

## **APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE DISEÑO AMBIENTALMENTE CONCIENTE EN VIVIENDA RURAL PARA ZONA ÁRIDA**

**M. Guillermina Re<sup>1</sup>, Irene Blasco Lucas<sup>2</sup>**

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPha)

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD), Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)

Av. Ignacio de La Roza y Meglioli – 5400 San Juan – Argentina

Tel.: +54(0)264 423 2395 / 3259 Int. 349 – Fax: +54(0)264 423 5397 – <http://www.irpha.com.ar>

E-mails: [reguillermina@yahoo.com.ar](mailto:reguillermina@yahoo.com.ar), [iblasco@farqui.unsj.edu.ar](mailto:iblasco@farqui.unsj.edu.ar), [iblasco\\_2000@yahoo.com](mailto:iblasco_2000@yahoo.com)

**RESUMEN:** La investigación tiene por objetivo profundizar la aplicación de herramientas apropiadas para el diseño ambientalmente conciente (DAC) de una vivienda rural de carácter social proyectada para comunidades aisladas de zonas áridas sanjuaninas, como complemento fundamental del proceso en cuanto a la toma de decisiones sobre los materiales de cerramientos verticales y sus espesores. Para ello, se plantean variantes de materialización de la vivienda con distintos sistemas constructivos en tierra, las que se evalúan a través de su comportamiento térmico, realizando comparaciones en una primera instancia a través del cálculo de las transmitancias térmicas de los elementos componentes y del coeficiente de pérdidas global de cada alternativa, y en una segunda, comprobando las variaciones de temperatura en invierno y verano mediante simulaciones con el programa SIMEDIF. Se verifica que el sueloceamiento es una buena alternativa para la zona de estudio, en un espesor de 27cm.

**Palabras clave:** SIMEDIF, simulación, temperatura, transmitancia térmica, construcción en tierra.

### **INTRODUCCION**

Existe en la actualidad una mayor conciencia sobre la problemática ambiental y la incidencia que tiene en la misma el quehacer arquitectónico, y desde el campo de la investigación científica se han desarrollado a nivel internacional (QUICK, TRNSYS, SUNREL, etc.) y nacional (SIMEDIF, E-TEMP.XLS, MET-ME) procedimientos y métodos como herramientas para facilitar el análisis de las variables intervinientes. Sin embargo, aún no se ha producido una aplicación generalizada tanto de los conceptos que sustentan el DAC como del uso de los instrumentos de ayuda para su elaboración, a pesar de los esfuerzos que realizan numerosos grupos de investigación (Evans y De Schiller, 2001; Czjackowsky et al., 2007). En el convencimiento de que el DAC es la línea correcta a seguir desde el campo disciplinar de la arquitectura, se intenta realizar un aporte a estos avances, mediante la aplicación de los principios y de las herramientas existentes a un caso específico, contribuyendo a demostrar su importante utilidad.

### **METODOLOGÍA**

Partiendo de la idea de que la simulación térmica de un edificio en su etapa de proyecto arquitectónico puede suministrar información útil que guíe decisiones en cuanto a distribución de los espacios y materialidad de las envolventes, este trabajo muestra los resultados obtenidos con el programa SIMEDIF para una vivienda rural materializada con cuatro variantes de sistemas constructivos en tierra. Dichos sistemas han sido seleccionados teniendo en cuenta aquellos tradicionalmente usados en las construcciones vernáculas de la zona: la quincha y el adobe; junto con dos sistemas superadores de los mismos desarrollados por equipos de investigación, como es la quincha mejorada (Fernández, et al, 2004) y el suelo-cemento, (Albarracín, Blasco, 2001). El software SIMEDIF es un modelo físico validado, diseñado en el Instituto de Investigación en Energía no Convencional (INENCO-CONICET) de la Universidad Nacional de Salta (Flores Larsen, 2005).

La evaluación del comportamiento térmico de las distintas alternativas a través de considerar las respectivas transmitancias de los elementos y las transmitancias globales de cada variante, ha de realizarse por la estrecha relación que guarda con los niveles de bienestar de los habitantes y el consumo energético para lograrlo.

La propuesta arquitectónica que integra sistemas constructivos con tierra para su materialización y estrategias bioclimáticas para su concepción, ha sido desarrollada en base a criterios de sustentabilidad, buscando generar el aprovechamiento y optimización de los recursos naturales, humanos y tecnológicos disponibles en el lugar posible de implantación, con el fin de contribuir al mejoramiento del medio ambiente.

### **PROYECTO DE VIVIENDA**

La resolución funcional de la vivienda ha sido basada en las reflexiones acerca de la intensidad con que se viven los espacios exteriores dentro del ámbito rural, otorgando particular atención a la generación de diferentes calidades espaciales. La vivienda propuesta cuenta con una tipología abierta, que ha permitido recrear espacios intermedios a través de galerías, y espacios interiores que se comunican con el terreno circundante en forma fluida.

<sup>1</sup> Miembro de ASADES. Becaria de perfeccionamiento CICITCA-UNSJ (2007-2009).

<sup>2</sup> Miembro de ASADES. Directora de la becaria y del proyecto ANPCYT-FONCYT PICT 13-13059 (2004-2007).

El proyecto de la vivienda (Re, et al, 2004) está planificado en dos etapas constructivas, la primera prevé un solo dormitorio, y la segunda dos adicionales. El primer dormitorio se ubica hacia el Este, con ventilación cruzada Norte - Sur y se comunica con la galería y la cocina comedor. Esta última se encuentra destinada al desarrollo de las tareas cotidianas, especialmente cuando el clima no permite usar la galería. Los dos dormitorios previstos para la etapa de ampliación responden a los mismos criterios de diseño que el resto de la vivienda: se prioriza la búsqueda de buenas ventilaciones y orientaciones, la comunicación con la galería y la relación con el entorno. La superficie interior de la vivienda, sin la galería, es de 45 m<sup>2</sup>, mientras que el área correspondiente a la ampliación de los dormitorios es de 27 m<sup>2</sup>.

**Especificaciones Técnicas:**

El criterio adoptado para la elección de los sistemas para materializar paredes y techos de la propuesta ha sido el de la sustentabilidad, aplicada a lo económico y a lo ambiental, considerando factores como la presencia de los materiales en el lugar o la procedencia desde zonas cercanas, la sencilla manipulación y posibilidades de una fácil y rápida recuperación o reutilización en otras aplicaciones.

