



## ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS APLICADAS, MONITOREO Y SIMULACION EN UNA VIVIENDA RURAL DE INTERES SOCIAL

Garzón, B. <sup>1</sup>; Hernández, A. <sup>2</sup>; Mele, E. <sup>3</sup>; DeBenito, L. <sup>4</sup>

<sup>1</sup> FAU-SeCyT Universidad Nacional de Tucumán. CONICET. bgarzon@gmail.com

<sup>2</sup> UNSA. INENCO. alejo@unsa.edu.ar

<sup>3</sup> Instituto Provincial de la Vivienda de Chubut. edmele@hotmail.com

<sup>4</sup> Instituto Provincial de la Vivienda de Chubut. lilianadebenito@yahoo.com.ar

**RESUMEN:** El objetivo de este trabajo es mostrar el análisis de las estrategias de diseño bioclimático adoptadas y la verificación del comportamiento térmico-energético de un caso de vivienda rural producida por el Estado en Chubut. Las etapas realizadas fueron: 1) Identificación del Área de Trabajo; 2) Caracterización Climática; 3) Determinación de Estrategias Bioclimáticas; 4) Descripción de la Disposiciones Arquitectónicas y Tecnológicas utilizadas; 5) Monitoreo; 6) Simulación Térmica computacional del mismo mediante SIMEDIF; 7) Conclusiones y Consideraciones Finales. En cuanto a sus alcances, permitirá formular pautas y estrategias que orientarán una adecuada producción habitacional para dicho contexto.

**Palabras clave:** Vivienda rural. Estrategias bioclimáticas. Simulación. Monitoreo.

### INTRODUCCION

En su mayoría las intentadas en las últimas décadas respecto a las Viviendas Rurales de Interés Social, estatales y privadas, han presentado deficiencias sobre todo en relación a cuestiones de habitabilidad (control climático, superficie, etc.) y de producción, funcionamiento y mantenimiento (materiales, procesos constructivos, calidad, costos, consumo energético, etc.). “Sin embargo, en Argentina y a partir de 2003, se inició un dinámico proceso para su abordaje; por otro lado, existen ejemplos, que han tratado de revertir y/o resolver algunos de estos aspectos o la suma de ellos.” (Garzón, B. 2007.). Así encontramos casos con configuraciones arquitectónicas y espaciales apropiadas (edificios orientados al Norte, invernáculos, etc.), con envolventes adecuadas (mamposterías y techos en tierra, etc.), con sistemas con uso de energías renovables (para calentamiento solar de agua, generación de energía eléctrica, etc.), de modo de responder a las condiciones climáticas y energéticas del lugar y a los contextos social, económico y cultural.

### PROPÓSITO Y OBJETIVOS

Este trabajo propone “el Análisis de las estrategias de diseño bioclimático adoptadas y la Verificación del comportamiento térmico de un caso de vivienda rural bioclimática producida por el Estado en la provincia de Chubut”.

Los Objetivos planteados son:

- Mostrar la aplicación de estrategias y pautas de diseño bioclimático-energético en una vivienda rural de interés social,
- Simular su comportamiento térmico,
- Verificar el mismo a través de mediciones,
- Confrontar la misma con los datos obtenidos de las mediciones.

### ÁREA DE TRABAJO

En cuanto a su Ubicación Geográfica, este Prototipo se halla emplazado en la localidad de Buenos Aires Chico, El Maitén. Sus coordenadas geográficas son: Latitud: 42° 03.157', Longitud: 71°10.112' y Altitud: 734.30 m s.n.m. El proyecto se desarrolla en el borde de la meseta chubutense, cercana a la precordillera (*Figuras 1 y 2*).

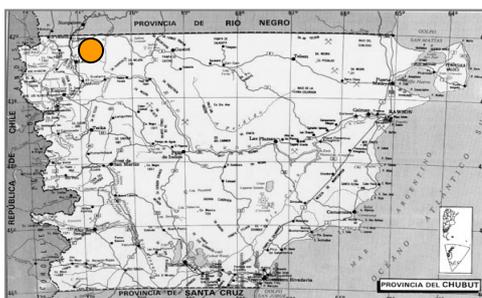


Figura 1: Ubicación geográfica.

## CARACTERIZACION CLIMATICA

Las características climáticas responden al Tipo de Clima Desértico Patagónico, caracterizado por fuertes y constantes vientos, bajas temperaturas invernales y nevadas y heladas periódicas con condiciones de aridez.

Según la Norma IRAM, pertenece a la Zona Bioambiental VI (IRAM, 1996.). (Figura 3)

Los datos registrados son (Servicio Meteorológico Nacional. 1992.)

- Lluvia promedio: 400 mm anuales.
- Vientos predominantes: cuadrante Noroeste-Sureste.
- Temperaturas: - Promedio de verano: 12°  
- Promedio de invierno 1°.

Figura 3: Clasificación Bioambiental.



