Celina Filippín asesoró en el uso del programa SIMEDIF.

Planta, Cortes y Maqueta Electrónica

En la Figura 11 se presenta la planta general y los cortes de la vivienda propuesta, y en la Figura 12 vistas de la maqueta electrónica.

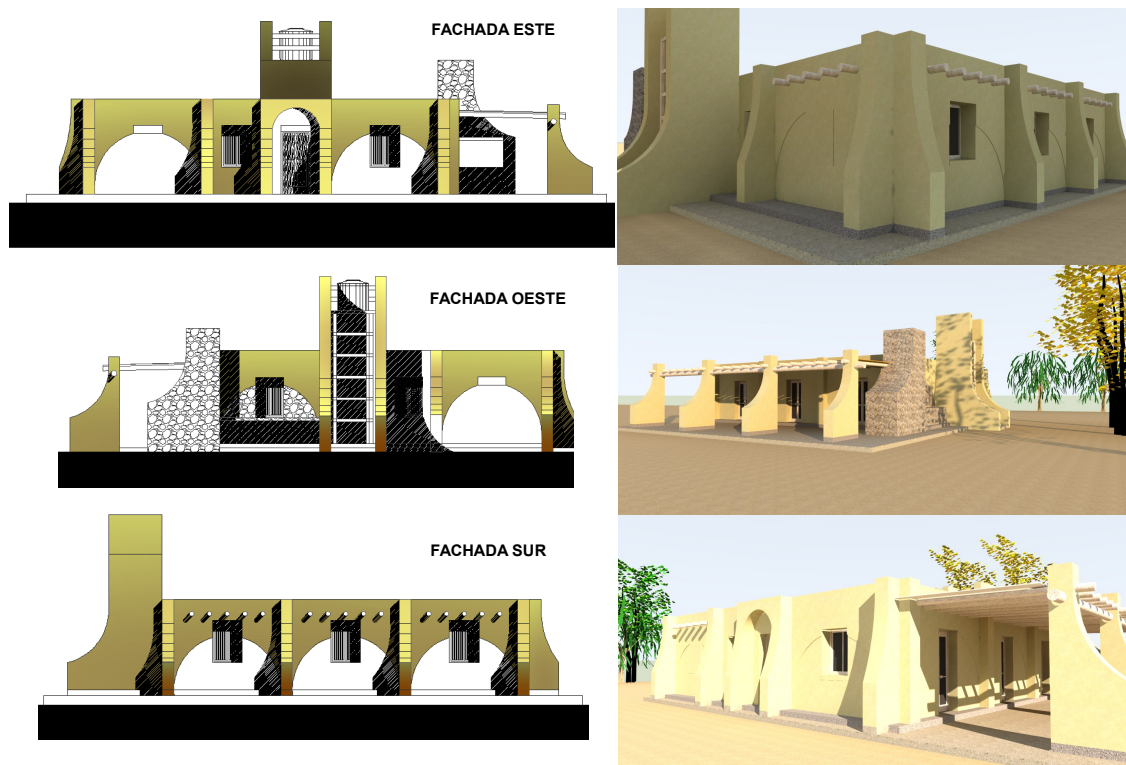


Figura 12: Vistas y maqueta electrónica.

COMPORTAMIENTO TÉRMICO-ENERGÉTICO

Para la evaluación térmico-energética de la vivienda rural se utilizó el Programa SIMEDIF (Flores Larsen et al., 2000), para diseño y simulación del comportamiento de edificios con acondicionamiento natural y artificial. Para una óptima legibilidad y orden, se codifican con diferentes letras los locales de un sector (L), los muros (M), la cubierta de techo (T), y las aberturas existentes: ventana (V) o puerta (D) respectivamente (Figura 13). En la Figura 14 se presentan las tablas con los datos que se introducen al programa.