A los fines del análisis del comportamiento térmico que permita evaluar la propuesta, se plantean variantes de materialización de las paredes de la vivienda con diferentes sistemas constructivos en tierra: tradicionales (adobe y quincha) y mejorados (suelo-cemento y quincha mejorada). Tanto la quincha tradicional como la mejorada se encuentran combinadas con los sistemas de adobe y suelo-cemento respectivamente hasta una altura de 0,80m. El motivo por el cual se utilizan materiales macizos en la parte inferior del muro es para aumentar la durabilidad del sistema frente a los efectos nocivos de los agentes externos, como lluvia, humedad, etc.

El resto de los componentes constructivos se mantienen estables: el contrapiso de cemento alisado, la carpintería de madera de álamo, con celosías de madera y caña, y el techo, conformado por una estructura de rollizos de álamo sobre los que apoyan cañas, una capa de barro de 3cm y un film de polietileno de 200 micrones que funciona como aislante hidrófugo. Este último recibe la segunda capa de barro de 5cm, que se aísla hidrófugamente con una pintura constituida por cal, grasa y alumbre. La terminación interior de la cubierta es revoque grueso aplicado sobre metal desplegado para evitar la presencia de insectos en los intersticios. El cálculo de la transmitancia térmica del cerramiento superior otorga el valor de 2W/°C.m<sup>2</sup>.

SISTEMA SUELO-CEMENTO

SISTEMA QUINCHA MEJORADA

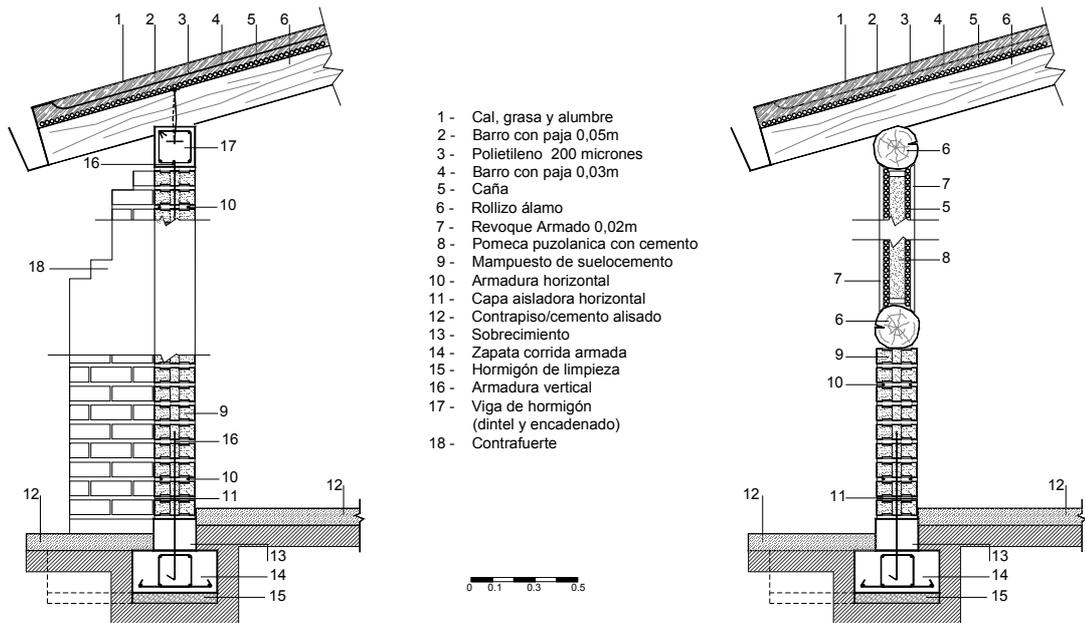


Fig. 1 – Detalles constructivos de los sistemas superadores: suelo-cemento y quincha mejorada.

En cuanto a las paredes, el proyecto original se materializa con mampuestos de suelo-cemento (Fig.1), cuyas dimensiones son 19cm x 19cm x 7cm. Los mampuestos cuentan con caladuras y entalles que posibilitan la inclusión de la armadura vertical, resultando beneficioso para la resistencia al sismo.

La primera variante aplicada al proyecto inicial, es la sustitución del suelo-cemento por mampuestos de adobe. Los mismos están materializados por una mezcla de barro y paja. Las medidas aproximadas son de 0,25m x 0,15m x 0,40m y como mortero de unión se utiliza un preparado con los mismos materiales base. Como segunda variante, se emplea la quincha; el otro sistema constructivo tradicional comúnmente utilizado en la zona. Este sistema consiste en una estructura de rollizos de madera y paneles de cañas atadas, recubiertas con una mezcla de barro y paja. El barro, además de otorgar un acabado más liso y proteger las cañas, aumenta la inercia térmica del conjunto, lo cual es muy favorable para estos tipos de clima.

Por último, la propuesta se evalúa con quincha mejorada (Fig.1); un sistema superador de la quincha tradicional que se compone de dos tabiques de cañas previamente atadas entre sí dispuestas a una distancia de 7,5cm. Dicha cavidad se rellena con una mezcla aislante térmica de pomeca puzolánica y posee como terminación interior y exterior revoque armado de suelo-cemento.

## EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO

Por la estrecha relación que guarda con los niveles de bienestar de los habitantes y el consumo energético para lograrlo, se selecciona como parámetro de comparación de las alternativas constructivas su *comportamiento térmico*, mediante el análisis de las respectivas transmitancias térmicas (coeficientes K) de los elementos componentes de la envolvente y de la transmitancia térmica global (coeficientes G) de cada alternativa. Para ello, se utilizan los valores de conductividad térmica y densidad aparente de materiales que establece la Norma IRAM 11604 (2002), los valores de Grados Día fijados para la zona bioambiental II por la Norma IRAM 11603 (1996), y se siguen los procedimientos para el cálculo de la transmitancia térmica de componentes constructivos (K) y del coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor o transmitancia térmica global estipulados por las Normas IRAM 11601 (2002) y 11604 (2001 y 2002), habiendo programado planillas electrónicas en MS-Excel a los fines de facilitar el cálculo.