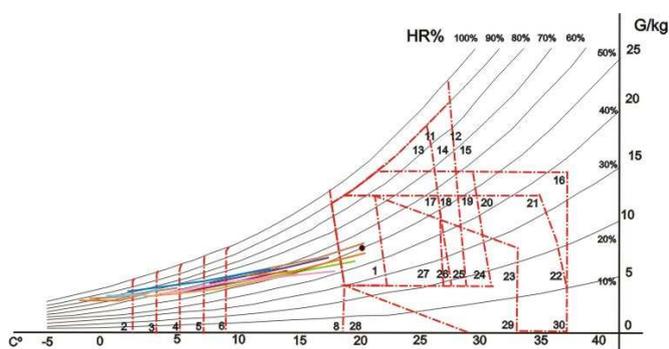
## DETERMINACION DE ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS

Se establecieron a través del uso del Diagrama Psicrométrico para el período anual y según la zona bioambiental en estudio. Los valores de temperatura y humedad relativa considerados corresponden a los valores medios máximos, medios mínimos y medios medios para el período en consideración.

De la metodología utilizada se obtuvieron y consideraron aquellas estrategias con mayor porcentajes en relación a su alejamiento de la zona de confort para dicha época (Garzón, B; 2003. [4]) (Figura 4).

ESTRATEGIAS Período Anual	
Calefacción Solar Pasiva	70 %
Calefacción Convencional	22 %
Confort	8 %

Figura 4: Diagrama Psicrométrico.



## PROPUESTA ARQUITECTONICA

### Condiciones habitacionales previas

La condición habitacional de las viviendas del área de trabajo en consideración, se caracteriza por construcciones con un alto grado de deterioro por su antigüedad. Situación que se evidencia a través, por ejemplo, de las fisuras que presentan las mamposterías lo cual, además, pone en riesgo la integridad de las persona.

Esto determinó, que el Municipio buscara una solución a esta problemática. Los grupos seleccionados y conformados fueron tres familias del área de trabajo.

### Descripción

El caso del hábitat domestico que aquí se presenta, se ha diseñado y construido dentro del marco del Programa Hábitat Rural Chubut del Instituto Provincial de la Vivienda en articulación con la Facultad de Arquitectura y la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán (Mele; De Benito; Garzón; Piva. 2006).

En principio el programa se centró en el departamento de Cushamen, provincia del Chubut, y en cercanías de la Comuna del mismo nombre, extendiéndose luego a otras localidades, como es el caso de El Maitén.

**Ficha Técnica:** - Fecha del proyecto: 1 de Noviembre de 2005;  
- Estado de construcción: Obra Concluida, Diciembre de 2006.

### Programa de necesidades funcionales:

El prototipo corresponde a una vivienda unifamiliar de una planta de dos dormitorios.

El programa de la vivienda contempla espacios de:

a) habitación: comedor, 2 dormitorios e invernáculo.

b) servicio: un espacio tipo "exclusa" de entrada, cocina, baño y lavadero.

Su superficie cubierta es de 78 m<sup>2</sup> más 8 m<sup>2</sup> de invernáculo, es decir, de 86 m<sup>2</sup> en total. Este último se incorpora al desarrollo funcional de la vivienda. Como se observa, se dispusieron locales con superficies mayores a las de un prototipo convencional realizado, en general, por el Estado. Esto se basa en el hecho que la vivienda rural escapa a las condiciones de la vida urbana; en ella se concentra la mayoría de las actividades de los pobladores tanto de habitación como de trabajo y subsistencia.

### Envolvente:

Se usaron mano de obra y materiales del lugar para economizar gastos de transporte y de energía –hidrocarburos- y algunos componentes constructivos industrializados en poca cantidad como el cemento con el objeto de emplear materiales con bajo consumo energético en su producción.

También, se reformularon técnicas constructivas del sitio como la tecnología de construcción en tierra para su rescate y revalorización y por su facilidad constructiva.

Las características de los cerramientos son:

- Muro: Mampostería de ladrillos macizos de suelo-cemento  $-0,11 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,30 \text{ m}$ - fabricados “in situ” *Foto 1*: a) exterior de 0,30 m de espesor con aislamiento de 0,05 m de poliestireno expandido, b) interior de 0,15 m, c) revestimiento del sobrecimiento de piedra laja; ventanas de carpintería de madera con vidriado simple repartido (*Fotos 2, 3*);
- Techo: Cielorrasos de Madera machihembrada con aislamiento hidrófugo -nylon 200 micrones- y térmico (lana de vidrio de 0,50 m) de espesor; Cubierta: Chapa de zinc sobre estructura de madera. (*Fotos 2, 3*).

La utilización de dicha mampostería se debió al reducido consumo de energía para la producción de los ladrillos -0,10 Kwh-, a la facilidad constructiva del mampuesto y de los muros y a la necesidad de disminuir los costos en materiales utilizando aquellos disponibles en el lugar; esto permitió, asimismo, poder contar con una superficie habitable mayor en las viviendas con el mismo precio de construcción e incorporar sistemas solares y sistemas no convencionales con uso racional de la energía para calefacción y cocción para el acondicionamiento de la vivienda e higiene y alimentación de sus habitantes.