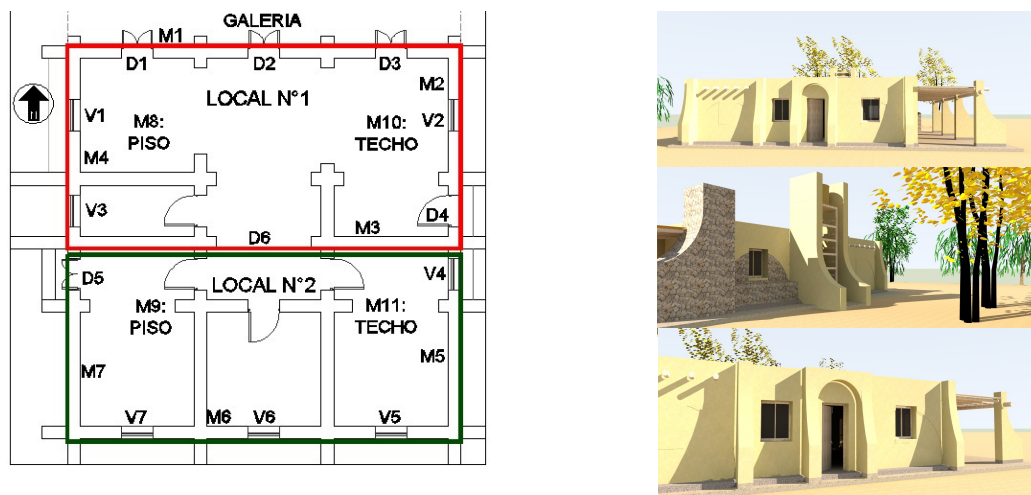


Figura 13: Codificación de componentes para simulación, y vistas de la maqueta electrónica.

| 1- DATOS GENERALES | | | | Locales a simular y sus características | | | | | |
|---------------------|--|-----------------|--|---|-----------|-----------|----------|-----------|--------|
| Localidad | | La Pampa - Jách | | Local | Ancho (m) | Largo (m) | Alto (m) | Vol. (m³) | Renov. |
| Latitud del Lugar | | 30° 16' 10" | | N°1 | 6.40 | 12.40 | 3.00 | 108.57 | 2 |
| Período de Invierno | | 01 /07 a 15 /0 | | N°2 | 6.00 | 12.40 | 2.85 | 212.04 | 2 |
| Período de Verano | | 01 /02 a 10 / | | | | | | | |

| Elem. | Conecta | | Dimensiones | | Área (m²) | N° capas | Coef. Absorc | Coef. Convec. | | Índice de Rad. | | Área de Rad. (m²) | |
|-------|---------|----------|-------------|------|-----------|----------|--------------|---------------|--------|----------------|--------|-------------------|--------|
| | Lado 1 | Lado 2 | Largo | Alto | | | | Lado 1 | Lado 2 | Lado 1 | Lado 2 | Lado 1 | Lado 2 |
| 1 | Local 1 | Exterior | 12.40 | 3.00 | 34.72 | 3 | 0.3 | 6.0 | 15.0 | 1 | 1 | 2.80 | 34.72 |
| 2 | Local 1 | Exterior | 6.40 | 2.85 | 18.24 | 3 | 0.3 | 6.0 | 15.0 | 1 | 7 | 0.00 | 18.24 |
| 3 | Local 1 | Local 2 | 12.40 | 2.80 | 34.72 | 3 | 0.3 | 6.0 | 15.0 | 1 | 1 | 0.00 | 1.40 |
| 4 | Local 1 | Exterior | 6.40 | 2.85 | 17.60 | 3 | 0.3 | 6.0 | 15.0 | 1 | 3 | 0.00 | 17.60 |
| 5 | Local 2 | Exterior | 6.00 | 2.80 | 16.80 | 3 | 0.3 | 6.0 | 15.0 | 1 | 7 | 0.00 | 16.80 |
| 6 | Local 2 | Exterior | 12.40 | 2.75 | 34.10 | 3 | 0.3 | 6.0 | 6.0 | 1 | 5 | 1.40 | 0.00 |
| 7 | Local 2 | Exterior | 6.00 | 2.80 | 63.36 | 3 | 0.3 | 6.0 | 15.0 | 1 | 3 | 0.00 | 63.36 |
| 8 | Local 1 | Exterior | 12.40 | 6.40 | 79.36 | 3 | 0.5 | 0.1 | 0.1 | 1 | 10 | 0.00 | 74.36 |
| 9 | Local 2 | Exterior | 12.40 | 6.00 | 74.40 | 3 | 0.5 | 0.1 | 0.1 | 1 | 12 | 0.00 | 74.40 |
| 10 | Local 1 | Exterior | 12.40 | 6.40 | 79.36 | 4 | 0.3 | 6.0 | 15.0 | 1 | 9 | 0.00 | 79.36 |
| 11 | Local 2 | Exterior | 12.40 | 5.90 | 73.16 | 4 | 0.3 | 6.0 | 15.0 | 1 | 11 | 0.00 | 73.16 |