La Tabla 1 resume los coeficientes característicos de los componentes de cada variante constructiva y la Tabla 2 presenta la comparación de los coeficientes K con los K admisible de invierno y verano recomendados para la zona, en el nivel más bajo de calidad constructiva (C). La amortiguación y retardo se calcula aplicando los conceptos de admisividad (Chauliagué et al., 1978) y en función de la conductividad y la capacidad térmica, el volumen, el espesor, y la constante de tiempo relativa (según F. M. Camia, en Izard y Guyot, 1983). En la Tabla 2 los números negativos indican en valor absoluto y tiempo cuánto supera el límite recomendado por las normas mencionadas para una calidad de construcción muy económica. Los valores positivos muestran a su vez el margen que permite a los componentes un mejor comportamiento térmico respecto al regulado.

| COMPONENTE | MATERIAL         | Esesor | Resistencia Térmica R | Retardo | Amorti-guación |
|------------|------------------|--------|-----------------------|---------|----------------|
|            |                  | [m]    | [m <sup>2</sup> C/W]  | [h]     | [-]            |
| MURO A     | Adobe            | 0.400  | 0.727                 | 14.434  | 0.023          |
| MURO SC    | Suelo-cemento    | 0.190  | 0.306                 | 6.915   | 0.164          |
| MURO Q     | Barro            | 0.030  | 0.060                 | 0.952   | 0.779          |
|            | Cañas            | 0.025  | 0.125                 | 0.834   | 0.804          |
|            | Barro            | 0.030  | 0.060                 | 0.952   | 0.779          |
|            | Quincha          | 0.085  | 0.245                 | 2.739   | 2.362          |
| MURO QM    | Suelo-cemento    | 0.020  | 0.050                 | 0.750   | 0.822          |
|            | Cañas            | 0.025  | 0.125                 | 0.834   | 0.804          |
|            | Hormigón ligero  | 0.075  | 0.625                 | 3.278   | 0.424          |
|            | Cañas            | 0.025  | 0.125                 | 0.834   | 0.804          |
|            | Suelo-cemento    | 0.020  | 0.050                 | 0.750   | 0.822          |
|            | Quincha Mejorada | 0.165  | 0.975                 | 6.447   | 3.675          |
| TECHO      | Barro            | 0.050  | 0.100                 | 1.587   | 0.660          |
|            | Polietileno      | 0.0002 | 0.0004                | 0.006   | 0.999          |
|            | Barro            | 0.030  | 0.060                 | 0.952   | 0.779          |
|            | Cañas            | 0.025  | 0.125                 | 0.834   | 0.804          |
|            | Suelo-cemento    | 0.020  | 0.050                 | 0.750   | 0.822          |
|            | Total Techo      | 0.125  | 0.335                 | 4.130   | 4.063          |
| PISO       | Hormigón poroso  | 0.100  | 0.625                 | 2.486   | 0.522          |
|            | Suelo natural    | 0.500  | 1.786                 | 25.381  | 0.001          |
|            | Total Piso       | 0.600  | 2.411                 | 27.867  | 0.523          |
| PUERTAS    | Madera           | 0.040  | 0.267                 | 2.174   | 0.566          |
| VENTANA 1  | Vidrio           | 0.003  | 0.004                 | 0.103   | 0.973          |
| VENTANA 2  | Polietileno      | 0.0002 | 0.0004                | 0.006   | 0.999          |

| COMPONENTE y MATERIAL | Trasmittancia Térmica K | Diferencia K Verano  |       | Diferencia K Invierno |       |
|-----------------------|-------------------------|----------------------|-------|-----------------------|-------|
|                       | [W/m <sup>2</sup> C]    | [W/m <sup>2</sup> C] | [%]   | [W/m <sup>2</sup> C]  | [%]   |
| Adobe                 | 1.12                    | 0.68                 | 0.38  | 0.63                  | 0.36  |
| Suelo-cemento         | 2.12                    | -0.32                | -0.18 | -0.37                 | -0.21 |
| Quincha               | 2.44                    | -0.64                | -0.36 | -0.69                 | -0.39 |
| Quincha Mejorada      | 0.88                    | 0.92                 | 0.51  | 0.87                  | 0.50  |
| Total Techo           | 2.00                    | -1.38                | -1.92 | -0.84                 | -0.84 |
| Total Piso            | 0.39                    | 0.33                 | 0.46  | 0.62                  | 0.62  |
| Madera                | 2.32                    | -0.52                | -0.29 | -0.57                 | -0.32 |
| Vidrio                | 5.92                    | -4.12                | -2.29 | -4.17                 | -2.38 |
| Polietileno           | 6.05                    | -4.25                | -2.36 | -4.30                 | -2.45 |

Tabla 1 – Propiedades térmicas de los componentes constructivos

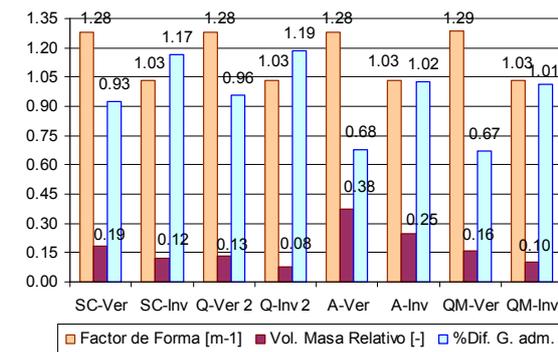
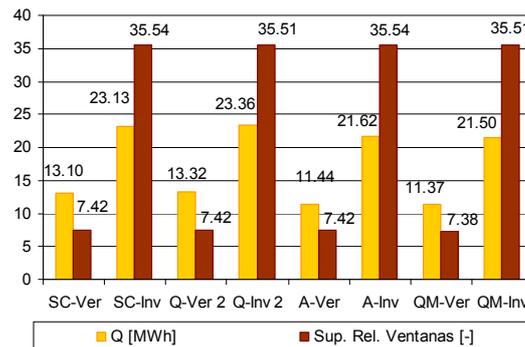


Fig. 2 – Gráficos 1 y 2

Las Figs. 2 y 3 agrupan los gráficos de los índices térmico-formales que caracterizan cada variante constructiva de la vivienda en verano e invierno. Las diferencias en estaciones se suscitan debido a que en invierno la galería se cierra con polietileno transparente para transformarse en invernadero. Dicho cambio influye en que los valores correspondientes a la masa interior y exterior del edificio difieran entre sí, ya que algunos de los muros considerados exteriores en verano pasan a ser interiores en invierno. Otra variación que ocurre como consecuencia de este último aspecto, es en las superficies de aventanamientos. El factor de forma (FF= Sup. Envolvente/Volumen), representado en el Gráfico 1, varía entre 1,03 y 1,2, siendo en todos los casos mayor para verano que para invierno. A su vez, el Vol. Masa Relativo es un valor porcentual que relaciona el volumen de la masa del edificio (paredes, techos, etc.) con el volumen total del edificio y es indicador de la capacidad de inercia térmica del mismo. Como es de suponerse el mayor valor (0,38) pertenece al muro de adobe en verano. Por la gran superficie que ocupa el cerramiento de la galería esta relación se invierte para superficies relativas de aventanamientos (Sup. Transparentes/Sup. Muros) variando entre 7,4% y 35,5%, esto puede observarse en el Gráfico 2. Cabe

Tabla 2 – Síntesis comparativa de los coeficientes K



aclara que el FF resulta aceptable, pero no el porcentaje de ventanas en invierno, pues el aconsejado para la zona es menor del 20%. Según el coeficiente G (Gráfico 3) se observa que el mejor comportamiento térmico corresponde a la quincha mejorada, seguida por el adobe, el suelo-cemento y la quincha tradicional, pero ningún sistema alcanza el valor del G admisible aconsejado por las normas, la diferencia que existe con el mismo varía entre 7% y 12%, correspondiendo la menor a la quincha mejorada en verano, y la mayor a la quincha tradicional en invierno, permaneciendo en todas las alternativas mayores valores para invierno que para verano. Esto incide en forma directa sobre el coeficiente de carga térmica Q, que indica la cantidad de energía necesaria (en MWh) para alcanzar confort interior a 20°C (Gráfico 4).