#### Modalidad de construcción:

Se ha adoptado el sistema de autoconstrucción asistida, con la participación directa de los futuros usuarios; esto también permitió reducir los costos de mano de obra. La ejecución de las viviendas se inició con la fabricación de los ladrillos de suelo-cemento -actividad en la que se integraron todos los miembros de la familia-, se continuó con la construcción o instalación de los sistemas complementarios para acondicionamiento térmico y se concluyó con los acabados superficiales y la colocación de los artefactos sanitarios y eléctricos.

Cabe destacar que los usuarios-construtores no son albañiles ni instaladores especializados sino pequeños minifundistas que se dedican a actividades ganaderas, ya sea explotación del ganado ovino y caprino o vacunos y que desarrollan actividades económicas de subsistencia como las agrícolas, las artesanías, etc.



*Foto 1: Ejecución de la vivienda.*

*Fotos 2 y 3: Fachadas Norte, Oeste y Sur.*

#### Disposición Arquitectónica:

En base a la definición de incorporar al diseño de la vivienda elementos que aprovechen las fuentes de energía que caracterizan a la región, como lo es la energía solar, se decidió su configuración formal mediante un partido arquitectónico con aprovechamiento solar pasivo sintetizado en una planta alargada, con eje mayor este-oeste, es decir con su mayor superficie orientada al Norte para lograr la mayor captación y colección de radiación solar.

- comedor, invernáculo y 2 dormitorios, al Norte,
- un espacio tipo “exclusa” de entrada, con orientación norte, oeste y sur,
- con los locales de servicio -cocina, baño, lavadero- al sur como espacios “tapón”.

quedando así ubicados al norte los colectores solares para el calentamiento del agua, los muros Trombe Mitchell Modificados y el invernadero.

#### Sistemas energéticos y de acondicionamiento ambiental adoptados:

Los Sistemas Solares utilizados responden a las estrategias bioclimáticas determinadas y a las pautas que se desgranaron de las mismas, buscando dar respuesta a:

- *Calefacción pasiva*: La ganancia solar es directa a través de:
  - Aventanamientos
  - Invernáculo;
  - Muros colectores acumuladores (Tipo Trombe-Michel Modificado) al Norte (*Foto 4*), construidos con ladrillos de suelo-cemento pintados de negro por el lado exterior.
- *Almacenamiento-Amortiguamiento*: La mayor parte de acumulación de calor se realiza en los muros exteriores e interiores de suelo-cemento. Estos permiten amortiguar las variaciones diarias de temperatura y conservar el calor en la vivienda.
- *Cocción de alimentos*: Se ha incorporado una Cocina solar móvil, en el exterior de la vivienda, con un concentrador parabólico y sistema con seguimiento solar manual.
- *Agua caliente*: El sistema de calentamiento agua sanitaria posee colector comercial de  $4 \text{ m}^2$ , con acumulador de agua en un tanque aislado que provee a los artefactos de baño, cocina y lavadero (*Foto 5*).
- *Invernáculo*: Se orienta al Norte y al Oeste y permite la producción de verduras y hortalizas; posee una cubierta de policarbonato y aventanamientos de vidriado (*Foto 5*).
- *Refrescamiento*: Se produce mediante efecto “chimenea” en invernáculo, en el caso de producirse sobrecalentamientos.
- *Energía Eléctrica*: La conexión es a red eléctrica local.
- *Calefacción y Cocción de Alimentos No Convencional con Uso Racional de Leña*: Se colocó una cocina de chapa de alto rendimiento -Cocina Ñuque- para cocción de alimentos, calentamiento de agua -que apoya al sistema de calentamiento solar de agua- y calefacción -con sistema de distribución de aire caliente a los dormitorios- (*Foto 6*).
- *Calentamiento de Agua con Uso Racional de Leña*: El sistema cuenta con termotanque de alta eficiencia que complementa al sistema de calentamiento solar de agua (*Foto 6*).



Fotos 4, 5 y 6: Muros colectores-acumuladores; Colectores para calentamiento de agua, Cubiertas de la Vivienda y del Invernáculo; Cocina de chapa y termotanque, ambos a leña y de alta eficiencia.

## ARTICULACIONES INTERACTORALES Y METODOLOGIA

El trabajo se realizó en forma: A) Interinstitucional: en la 1ª. Etapa, la Caracterización Climática fue realizada por el Arq. Edgardo Mele y la Arq. Liliana De Benito del IPVy DU Chubut, y la Recolección de Datos Meteorológicos, la Definición Bioambiental de la zona y la Determinación de Estrategias de Diseño Bioclimático por la Docente-Investigadora Arq. Beatriz Garzón de la FAU-SeCyT, UNT y del CONICET; en la 2ª. Etapa, los arquitectos del IPVyDU diseñaron un 1er. Prototipo y la Evaluación de Estrategias Aplicadas, la comparación de los consumos de energía en la producción de materiales constructivos y el cálculo de la transmisión térmica (K) de aquellos posibles a utilizar fueron realizados por la Arq. Garzón mediante el uso de “Planillas computacionales” (Negrete, J. 2001.); como 3ª. Etapa, se materializó una Propuesta Superadora según las disponibilidades económicas, tecnológicas e institucionales locales; en la 4ª., se sumaron 2 Docentes-Investigadores de la UNSA y del INENCO: la Dra. Graciela Lesino quien aconsejó sobre las características generales del instrumental a usar y cedió su Programa SIMEDIF bajo WINDOWS para la Simulación (Flores Larsen y Lesino, 2000.) y el Dr. Alejandro Hernández quien asesoró al Equipo formado en las fases de monitoreo y desarrolló la simulación térmica del edificio y analizó sus resultados cuanti y cualitativos en profundidad, y; B) interdisciplinaria: pues intervinieron Arquitectos, Físicos y Técnicos. Además, se involucró a los usuarios para responder a la Metodología de Investigación-Acción Participativa con el objeto de conocer una realidad y poder transformarla para elevar su calidad de vida (Garzón. 2004.).

## ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO-ENERGETICO DEL EDIFICIO

**Monitoreo del edificio:** Como 1ª. fase se realizó el relevamiento de las condiciones de funcionamiento y uso de la vivienda según sus usuarios, en diciembre de 2007. Se capacitó a sus habitantes y a los técnicos del IPVyDU Chubut sobre los pasos del monitoreo y su registro, realizándose la 1ª. medición de temperaturas y humedades exteriores e interiores. (Fotos: 7, 8, 9).



Fotos: 7, 8, 9: Relevamiento de las condiciones post-ocupacionales de la vivienda y Capacitación para el Monitoreo.

Para el monitoreo higrotérmico de la vivienda se emplearon dos termohigrómetros con función datalogger marca TFA cada uno de los cuales posee una base receptora y 5 sensores remotos de temperatura y humedad relativa. Con ellos se monitorearon las temperaturas del invernadero, la cocina-comedor, el hall de entrada, ambos dormitorios, el pasillo de comunicación interna y la temperatura exterior sobre las 4 orientaciones (Figura 10). La radiación solar, humedad relativa externa y velocidad del viento se monitorearon mediante una estación meteorológica autónoma marca Davis.

Los resultados del monitoreo se presentan junto a los de las simulación térmica de la vivienda para su comparación y análisis.

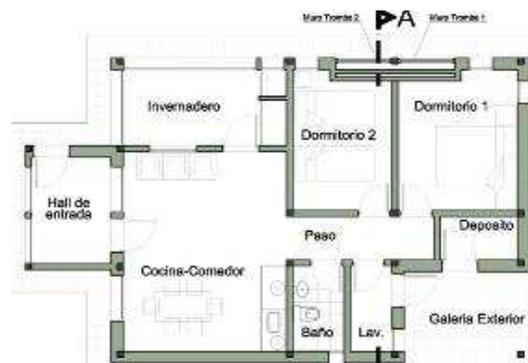


Figura 10: Zonificación de la vivienda.

**Simulación con SIMEDIF:** La simulación del comportamiento térmico de la vivienda se realizó con el programa SIMEDIF para Windows.

Para la *Zonificación* del edificio se tomaron los siguientes locales principales (*Figura 10*):

- Dormitorio 1 (al Noreste),
- Dormitorio 2 (al Norte)
- Invernadero
- Hall de entrada
- Cocina – Comedor
- Paso (entre dormitorios y servicios)
- Lavadero – Baño.
- Depósito

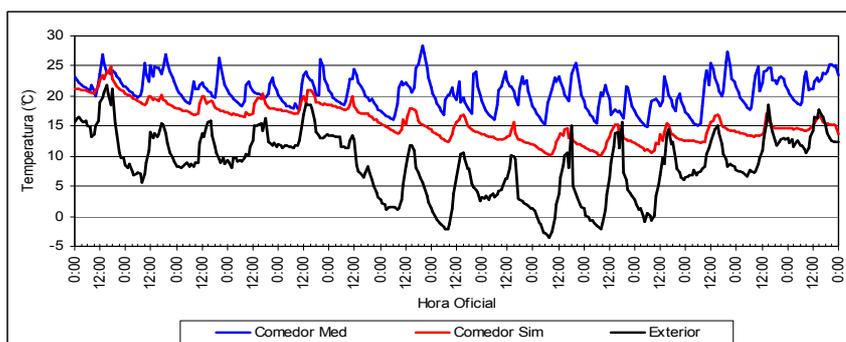
Como locales secundarios fueron ingresados:

- los 2 muros trombe,
- las cámaras de aire ventiladas entre éstos y los dormitorios
- el gran espacio hueco comprendido entre la cubierta metálica y el cielorraso que aloja la tirantería de madera.

Debido a que el edificio se encuentra en uso, los aportes de energía auxiliar por cocción de alimentos y calefacción de la vivienda presentan un patrón cuasi regular en lo temporal pero muy irregular en los montos de energía entregados cada hora. Esto no permite obtener un buen acuerdo entre valores simulados y medidos durante los períodos de calefacción pues resulta sumamente complicado ingresar en el SIMEDIF, día tras día y hora por hora, diferentes valores de  $Q_{aux}$ , en principio desconocidos. Por ello, se decidió simular el comportamiento térmico de los locales sin incluir aportes de energía auxiliar para analizar cuán efectivo es el diseño térmico del edificio y el esquema de calefacción practicado por sus habitantes. El *período* para este análisis comprende 15 días del mes de abril de 2008 (del 4 al 18) escogido en virtud que la inestabilidad meteorológica en las estaciones intermedias origina la alternancia de días soleados y templados con días nublados y fríos.