| Elem. | Conecta | | Alto | Ancho | Coef. Des. | Hora Abre | Elem. | Conecta | | Area (m²) | Coef. Día | Coef. No. |
|-------|---------|----------|------|-------|------------|-----------|-------|---------|----------|------------------|-----------|-----------|
| | Lado 1 | Lado 2 | | | | | | Lado 1 | Lado 2 | | | |
| D1 | Local 1 | Exterior | 2.4 | 1 | 0.6 | 9 | V1 | Local 1 | Exterior | (1 x1.4)= 1,40m² | 5.8 | 5.8 |
| D2 | Local 1 | Exterior | 2.4 | 1 | 0.6 | 9 | V2 | Local 1 | Exterior | (1 x1.4)= 1,40m² | 5.8 | 5.8 |
| D3 | Local 1 | Exterior | 2.4 | 1 | 0.6 | 9 | V3 | Local 1 | Exterior | (1 x1.4)= 1,40m² | 5.8 | 5.8 |
| D4 | Local 1 | Exterior | 2.4 | 1 | 0.6 | 9 | V4 | Local 2 | Exterior | (1 x1.4)= 1,40m² | 5.8 | 5.8 |
| D5 | Local 2 | Exterior | 2.4 | 1 | 0.6 | 9 | V5 | Local 2 | Exterior | (1 x1.4)= 1,40m² | 5.8 | 5.8 |
| D6 | Local 1 | Local 2 | 2.4 | 3 | 0.6 | 9 | V6 | Local 2 | Exterior | (1 x1.4)= 1,40m² | 5.8 | 5.8 |
| | | | | | | | V7 | Local 2 | Exterior | (1 x1.4)= 1,40m² | 5.8 | 5.8 |

| Estación | | Invierno | V |
|---------------------------|--|----------|---|
| Temp. Mínima (°C) | | 0.4 | |
| Temp. Media (°C) | | 9.2 | |
| Temp. Máxima (°C) | | 18.1 | |
| Rad. Media Diaria (MJ/m²) | | 10.8 | |

| Local | Elemento | Calor Sensible | Cantidad | Ganancia (W) | Total 100% |
|-------|------------|----------------|----------|--------------|------------|
| N°1 | Personas | 75 | 5 | 375 | 995 |
| | Luminarias | 20 | 3 | 60 | |
| | Mechero | 280 | 2 | 560 | |
| | Cocina | 300 | 1 | 300 | |
| | Heladera | 310 | 1 | 310 | |
| N°2 | Personas | 75 | 5 | 375 | 995 |
| | Luminarias | 20 | 3 | 60 | |
| | Mechero | 280 | 2 | 560 | |