Finalmente, es oportuno precisar que los cálculos de K,G,y Q fueron logrados para estado estacionario.

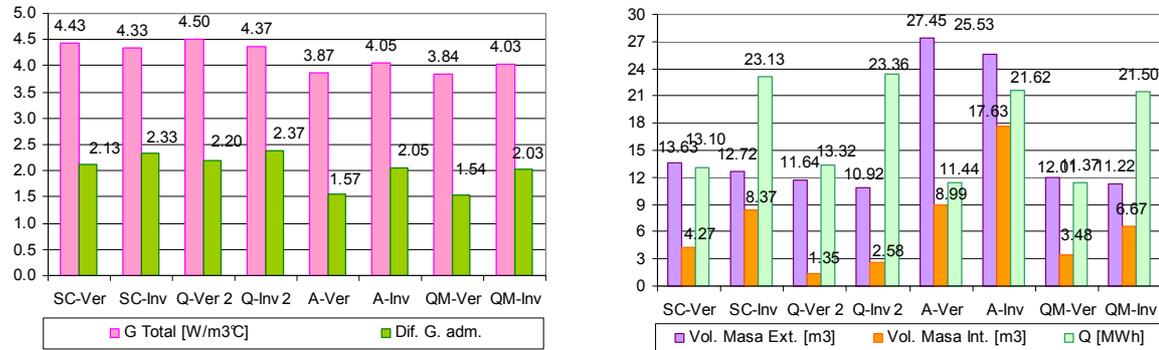


Fig. 3 – Gráficos 3 y 4

### SIMULACION CON SIMEDIF

Continuando con el análisis se evalúa el diseño de la vivienda con el programa SIMEDIF, que permite conocer el comportamiento térmico del edificio frente a determinadas variaciones climáticas y detectar de esta manera problemas de falta de confort dentro de los distintos locales que lo componen (Re G., 2007). El cálculo de la temperatura tiene su correlato con el funcionamiento de determinados elementos que conforman el edificio, que en este caso son: paredes (acumulación y transferencia de calor por conducción), tabiques y ventanas (transferencia de calor sin acumulación), puertas (transferencia de calor por convección), Flores Larsen (2005).

Los períodos de tiempo elegidos para la simulación fueron del 10 al 15 de enero, y del 5 al 10 de julio; al ser épocas con temperaturas extremas. Como parte del proceso de simulación tuvo lugar la extensa tarea de cargado de datos concernientes a la zona, temperaturas, radiación y al edificio en si mismo: características de los locales simulados (Fig.4), propiedades de los elementos constitutivos de la vivienda (Fig.5), diferentes coeficientes que determinan su performance e índices de radiación que los afectan, dentro del software utilizado. Una vez concluida esta etapa y para poder realizar el estudio comparativo analítico-gráfico, se importaron los resultados de la simulación generados con formato ASCII y extensión .RES a planillas electrónicas de MS-Excel programadas para tal fin; algunos de cuyos resultados se muestran en las Figs. 6 a 11.

Algunos datos específicos que interesan para una mejor comprensión de los resultados de la simulación, son:

- Durante la estación invernal la galería se convierte en invernadero a partir de la colocación de cierres laterales de polietileno transparente de 200micrones, con el fin de contribuir al aumento de la temperatura en el interior de la vivienda. Por esta razón las superficies de aventanamientos sufren una variación notable entre el verano y el invierno, aumentando significativamente en éste último.
- En los casos que el muro está compuesto por la combinación de un material macizo como adobe o suelo-cemento hasta los 0,80m, con cerramiento de quincha; se consideran para el cálculo en SIMEDIF al primero como elemento pared y al segundo como elemento tabique.
- Los valores considerados para los coeficientes convectivos exteriores son: 20 para superficies verticales en contacto directo con el exterior, 10 para las de la galería y 12 para aquellas que reciben radiación, estos dos últimos corresponden a la galería en verano. En invierno la galería se convierte en invernadero, por ello las superficies pasan a ser interiores. Las superficies horizontales como pisos, tienen un coeficiente convectivo exterior de 0.1 y la cubierta inclinada posee un valor de 18.

| VERANO |       |       |      |       |        |
|--------|-------|-------|------|-------|--------|
| LOCAL  | Ancho | Largo | Alto | Vol.  | Renov. |
| COMED. | 3.40  | 4.80  | 3.02 | 49.29 | 1      |
| DORMI. | 3.40  | 3.00  | 3.02 | 30.80 | 1      |
| BANO   | 1.40  | 2.00  | 2.80 | 7.84  | 1      |
| LAVAD. | 1.40  | 1.60  | 3.92 | 8.78  | 1      |
| GAL.   | 3.10  | 9.80  | 2.56 | 77.77 | 30     |
| DEP.   | 2.20  | 2.40  | 2.60 | 13.73 | 1      |

| INVIERNO |       |       |      |       |        |
|----------|-------|-------|------|-------|--------|
| LOCAL    | Ancho | Largo | Alto | Vol.  | Renov. |
| COMED.   | 3.40  | 4.80  | 3.02 | 49.29 | 1      |
| DORMI.   | 3.40  | 3.00  | 3.02 | 30.80 | 1      |
| BANO     | 1.40  | 2.00  | 2.80 | 7.84  | 1      |
| LAVAD.   | 1.40  | 1.60  | 3.92 | 8.78  | 1      |
| GAL.     | 3.10  | 9.80  | 2.56 | 77.77 | 3      |
| DEP.     | 2.20  | 2.40  | 2.60 | 13.73 | 1      |

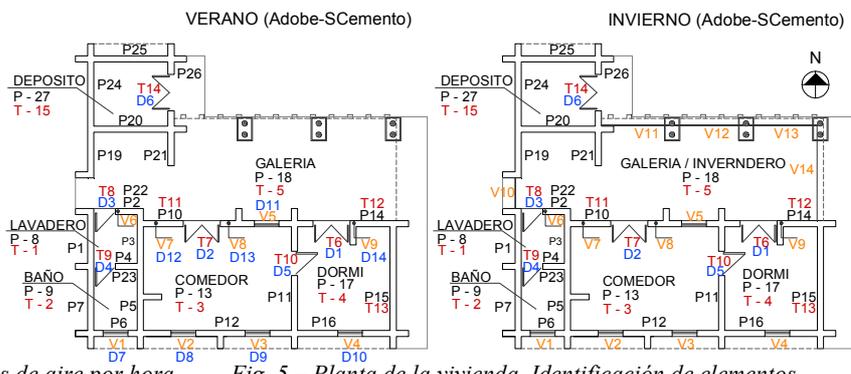


Fig. 4 – Dimensiones y renovaciones de aire por hora.