#### Análisis de los datos obtenidos:

- En la *Figura 11* se comparan los *resultados del monitoreo y la simulación térmica* de la temperatura del *comedor* junto a la del exterior.



*Figura 11: Evolución temporal de temperaturas medida y simulada de la Cocina-Comedor junto a la temperatura exterior.*

Se observa que los primeros 5 días fueron templados, seguidos por 5 días muy fríos durante los cuales el empleo de energía auxiliar para calefaccionar este local aumentó considerablemente. Mientras la curva simulada guarda coincidencia en sus máximos con la temperatura exterior, la correspondiente a los datos medidos presenta picos que no se correlacionan temporalmente con aquella, debidos a la operación del calefactor (la cocina a leña). El patrón de calentamiento se repite día a día, indicando su encendido a primera hora de la mañana y manteniéndola en operación hasta el mediodía. Por la tarde vuelve a encenderse alrededor de las 18 hs durante los días templados y alrededor de las 15 hs los días fríos. Durante la noche el aporte de calor de la salamandra disminuye paulatinamente a medida que se consume la leña.

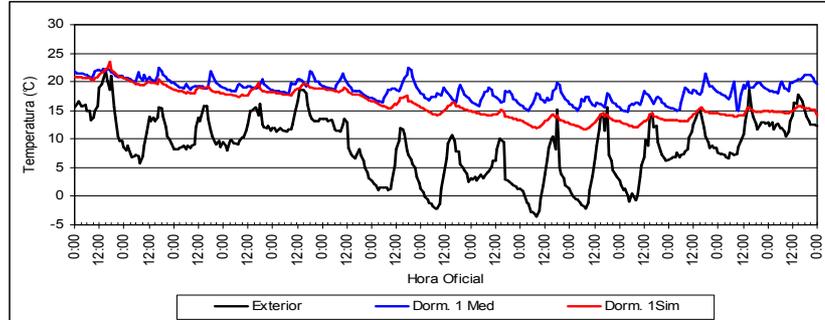
La discrepancia entre valores medidos y simulados es evidente ya que, como se explicó anteriormente, no se incluyó en la simulación la ganancia auxiliar generada por la cocina-estufa. Se acentúa durante los 5 días más fríos en que su operación fue indispensable para mantener la temperatura interior dentro de valores confortables. Sin embargo, el acuerdo es aceptable durante los primeros 5 días simulados en que el clima no fue demasiado riguroso.

La simulación indica una amplitud térmica diaria del orden de 4 °C en este gran local durante estos días, con valores de temperatura dentro del rango de confort de invierno (18 a 24 °C). La temperatura medida oscila también dentro de este rango pero con las variaciones originadas por el funcionamiento de la cocina-estufa. Durante los siguientes 5 días la curva simulada se aparta de la medida hasta alcanzar valores mínimos de 10 °C algunas noches, mientras que la temperatura del local descendió, según los valores medidos, hasta los 15 °C. Esto indica que la Cocina-Comedor necesitará calefacción auxiliar durante el invierno ya que no posee ganancia solar directa y que el patrón intermitente de uso de la cocina-estufa para calefaccionar este ambiente principal es apropiado en cuanto a los niveles de temperatura alcanzados en esta época del año y al ahorro en el consumo de leña al evitar el gasto continuo durante las horas de luz. Sin embargo, se observa que en el 50 % de los días se registraron sobrecalentamientos por encima de 25 °C al avivar el fuego por la tarde, tal vez por el agregado de mayor cantidad de leña para prolongar su encendido durante la noche.

De la observación de los datos medidos no puede inferirse el manejo que los habitantes de la vivienda hacen de la ventana que se encuentra en la pared divisoria entre el invernadero y el comedor, cuyo objetivo es permitir que el aire calentado durante las horas de sol en el invernadero ingrese a la cocina-comedor por convección natural.

- En la *Figura 12* se presenta la comparación entre las *temperaturas medidas y simuladas* en el *Dormitorio 1*. Nuevamente el acuerdo entre valores medidos y simulados es bueno durante los días templados, separándose ambas curvas durante los días fríos en los cuales se incrementó el uso de la calefacción.

Claramente se observa que su efecto se manifiesta también dentro del dormitorio, sobre todo durante las noches. Como ya se mencionó, la cocina a leña posee un sistema de recuperación de parte del calor irradiado por su chimenea mediante el cual se conduce por una tubería, hacia los dos dormitorios, el aire calentado en el espacio existente entre el caño de salida de los gases de combustión y un segundo conducto de sección cuadrada que lo rodea exteriormente (*figura 6*). En los datos medidos se observa que el aporte de la calefacción auxiliar permitió mantener niveles de temperatura confortables (15 a 20 °C) durante los días fríos. La amplitud térmica de este local es inferior a 4 °C.