| 8-ÍNDICES | | | | |
|-----------|---------|--------|-------------|--------------|
| N° | Oriente | Altura | Profundidad | Cable Cortas |
| 1 | 90 | 180 | 0.26 | 0 |
| 2 | 90 | 180 | 0.26 | 1 |
| 3 | 90 | 270 | 0.26 | 0 |
| 4 | 90 | 270 | 0.26 | 1 |
| 5 | 90 | 0 | 0.26 | 0 |
| 6 | 90 | 0 | 0.26 | 1 |
| 7 | 90 | 90 | 0.26 | 0 |
| 8 | 90 | 90 | 0.26 | 1 |
| 9 | 0 | 0 | 0.26 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0.26 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0.26 | 0 |
| 12 | 0 | 0 | 0.26 | 0 |

| 9-GANANCIAS INTERNAS TOTALES (Wh) | | | | | | |
|-----------------------------------|----------|-------|---------------------------------|---------|-------|-----------------------|
| LOCAL | INVIERNO | | | VERANO | | |
| | Horas | Total | Elementos | Horas | Total | Elementos |
| N°1 | 11 a 13 | 685 | personas + heladera | 11 a 13 | 835 | personas + ventilador |
| | 14 a 18 | 310 | heladera | 14 a 18 | 460 | heladera + |
| | 19 a 21 | 370 | luminarias + heladera | 19 a 21 | 370 | luminarias |
| | 22 a 11 | 310 | heladera | 22 a 11 | 310 | heladera |
| N°2 | 18 a 21 | 995 | personas + mechero + luminarias | 18 a 21 | 885 | personas + luminaria |
| | 22 a 7 | 935 | personas + mechero | 22 a 7 | 935 | personas + |

Figura 14: Tablas con datos de ingreso para SIMEDIF

Las puertas D1, D2 y D3 se definieron opacas a la ganancia solar, aunque poseen vidrio en su parte superior, debido a que siempre se encontrarían bajo la sombra de la galería, que tiene 3.60m de profundidad. Se adoptó 0.3 como coeficiente de absorción de los muros, que van pintados a la cal ($\alpha=0.2$), considerando que el ambiente frecuentemente cargado de polvo en el lugar, cubriría con una capa la superficie aumentando su poder de absorción. Se adoptan los respectivos coeficientes convectivos interiores recomendados para superficies que no reciben radiación solar, que indica el Manual de SIMEDIF.

Resultados de SIMEDIF

Se realiza la simulación térmica del 1 al 15 de julio para invierno, y del 1 al 15 de febrero para verano, siendo en días julianos: 182 a 196 y 32 a 46, respectivamente. Para el análisis solo se selecciona el día 13 de julio en invierno y el 13 de febrero para verano, descartando los demás días calculados, pues el programa los utiliza para entrar en régimen de funcionamiento térmico edilicio y para salir de él.

Para calcular la carga térmica edilicia (edificio ‘termostatzado’), se adopta como procedimiento correr SIMEDIF para la vivienda primero sin sistema de acondicionamiento auxiliar, y luego con el mismo, fijando el termostato en 18°C durante invierno y en verano a 26°C, a fin de comparar el desempeño térmico en ambas situaciones y obtener el consumo energético asociado al nivel de confort estipulado. En la Figura 15 se muestran los resultados obtenidos para invierno con y sin acondicionamiento auxiliar, y en la Figura 16 los respectivos de verano. En ambas se delimita la zona de confort ampliado, comprendida entre 18°C y 28°C).