Fig. 5 – Planta de la vivienda. Identificación de elementos (tabiques, paredes, ventanas y puertas) para SIMEDIF.

VERANO:

El comportamiento térmico del edificio en el mes de enero, con las cuatro envolventes analizadas, queda expuesto en la Fig.6. En él se puede visualizar que el suelo-cemento y el adobe son los sistemas que poseen menores amplitudes térmicas diarias al compararlos con los sistemas con quincha; ambos materiales registran las mayores temperaturas mínimas interiores (26° y 27° respectivamente) pero también las menores temperaturas máximas.

La franja gris dispuesta entre los 21°C y los 25°C indica la zona de confort en verano, estimada para una vivienda rural de carácter social, que tiende a estar aclimatada únicamente en forma natural. A partir de la simulación efectuada, se llegó a comprobar que ninguno de los locales alcanza a entrar en el área de confort, lo que denota la necesidad de verificar los materiales y sus correspondientes espesores, al igual que rever orientaciones y aventanamientos. En todos los casos el dormitorio registra las temperaturas mínimas, seguido del comedor; hecho beneficioso si se tiene en cuenta que en dichos ambientes permanecen las personas la mayor cantidad de tiempo diurno y nocturno respectivamente.

Al establecer la comparación entre los sistemas constructivos en la Fig. 7, se observa entre los macizos que la temperatura interior de los locales es prácticamente la misma, variando levemente a favor del adobe con ambientes más frescos. A su vez, también es notorio que este material se enfría con mayor velocidad que el suelo-cemento, hecho que queda en evidencia en las curvas de temperatura, principalmente las del dormitorio. El análisis colabora en la determinación de que el comportamiento mas eficiente está en el suelocemento, si se considera la disminución del espesor (0,40m adobe, contra 0,19m suelo-cemento) además de los beneficios antisísmicos y de mejor durabilidad.

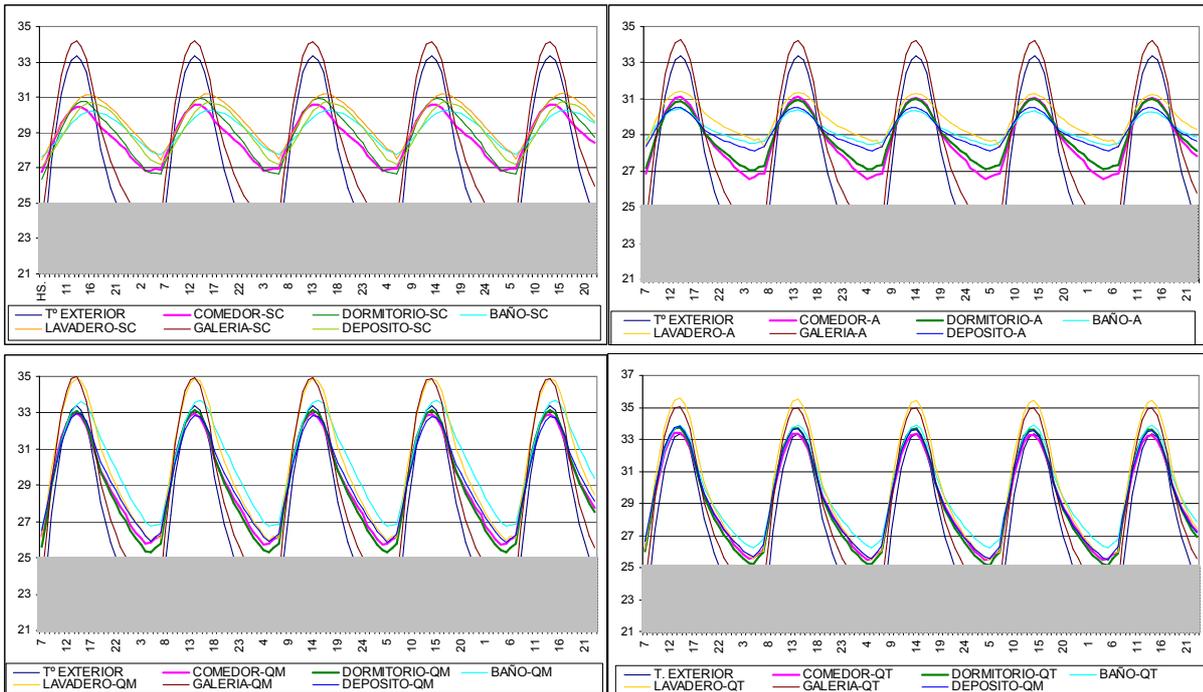


Fig. 6 – Gráficos del comportamiento de verano de los sistemas: suelo-cemento, adobe, quincha mejorada y quincha tradicional.

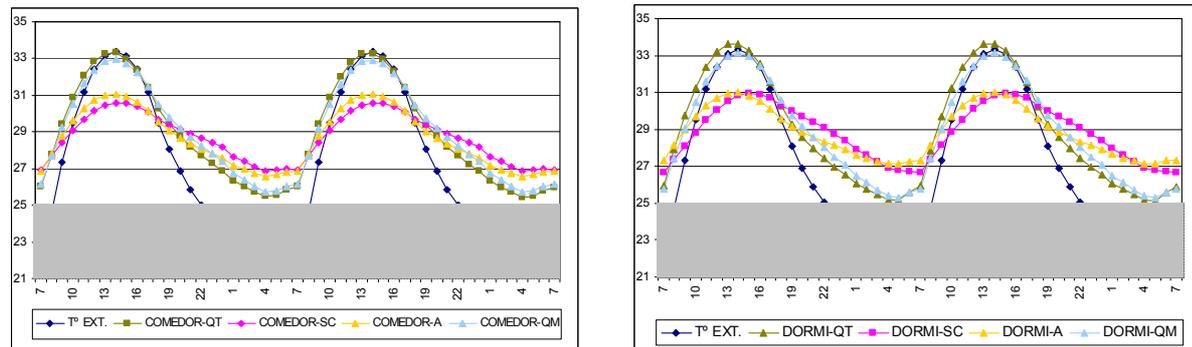


Fig. 7 – Comparación de las temperaturas registradas en los locales comedor y dormitorio con los cuatro sistemas.

