

EVALUACIÓN TÉRMICO-ENERGÉTICO Y CUALITATIVA DE CONDICIONES AMBIENTALES DE UNA VIVIENDA SOCIAL DE LA CIUDAD DE MENDOZA. Condiciones reales de uso y estrategias de mejoramiento térmico-energético bioclimático.

M. Victoria Mercado; Alfredo Esteves*, Celina Filippin^{*1}, Lía Navarro.

Secretaría de Ciencia y Postgrado
Universidad Nacional de la Patagonia, San Juan Bosco
C.C. 131. C.P.5500, Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina
Tel. (0297) 154578431, Fax. (0261) 4287370
E-mail : mvmercado@lab.cricyt.edu.ar, aesteves@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN:

En la ciudad de Mendoza existe una importante demanda de viviendas nuevas, el sistema constructivo de estas viviendas nuevas es tradicional húmedo (ladrillón y cubiertas livianas). El presente trabajo evalúa una vivienda social, su calidad térmica por medio de mediciones in-situ en uso real; el requerimiento energético necesario que tienen sus usuarios para lograr condiciones de confort por medio de un balance energético y por último se realizó un sondeo cualitativo de las sensaciones termo-lumínicas de las personas dentro de estos edificios. Se considera que el edificio evaluado posee un marcado déficit en su calidad térmica, se le otorga al usuario un espacio que lo condena a vivir en condiciones térmicas precarias, ha sostener un gran costo energético durante la vida útil de la vivienda y se lo priva de la posibilidad de hacer uso racional de la energía. Se ensayan estrategias bioclimáticas sobre el modelo del balance térmico y se observa que estas medidas implican el 35.6% de ahorro de la energía auxiliar y una disminución del 27% de la potencia necesaria para calefaccionar la vivienda. Por último se observa que el 90% de los usuarios poseen sensación de disconfort, sintiendo su hogar muy frío en invierno.

Palabras Claves: Arquitectura Sustentable- Evaluación térmico-energética-Vivienda social Mendoza

INTRODUCCIÓN

Lugar, Situación y Clima

La provincia de Mendoza con un territorio de 148.827km², se encuentra situada en la región cuyana, en el centro-oeste de la República Argentina. Son tres los oasis de la provincia, éstos rigen el crecimiento y la distribución poblacional sobre el territorio, el Oasis norte, el Oasis este y el Oasis sur. La ciudad de Mendoza se ubica en el centro del oasis norte (32° 40' latitud sur y 68° 51' longitud oeste; a una altura sobre nivel del mar de 750m promedio). En este se sitúa el conglomerado urbano más importante de la provincia, denominado "*gran mendoza*", que alberga el 64% de la población, (885.151 habitantes (Indec 2001)) y ocupa el 11% del territorio jurisdiccional de Mendoza.

Planteada esta situación demográfica-urbana es posible entender la gran demanda de viviendas nuevas (cerca de 30000; IPV Mza) que tiene la provincia a pesar de la continua pero insuficiente construcción de barrios nuevos. El sistema constructivo de estas viviendas nuevas, en su mayoría, está conformado por estructura de hormigón armado, cerramientos opacos verticales de ladrillón macizo, cerramientos traslúcidos con marcos de madera y cubiertas livianas de chapa por el exterior y cielos rasos de machimbre por el interior.

La situación climática se puede observar en la Figura 1a, donde se observa que la temperatura media anual es de 16.5°C, que existe una gran amplitud térmica cercana a los 15°C. La radiación solar es típica de zonas semidesérticas, en la ciudad se registra un valor anual de 18.4 MJ/m².día, Figura 1b. Estas condiciones resultan apropiadas para incorporar a las viviendas sistemas solares pasivos de calefacción. (Esteves et al, 2006).

* Investigador Independiente CCT Mendoza CONICET

^{*1} Investigador Independiente CONICET

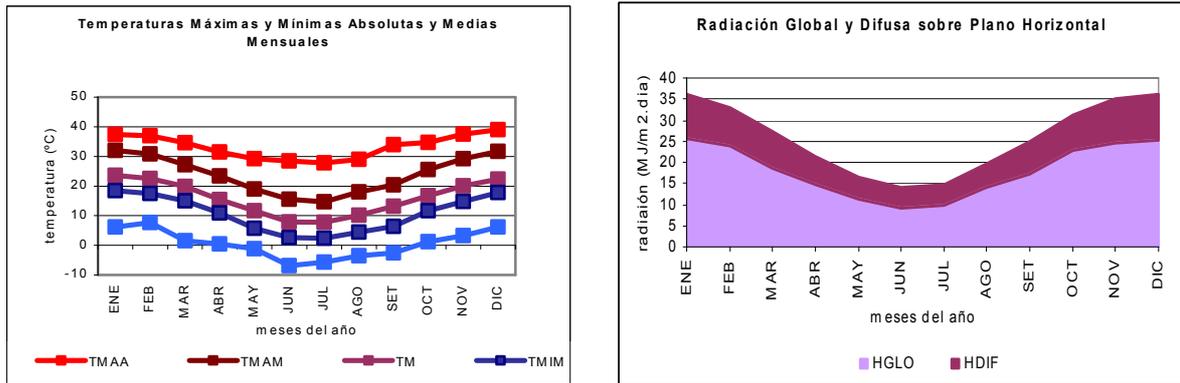


Figura 1. a) Temperaturas medias y absolutas mensuales; b) radiación solar media diaria directa y difusa mensual.