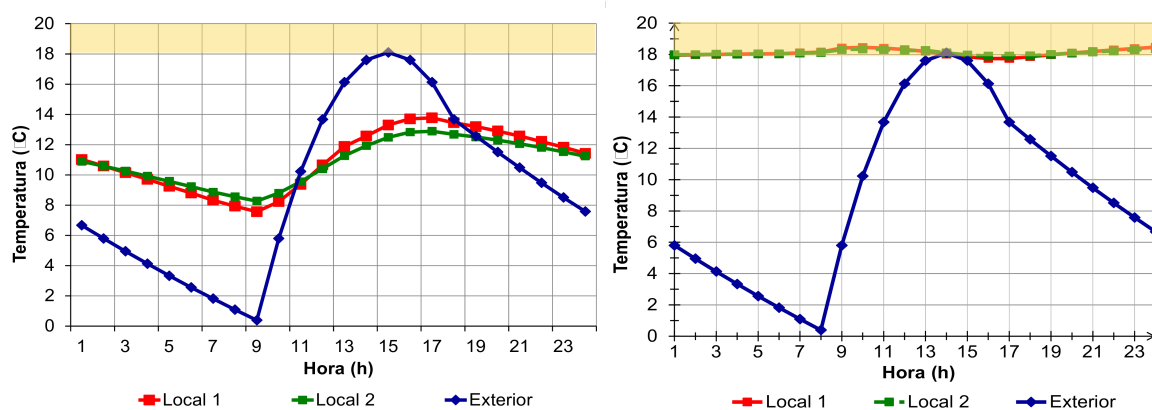


Figura 15: Resultados de SIMEDIF para el día 13 de julio, sin (Izq.) y con energía auxiliar (Der.).

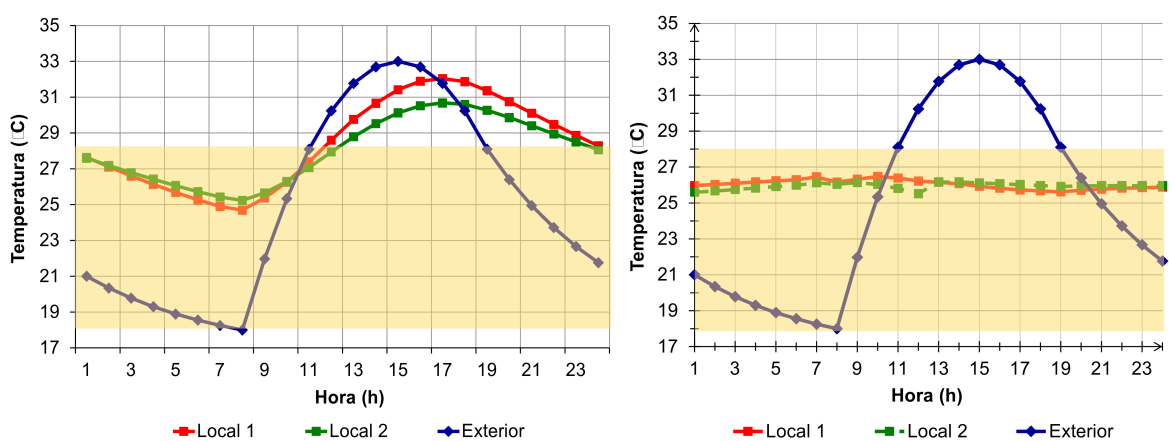


Figura 16: Resultados de SIMEDIF para el día 13 de febrero, sin (Izq.) y con energía auxiliar (Der.).

Sin el aporte de energía auxiliar convencional, Figura 15, izq., la temperatura de la vivienda en invierno desciende a 4.3°C y 5.2°C en horas de máxima respecto a la exterior, alcanzando entre 13.8°C y 12.9°C para L1 y L2 respectivamente. A su vez, en horas de mínima asciende entre 0.7°C y 7.2°C, llegando a 7.6°C en L1 y a 8.3°C en L2, con una amplitud térmica de 4.6°C a 6.2°C, mientras que la temperatura exterior es de 17.7°C, lo cual implica que desciende entre 1.6°C y 11.5°C en los interiores.