*Figura 12: Evolución temporal de temperaturas medida y simulada en el Dormitorio Noreste junto a la temperatura exterior.*

- El *comportamiento térmico* del *Dormitorio 2* es similar al mostrado en la *Figura 12* y por lo tanto se omite su presentación. Ambos dormitorios poseen muros colectores-acumuladores tipo Trombe modificados sin ventanillas. La modificación consiste en que, detrás del muro colector acumulador, existe una cámara de aire separada del dormitorio mediante una pared de suelo cemento que posee ventanillas para termocirculación.

De esta forma, el calor que atraviesa el muro colector no se entrega directamente al local sino que calienta por convección natural el aire de la cámara. Al volverse menos denso este aire, asciende e ingresa en el dormitorio por las ventanillas superiores generando, así un loop convectivo entre dicha cámara y el local a calefaccionar. La velocidad media con que se mueve el aire dentro de la cámara depende de la diferencia de temperaturas entre el aire de la cámara y el del dormitorio, de la altura que separa las ventanillas superior e inferior y de la pérdida de carga en las ventanillas. Aplicando la ecuación de Bernoulli a una línea de corriente entre las ventanillas inferior y superior, incluyendo la pérdida de carga generada por la forma de las ventanillas y considerando que la densidad y la temperatura del aire varían linealmente con la altura dentro de la cámara, dicha velocidad puede ser estimada mediante la ecuación (Duffie & Beckmann, 1990, Ec. 8.6.2 [9]):

$$\bar{v} = \left[ \frac{2gh}{8(A_g/A_v)^2 + 2} \left( \frac{T_c - T_d}{T_c} \right) \right]^{1/2}$$

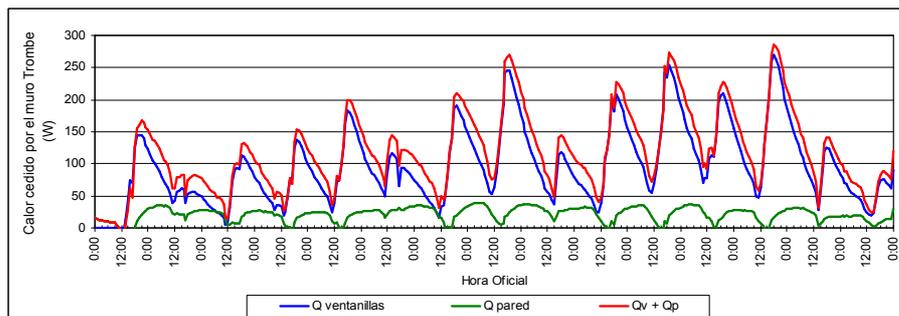
donde:  $h$  (m) es la altura entre los centros de las ventanillas,  $g$  la aceleración de la gravedad,  $T_c$  la temperatura de la cámara,  $T_d$  la temperatura del dormitorio,  $A_g$  el área transversal de flujo del aire en la cámara y  $A_v$  el área de la ventanilla.

Esto indica que cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre la cámara y el dormitorio mayor será el flujo de aire por termosifón y, por ende, la cantidad de calor aportada por el muro colector-acumulador. Por otro lado, cuanto menor sea el área de la ventanilla, mayor será la pérdida de carga y, por ende, menor el flujo de aire y el calor aportado al dormitorio. Durante el monitoreo no se midieron las temperaturas de entrada y salida de la cámara ventilada ni la velocidad del aire dentro de ella y, por lo tanto, no se puede evaluar la cantidad de calor real entregada por los muros trombe modificados ni estimar sus eficiencias. Sin embargo se puede tener una idea de sus performances a través de los valores arrojados por el SIMEDIF ya que se dispone de las temperaturas del aire en la cámara y de todas las superficies involucradas en la transferencia de calor. El calor entregado por el muro trombe modificado al local es la suma del calor aportado a través de las ventanillas más el transferido por convección desde la superficie de la pared de la cámara que da al dormitorio.

- En la *Figura 13* se grafican estos tres flujos mediante las ecuaciones (Duffie & Beckmann, 1990, Ec. 8.6.2 [9]) donde:

$$Q_{ventanilla} = \rho v A_g C_p (T_c - T_d) \quad \text{y} \quad Q_{pared} = U A_m (T_m - T_d)$$

siendo:  $\rho$  la densidad del aire,  $C_p$  su calor específico,  $A_m$  el área del muro,  $T_m$  su temperatura superficial y  $U$  el coeficiente de transferencia convectivo-radiativo.



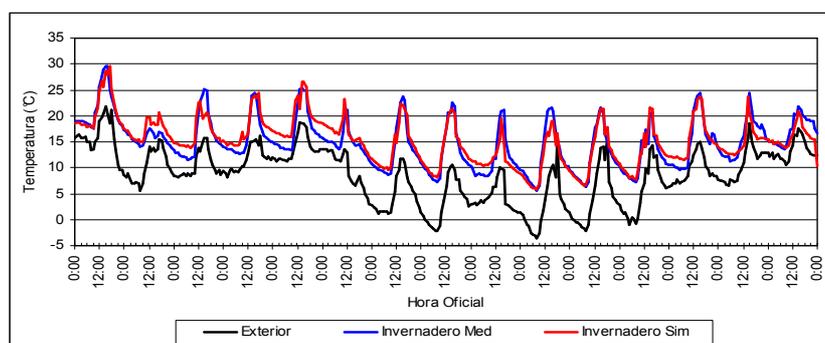
*Figura 13: Flujo de calor entregado por los muros trombe modificados a cada dormitorio. Valores estimados con SIMEDIF.*

Según se observa en la figura, la potencia cedida por el muro trombe al dormitorio no superaría los 280 W en ninguno de los 15 días de otoño analizados. Este valor es significativamente bajo si se considera que dos personas adultas realizando tareas sedentarias generan, por metabolismo, 300 W.