Otro tipo de información obtenida a partir del procesamiento de los resultados de la simulación, es la variación de la temperatura dentro de los locales tomando como referencia la temperatura límite de confort, estimada de 25°C en verano; para obtener los Grados-Hora que indican durante qué periodos horarios el ambiente se encuentra dentro esta franja y cuánto se desplaza la temperatura interior respecto a la de referencia. En la Fig. 8, donde se estudia el comedor y el dormitorio, se puede ver que ninguno de los sistemas entra en la mencionada zona, pero los que más próximos se encuentran son las envolventes de quincha con valores entre 0°C y 2°C durante la noche. Los valores máximos registrados también corresponden a los casos de quinchas, los cuales ascienden a 8°C sobre el límite deseado en horas del medio día y de la tarde.

En cuanto a la dispersión en grados centígrados que presentan los recintos respecto a un valor fijo, se considera la temperatura exterior mínima registrada (21,55°C para verano). Los resultados obtenidos evidencian que el dormitorio registra mayores valores que el comedor en todos los sistemas constructivos, con un máximo en la quincha tradicional de 12°C en horarios del medio día.

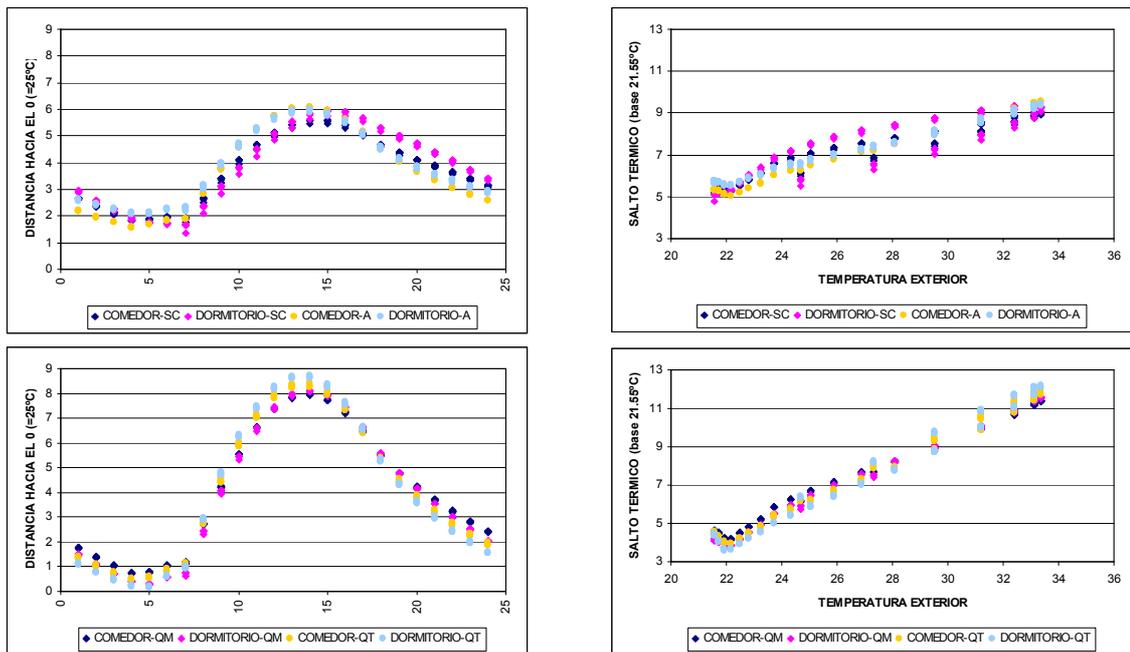


Figura 8 – Dispersiones de temperaturas, según sistemas macizos y tipo tabique.

#### INVIERNO:

Los cálculos proporcionados por el SIMEDF para la vivienda en el mes de julio se exhiben en la Fig. 9; en donde también es posible observar la franja gris considerada como la zona de confort que en esta oportunidad fue trasladada entre los 15°C y los 21°C. Dicha modificación está fundamentada en que al tratarse de una construcción rural, habitada por gente de campo que posee la costumbre de vivir intensamente el exterior durante todo el año, la temperatura de confort en invierno se considera que disminuye. Han sido los mismos pobladores los que han expresado, durante mediciones realizadas a viviendas existentes, sentirse confortables dentro del rango de 15 a 21°C, basados en su capacidad de adaptación al clima del lugar.

En referencia a las temperaturas interiores queda de manifiesto en las cuatro variables que el comedor y el dormitorio se comportan de forma análoga, permaneciendo algunas horas diurnas dentro del área de temperaturas deseables. El baño es el espacio mas frío en todos lo casos analizados, pero al igual que sucede en el verano, su curva es la que presenta mayor estabilidad térmica.

La curva de temperatura de la galería-invernadero es la que presenta una mayor oscilación entre máximos y mínimos, situación no favorable en la búsqueda del equilibrio térmico; sin embargo para el caso de un espacio de transición, éste se comporta de la manera esperada al acumular una importante cantidad de calor durante el día, que es el momento de mayor uso por los habitantes. El registro de altas temperaturas en el interior de la galería se debe al efecto invernadero que tiene lugar en el recinto; mientras que la ausencia de masa térmica en el cerramiento vertical, la materialización del mismo con polietileno y las filtraciones de aire que existen al no ser un ambiente estanco, influyen significativamente en la disminución del calor por la noche.

En la Fig. 10, las curvas de temperaturas correspondientes al comedor y al dormitorio calculadas para los sistemas mencionados revelan que el suelo-cemento y el adobe poseen una clara semejanza en su recorrido dentro de dichos locales. En ambos casos el adobe alcanza temperaturas más altas, del orden de 1°C, durante la mitad del día que transcurre desde las 6hs hasta las 16hs aproximadamente; situación que se revierte con la caída la tarde y por la noche, donde las temperaturas mayores las registra el suelo-cemento. Los sistemas tipo tabique acusan significativas variaciones de temperaturas entre el día y la noche, lo cual resulta negativo desde el punto de vista del confort térmico.

La variación de temperatura que se advierte en cada local en función de la zona de confort se calcula en referencia al valor del límite inferior de la misma (15°C para invierno). En la Fig. 11 se puede observar que los valores más constantes los registra el dormitorio con paredes de adobe, seguido del de paredes de suelo-cemento. En todos los casos simulados, el comedor goza de temperaturas más altas que el dormitorio durante la mañana y la tarde, con su pico máximo a las 14hs. Por otro lado también existe coincidencia para las cuatro variables en el horario que las temperaturas alcanzan el mínimo, éste es a la 7 de la mañana.