Esto muestra una excelente amortiguación térmica de los componentes constructivos empleados, variable entre 4.3°C y 7.9°C. Las diferencias entre locales llegan hasta 0.9°C, correspondiendo las temperaturas más altas en máximas a L1, que recibe mayores aportes de ganancia solar y ganancias internas, mientras que L2 lo hace en mínimas. Con el sistema de acondicionamiento auxiliar en invierno (Figura 15, Der.) las temperaturas máximas oscilan entre 18°C y 18.5°C para ambos locales conforme al margen permitido por la calibración del termostato, provocando una amplitud térmica inferior a 1°C, de 0.47°C y 0.70°C respectivamente para L1 y L2. Esto se debe a que poseen dimensiones similares y a que igual parte de su envolvente vertical se encuentra en contacto con el exterior (tres caras). En las mínimas la diferencia con la del exterior varía entre 17.4°C y 1.5°C. Para alcanzar los 18°C fijados como temperatura de confort mediante termostato, se necesitaría agregar 319 KJ/día de energía auxiliar para L1 y 307 KJ/día para L2, que en caso de ser gas implicaría un consumo promedio de 8.6 m³/día y 8.2 m³/día, representando a su vez 3.7 kWh/día y 3.6 kWh/día en unidades eléctricas.

En verano sin el aporte de energía auxiliar convencional la temperatura máxima varía entre 32°C (L1) y 30.7°C (L2) mientras la exterior es de 33°C, y la mínima entre 24.7°C y 25.2°C para L1 y L2 respectivamente cuando afuera hacen 18°C. L1 presenta una amplitud térmica 1.9°C mayor que L2 (5.45°C), siendo la exterior de 15°C. La amortiguación varía en las mínimas entre 6.7°C y 7.2°C pero desfavorablemente, pues las temperaturas interiores permanecen superiores a las del exterior. En las máximas L1 alcanza 1,2°C menos que el exterior y L2, 2.3°C. Para que L1 alcance la temperatura de confort estimada mediante termostato (26°C) sería necesario agregar 138 KJ/día de energía auxiliar, y 320 KJ/día para L2, lo cual equivale a un consumo eléctrico promedio de 1.7 kWh/día y 3.7 kWh/día respectivamente. En los gráficos del programa se observa un leve retardo térmico de hasta 2hs., aun cuando el mismo es de 15hs. para muros y 3.7hs. para techos conforme a cálculos realizados mediante KG-MOD (Blasco Lucas, 2013) según fórmulas específicas.

Análisis Morfológico y Térmico-Estacionario

Para realizar el análisis morfológico y térmico estacionario se utiliza el programa KG-MOD (Blasco Lucas, 2013) que aplica la Norma IRAM 11604 (2001) y permite obtener las gráficas que se muestran en la Figura 17.

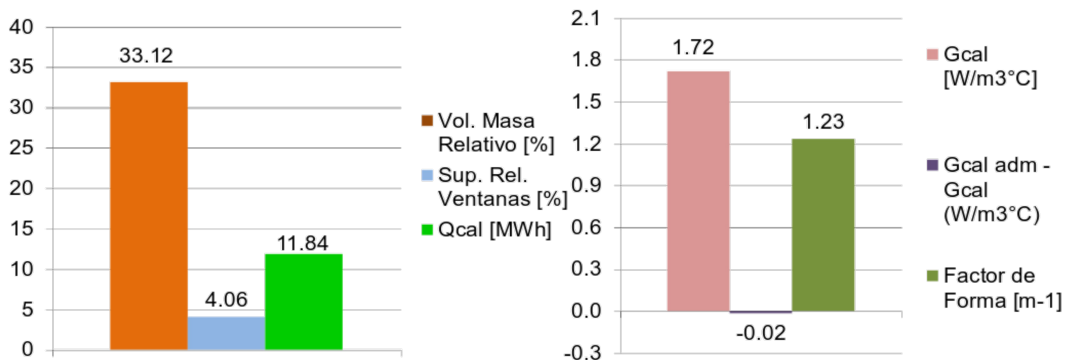


Figura 17: Valores relativos de volumen de masa y superficie de ventanas, y carga térmica anual (Izq.). Factor de forma edilicia, coeficiente volumétrico de pérdidas y su diferencia respecto al admisible (Der.)