Las causas más importantes en la escasa performance de estos muros son la baja conductividad térmica del suelo-cemento empleado como material colector-acumulador ( $0,85 \text{ W/m}^2\text{C}$ ) que no permite alcanzar valores suficientemente altos de temperatura dentro de la cámara,  $T_c$ , la pequeña área de las ventanillas ( $\sim 0,5\%$  de  $A_m$ ) que aumentan considerablemente la pérdida de carga y la poca área de apertura solar de la cubierta vidriada ( $1,93 \text{ m}^2$ ).

- En la *Figura 14* se presenta la comparación entre las *temperaturas medidas y simuladas* en el *Invernadero*. El acuerdo entre valores medidos y simulados es excelente durante las horas de sol y durante las noches despejadas.

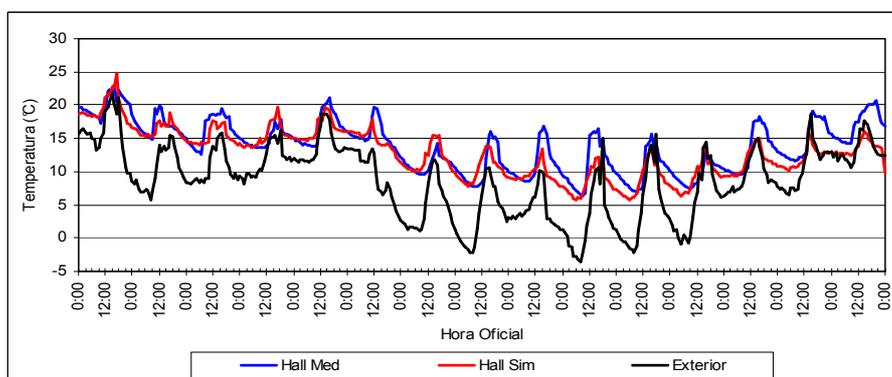
En las noches nubladas la curva simulada sobrestima la temperatura del invernadero hasta  $3 \text{ }^\circ\text{C}$  en algunos casos. De acuerdo a los valores medidos, no se registraron heladas dentro del invernadero durante las noches en que la temperatura exterior registró valores inferiores a  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tampoco se registraron sobrecalentamientos excesivos durante las horas de sol.



*Figura 14: Evolución temporal de temperaturas medida y simulada en Invernadero junto a temperatura exterior.*

- Finalmente, en la *Figura 15*, se presenta la comparación de las *temperaturas medidas y simuladas* en el *Hall de entrada* a la vivienda.

Si bien este local no es de habitación permanente, constituye un espacio de amortiguamiento térmico entre el interior y el exterior ya que posee una puerta en su comunicación con la cocina-comedor que puede mantenerse cerrada durante los días muy fríos a fin de disminuir las pérdidas térmicas por el ingreso y egreso de sus residentes.



*Figura 15: Evolución temporal de temperaturas medida y simulada en Hall de entrada junto a temperatura exterior.*

En la figura se observa claramente que durante la segunda mitad del período de monitoreo se mantuvo abierta dicha puerta durante las horas de sol, calentándose en consecuencia este local al calefaccionar la cocina-comedor. El resto del período la curva simulada ajusta suficientemente bien los valores de temperatura medidos.

- Debido a limitaciones de espacio no se presenta la *simulación* del sector de *baño* ni del *depósito* de herramientas; además, se ha considerado en este trabajo centrar el análisis de los espacios de habitación y no en los de servicio.

## CONCLUSIONES

La vivienda viene siendo monitoreada desde el mes de diciembre de 2007 y se pretende cubrir todo el período invernal. Para este estudio se seleccionaron 15 días del otoño a fin de evaluar la respuesta del edificio a la alternancia de días soleados y nublados.

En base a lo medido hasta ahora, se puede concluir lo siguiente:

- De la simulación se desprende que, ya en ésta época, el edificio precisa de *calefacción auxiliar* para lograr el confort térmico en su interior; lo cual concuerda con lo obtenido en la determinación de estrategias bioclimáticas. Esto significa que durante el invierno el consumo de leña deberá incrementarse considerablemente para evitar que la vivienda se enfríe demasiado. Sin embargo, es de esperar que los sistemas colectores de radiación solar (ventanas, muros trombe e invernadero) mejoren sus performances al aumentar la radiación solar sobre plano vertical al norte a medida que se

aproxima el equinoccio. No se dispone de información sistemática y cuantificable sobre la cantidad de calor auxiliar suministrada mediante la cocina-estufa de alta eficiencia ya que su funcionamiento combina la cocción de alimentos con la calefacción de espacios y su operación es muy variable día a día. Las mediciones indican que el patrón de uso de dicha estufa es apropiado para lograr el confort térmico interior.