Acerca de la dispersión térmica de los ambientes en base a la temperatura exterior mínima registrada en el día del cálculo (6,83°C) se puede afirmar que inversamente a lo que sucede para el verano, en esta ocasión es el comedor de adobe y de quincha tradicional el que presenta los mayores valores, con 10°C y 13°C respectivamente. Para los materiales macizos; el dormitorio de suelo-cemento varía su temperatura dentro de un rango menor que para verano, desde los 5,77°C a los 9,67°C, denotando un mejor comportamiento térmico del local en épocas frías.

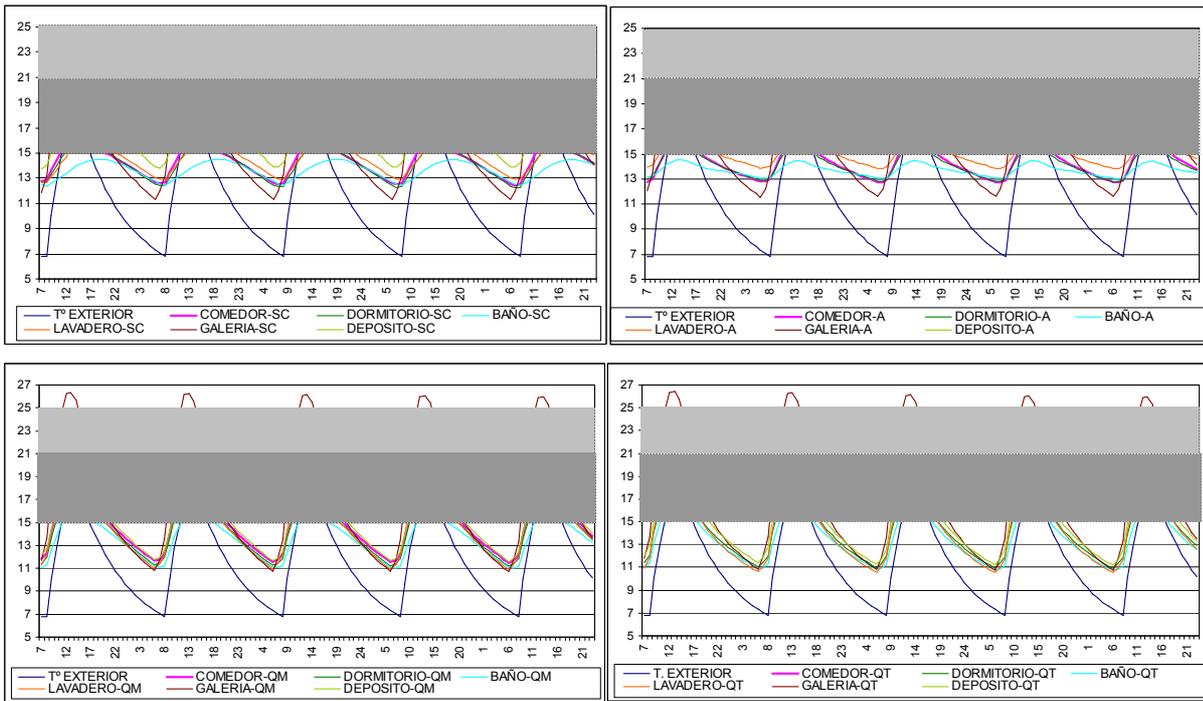


Fig. 9 – Gráficos del comportamiento de invierno de los sistemas: suelo-cemento, adobe, quincha mejorada y quincha tradicional.

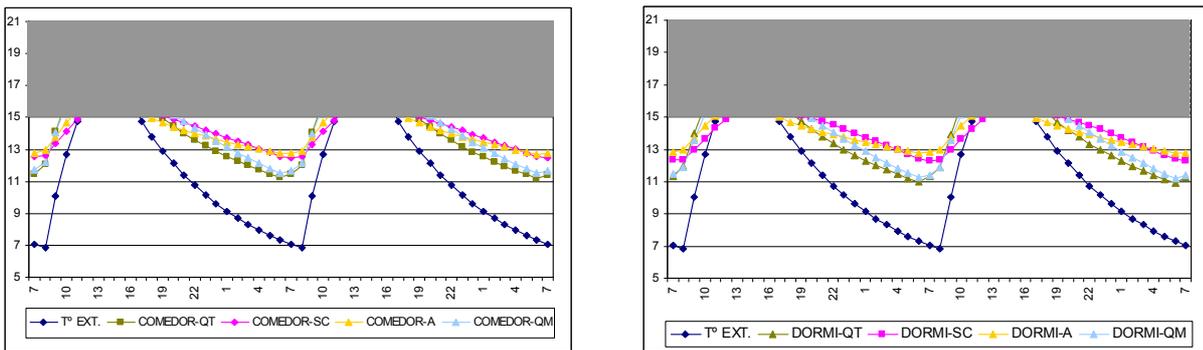


Fig. 10 – Comparación de las temperaturas registradas en los locales comedor y dormitorio con los cuatro sistemas.