Con un factor de forma de 1.23, un 33.12% de volumen relativo de masa térmica y un 4.06% de superficie relativa de ventanas, se considera que la vivienda es morfológicamente adecuada desde el punto de vista energético. Esto es verificado por una carga térmica anual baja (11.84 MWh) que produce un coeficiente volumétrico de pérdidas de calor de 1.72 W/m³°C, el cual supera solo en 0.02 W/m³°C al valor admisible que estipula la Norma.

CONCLUSIONES

El proyecto propuesto demuestra que es posible ofrecer calidad espacial en viviendas rurales, respetando costumbres ancestrales de la zona de implantación, tanto en los aspectos socio-culturales como tecnológicos. Cuando se observan las reglas de arte del buen construir con tierra, esta tecnología posibilita, no solo satisfacer condiciones de habitabilidad, sino también un reducido costo económico, además de favorecer una gran apropiación simbólica y social. El análisis térmico-energético estacionario y dinámico realizado, permite constatar su excelente comportamiento para reducir la amplitud térmica, lo cual ayuda a alcanzar una importante estabilidad interior respecto a las variaciones externas, y un significativo ahorro energético para mantener bienestar higro-térmico. A partir de reconocer que estas prácticas persisten aún en sitios reales y representan una solución concreta a la problemática de la vivienda rural gracias a sus bondades, los arquitectos deben asumir el compromiso de rescatar en su quehacer profesional la integración de estas y otras tecnologías constructivas sencillas además de las consideradas competitivas y de avanzada. Para ello es sustancial el estudio sistemático a través de la investigación científica que genere sólidos conocimientos, facilitando desarrollos superadores y su afianzamiento como alternativas absolutamente válidas.

REFERENCIAS

- Blasco Lucas I. (2013). *Arquitectura sustentable en hábitat rural de zona árido-sísmica: Aportes teórico-metodológicos*. Tesis Doctoral en Arquitectura. Universidad de Mendoza.
- Blasco Lucas I. (2014). *Propuestas de mejoras para construcciones con tierra en hábitats áridos y sísmicos*. Construcción con Tierra 6, pp. 2-14.
- Blondet M., Villa García G., Brzev S. (2003). *Adobe use in seismic areas, earthquake-resistant construction of adobe buildings: a tutorial*. EERI, Oakland, California.
- CIID-UC (1985). *Cartilla N°3: Muros de adobe y caña*. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo. Universidad Católica del Perú.
- DPDU (1951). *Código de Edificación de la Provincia de San Juan*. Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano. Gobierno de la Provincia de San Juan.
- Flores Larsen S., Lesino G., Saravia L., Alía D. (2000). *SIMEDIF para Windows*. INENCO-UNSa-CONICET. Salta.
- Giuliani H., Herrera J., Medone C. (1981). *Diseño antisísmico. Viviendas de adobe*. Instituto de Investigaciones Antisísmicas Ing. Aldo Bruschi. UNSJ.
- Giuliano A., Amado J., Barros E. (1991). *Reglamento INPRES-CIRSOC 103. Normas argentinas para construcciones sismorresistentes*. Instituto Nacional de Prevención Sísmica.
- IRAM (2012). *Norma 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de Argentina*. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires, Argentina.
- IRAM (2001). *Norma 11604: Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Segunda edición*. Instituto Argentino de Normalización. Argentina.
- Minke G. (2005). *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Tercera edición. Forschungslabor für Experimentelles Bauen, Universidad de Kassel, Alemania
- Ruiz R. (2007). *Jáchal casas antiguas*. <http://www.panoramio.com/photo/5579874> - Acceso: 20/08/2014.