- Los *muros trombe modificados* no resultaron eficientes debido a que el suelo-cemento tiene baja conductividad térmica y no permite alcanzar temperaturas suficientemente altas dentro de la cámara posterior. Sería conveniente reemplazar los ladrillos de este material por piedra de la zona para potenciar la transmisión del calor hacia el interior de su masa; si bien también podría emplearse hormigón, éste no se recomienda pues el consumo de energía para producirlo es igual a 50 Kw/h por kg (Garzón. 2005.) También, sería necesario agrandar el tamaño de las ventanillas hasta el 1 % del área del muro. O bien, no construir la cámara ventilada ya que su presencia, bajo las condiciones actuales, debilita la transferencia de calor hacia el dormitorio. El otro inconveniente que presenta este muro es su escasa área de colección (1,93 m<sup>2</sup>) para la rigurosidad del clima local y el tamaño de los locales a calefaccionar.
- Mediante la simulación computacional se verificó que la *masa térmica* provista por los *muros* de suelo-cemento es suficiente para atenuar la amplitud térmica exterior a valores adecuados dentro de la vivienda. Si bien los sistemas solares pasivos incluidos en el diseño de la vivienda son insuficientes para lograr por sí mismos condiciones de confort térmico interior durante el otoño y, por ende también durante el invierno, la inclusión de aislamiento térmico en toda la envolvente posibilita la disminución del consumo de leña empleada para la calefacción de los recintos.
- En cuanto al diseño del Invernadero, es apropiado para el cultivo de vegetales.

## CONSIDERACIONES FINALES

En base a ello, se puede decir que en cuanto a sus Alcances, esta investigación permitirá:

*a nivel particular:*

- reformular lo realizado en relación al diseño y la producción de viviendas dentro del Programa Hábitat Rural Chubut,

*a nivel general,*

- formular pautas y estrategias orientadoras para una producción habitacional con adecuación bioclimática para el contexto en consideración,
- rescatar, reformular y generar el uso de disposiciones arquitectónicas y tecnológicas compatibles con el medio social, económico y cultural,
- responder a los principios del uso racional de la energía
- promover la necesaria verificación de las propuestas a través de distintos métodos de modo de mejorar condiciones de habitabilidad y, por consiguiente, la calidad de vida de la población involucrada.

## RECONOCIMIENTOS:

Los autores agradecen a la Dra. Graciela Lesino por su asesoramiento y, también, junto a la Dra. Silvana Flores Larsen por permitirles utilizar su Programa SIMEDIF bajo WINDOWS.

## REFERENCIAS:

- Garzón, B. 2007. Casas de interés Social y Adecuación Bioclimática-Energética en Argentina. Arquitectura Bioclimática. NOBUKO. ISBN 978-987-584-096-6. Buenos Aires, Argentina.
- IRAM. 1996. Norma 11603: Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires. Argentina.
- Servicio Meteorológico Nacional. Estadísticas Climatológicas Período 1981-1990. 1992. Buenos Aires, Argentina.
- Garzón, B. 2003. Determinación de Estrategias Bioclimáticas para Localidades Rurales de Chubut, Argentina. FAU-SeCyT, UNT – CONICET.
- Mele, E.; De Benito, L.; Garzón, B.; Piva, R. 2006. Arquitectura Bioclimática: Experiencia Intersectorial en la Producción de Viviendas de Interés Social en Chubut, Argentina”. ConstruTIERRA 2006. Bogotá, Colombia.
- Negrete, J. 2001b. Programa 2001–V99. FAU, UNT.
- Flores Larsen S. y Lesino G. 2000. SIMEDIF 2000: nueva versión del programa de diseño y cálculo de edificios. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 4, 2. Argentina.
- Garzón, B. 2004. Enfoques Metodológicos y Conceptuales Básicos del Proyecto “Inserción de la Tecnología en el Desarrollo Social Comunitario”. TECBAHIA. V. 19. Nº 2-3. ISSN 0104 - 3285. CEPED - EDITEC. Bahía, Brasil.
- Duffie, J.; Beckmann, W. 1991. Solar Engineering of Thermal Processes, 2<sup>nd</sup> Edition, John Wiley & Sons, INC. Madison.
- Garzón, B. 2005. Consumos de energía en la producción de materiales constructivos. FAU-SeCyT, UNT – CONICET.

**ABSTRACT:** The objective of this paper is to show the analysis of the strategies of bioclimatic design adopted and the verification of the thermal-energetic behavior of a case of rural house produced by the State in Chubut. The activities developed are: 1) Identification of the Work Area; 2) Climatic characterization; 3) Determination of Bioclimatic Strategies; 4) Description of the Architectonic and Technological Dispositions used; 5) Monitoring; 6) Computational Thermal Simulation with SIMEDIF; 7) Conclusions and Final Considerations. This paper will permit formulate patterns and strategies that will orient adequate habitat design and production for this context.

**Keywords:** Rural House; Strategies of Bioclimatic Design; Simulation, Monitoring.