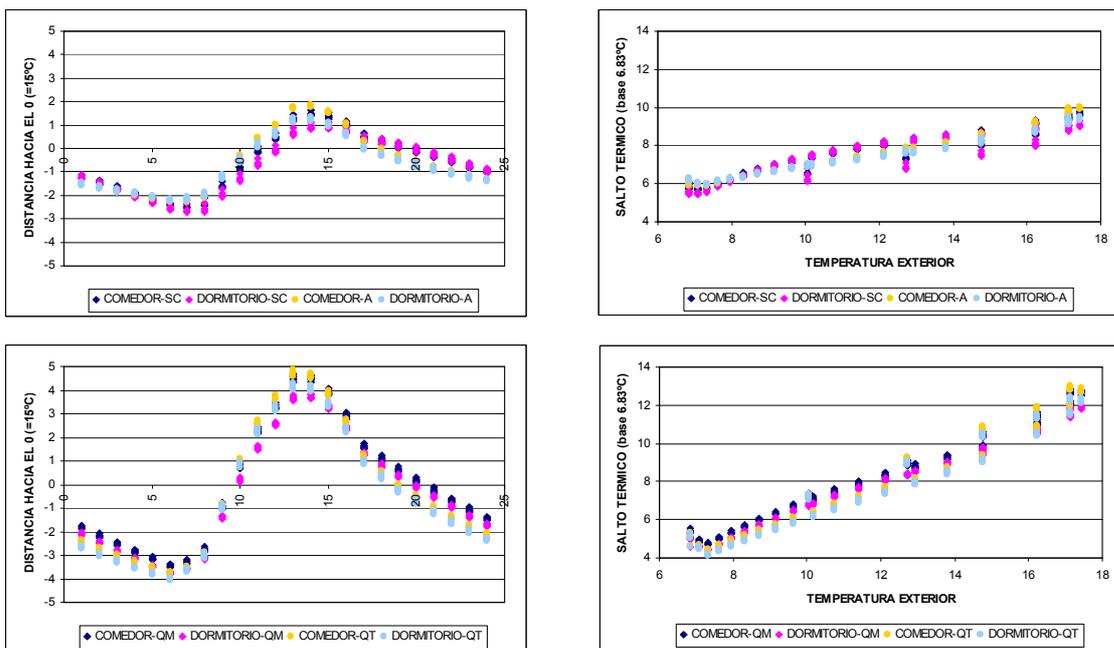


Fig. 11 – Dispersiones de temperaturas, según sistemas macizos y tipo tabique.

## CONCLUSIONES

El ajuste a las condiciones físicas ha sido comprobado mediante el análisis del diseño bioclimático, como también del comportamiento térmico a través de la Transmitancia Térmica (K) y el Coeficiente de Pérdidas Global (G). La comparación entre los distintos sistemas constructivos con tierra aplicables a los muros mediante el análisis de parámetros térmicos permitió constatar la conveniencia de aumentar el espesor de los muros de suelo-cemento a 27cm, y evitar la construcción con quincha tradicional. Asimismo, se comprueba la necesidad de mejorar el nivel de aislamiento térmico del techo, pues su coeficiente K se aleja considerablemente del admisible para construcciones de baja calidad.

Para la aplicación del método SIMEDIF no han sido consideradas las ganancias internas, sino tan sólo se ha simulado el comportamiento de la construcción como caja térmica, por ello, en zonas de climas extremos como el del caso en estudio, difícilmente se pueda alcanzar el confort durante un período prolongado del día. Tomando en cuenta esta característica se puede afirmar a través del resultado de las simulaciones que la vivienda diseñada presenta un buen funcionamiento tanto en días de invierno como de verano, aunque es necesario complementar su estado natural con una provisión mínima de calor y frío respectivamente, mediante el uso de fuentes auxiliares de energía que procuren bienestar higrotérmico. Sin embargo, existen diferencias entre los distintos sistemas constructivos analizados, resultando más apropiados el adobe y el suelo-cemento, seguidos de la quincha mejorada y la tradicional.

La incorporación de la evaluación térmico-formal y de simulaciones térmicas en el proceso de diseño arquitectónico, facilita el logro de mejores propuestas, evitando decisiones erróneas antes de su materialización que impliquen inversiones innecesarias e inconvenientes en el periodo de uso. A través del caso de estudio se comprueba que ambas herramientas conforman un potente soporte al diseño ambientalmente conciente.

## REFERENCIAS

- Albarracín O., Blasco I. (2001) *Suelo-Cemento: Mejoramiento de Técnicas para la Autoconstrucción en Áreas Rurales Árido-Sísmicas*. Actas del Simposio de la Vivienda de Hoy, Universidad Tecnológica de Mendoza. Trabajo 3.2, 9 páginas.
- Blasco, I. (2000), "Software MET-ME", Método de Mahony-Evans, IRPha-FAUD-UNSJ, San Juan, Argentina.
- Blasco Lucas I. (2005). *Base de Datos "BD-TEL" para Análisis de Simulaciones Múltiples con "QUICK"*. Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 16, pp.61-68. Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar. Salta.
- Blasco Lucas I. (2005). *Simulación Higrotérmica, Energética y Lumínica Diaria de Viviendas Suburbanas con el Modelo "QUICK"*, Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 17, pp. 21-30. Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar. Salta
- Chauliagué Ch., Baratzabal P., Batellier J.P. (1978), "La Energía Solar en la Edificación", pp. 92, Editores Técnicos Asociados SA, Barcelona, España.
- Czajkowski D., Gomez F., Corredera C. (2007) *Arquitectura Sustentable*. Diario de Arquitectura Clarín. Suplemento 1 al 10.
- Deru M., Judkoff R., Torcellini P.(2002). *SUNREL™ Technical Reference Manual*. National Renewable Energy Laboratory. USA.
- Evans J., De Schiller (2001) *Vivienda Solar de Bajo Consumo Energético*. Revista Construir N°57 pp.38-43
- Evans J. (2006) *Simulación de Temperaturas Internas en el Proceso Proyectual: E-Temp.xls, un Nuevo Enfoque para Evaluar Comportamiento Térmico*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 10 pp. 08-115 a 08-122
- Fernández José E., Estévez A. (2004) *Conservación de Energía en Sistemas Autoconstruidos. El caso de la Quincha Mejorada*. ASADES Vol.8 pp. 05.121 – 05.125
- Flores Larsen Silvina (2005) *Uso de Modelos de Simulación en la Optimización Energética de Edificios*. Capítulo 4, en Celina Filippin *Uso Eficiente de la Energía en Edificios*. Ediciones Amerindia. La Pampa. Argentina
- Izard J. L., Guyot A. (1983), *Arquitectura Bioclimática*, Ediciones Gustavo Gili SA, pp. 107, México.
- Re G.; Blasco I., Albarracín O. (2004) *Diseño De Vivienda Sustentable Para Unidad Productiva Del Árido Sanjuanino*. ASADES Vol.8 pp. 05.19 – 05.24
- Re G. (2007) *Arquitectura Apropiada en Unidades Productivas de Zonas Rurales Áridas: Integración de Principios Bioclimáticos y Tecnología Solar*. Tesis de la Maestría "Arquitectura en Zonas Áridas y Sismicas". FAUD. UNSJ
- TRNSYS (1996) *A Transient System Simulation Program*. Version 14.2, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison.

## ABSTRACT

This investigation is focused on the application of the appropriate tools for the environmentally conscientious design of a rural house with social character projected for isolated communities in arid zones, as a fundamental component of the process refer to the decision making on materials for vertical closings and their thicknesses. The proposed study of the variants of the house materialization with different constructive earth systems, which are evaluated through their thermal behaviour, in the first instance through calculation of the thermal transmittances of the component elements and the global coefficient of losses of each alternative and in the second instance, verifying the variations of temperature in winter and summer via simulations using the program SIMEDIF. It is verified in this study that the earth-concrete system is a good alternative for the study zone, with a thickness of 27cm.

**Keywords:** SIMEDIF, simulations, temperature, thermal transmittances, constructive earth systems.