El presente trabajo pretende evaluar una vivienda social, su calidad térmica y el requerimiento energético necesario que tienen sus usuarios para lograr condiciones de confort en su hogar. Es de mencionar que el presente trabajo forma parte de un estudio mayor en el que se pretende conocer las posibilidades de implantación de un sistema de calefacción solar radiante (Mercado et al, 2005, 2006, 2007). Este estudio ha sido financiado parcialmente por el proyecto PICT 13-12399 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica ANPCYT-SECYT.

Metodología

El caso de estudio es una vivienda construida en el año 2006 en el departamento de Las Heras del barrio denominado “12 de Octubre”, ubicado sobre la periferia de la ciudad llegando al pie de monte de la cordillera de Los Andes. La ejecución de la obra la llevo a cabo una empresa constructora subcontratada por el Instituto Provincial de la Vivienda IPV Mendoza quien realizó la inspección técnica.

En una primer etapa del trabajo se tomaron registros de las condiciones de la vivienda en la estación de invierno: temperatura interior de los espacios de la vivienda (cocina-comedor y dos dormitorios), temperatura exterior y la radiación solar sobre plano horizontal. La frecuencia de registro fue cada 15 minutos y para ello se utilizaron dataloggers HOBO.

En una segunda etapa se realizó la evaluación energética de la misma de acuerdo a un balance térmico (Esteves y Gelardi, 2004) y a datos relevados de los usuarios en cuanto a consumo energético de gas natural y electricidad. Esto ha permitido conocer el consumo energético anual mediante la Fracción de Ahorro Solar de energía.

Por último se presenta los resultados de encuestas realizadas a los usuarios de las viviendas con el propósito de obtener un parámetro cualitativo de evaluación de las viviendas.

Presentación de la vivienda.

Se seleccionó un barrio del programa FONAVI (Fondo Nacional para la Vivienda), con el propósito de evaluar una vivienda de un esquema funcional y sistema constructivo actual y repetitivo en todo el país. La vivienda responde al sistema tradicional, ladrillón macizo común (para la ciudad de Mendoza) y cubierta liviana inclinada, compuesta por machimbre de pino del lado interior y chapa como protección exterior. Cuenta con una superficie cubierta de 63 m² en donde se resuelve un espacio diurno único (cocina-comedor), un baño y dos dormitorios, con la posibilidad de ampliar la vivienda hacia el fondo de la misma con un dormitorio más. La Figura 2 muestra una planta de la misma.

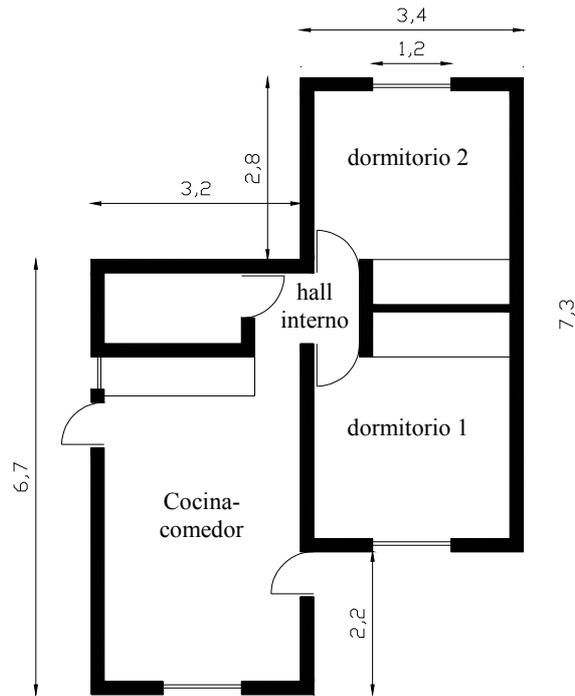


Figura 2. Planta vivienda B° 12 de octubre, tipología FONAVI

La forma se resuelve en dos cuerpos prismáticos yuxtapuestos. La envolvente resulta de 146.46 m², donde el 57.2% corresponde a muros y el 42.8% a techos. El FAEP (factor de área envolvente-piso) es de 2.3, es decir la vivienda tiene 2.3 m² de envolvente por m² de superficie cubierta. Esto último indica que la resolución formal de la vivienda es correcta, sin embargo es posible hacer más eficiente esta relación modificando en el diseño original de la vivienda respecto de la altura de los techos. El techo de la vivienda está inclinado para permitir la evacuación del agua de lluvia. Su altura resulta algo excesiva si se tiene en cuenta que la cumbrera se ubica a 3.5 m.

MONITOREO TÉRMICO

La toma de registros de temperaturas se realizó con el propósito de obtener datos de la situación real de uso de las viviendas en las estaciones de invierno y verano. A esto se le suma la recopilación de los datos de consumo energético del año (m³ gas natural - Kw energía eléctrica) en que se realizó el monitoreo.

Se presenta el monitoreo realizado para el período de invierno, catorce días completos, tomado desde el 14 al 28 de agosto de 2007. En la figura 3 se presentan los datos obtenidos, es posible observar la diferencia de comportamiento que se presenta en forma de dos grupos, por un lado el espacio diurno y por otro lado los dormitorios. Esta disparidad se aprecia en la condición térmica y la amplitud térmica de cada grupo. El espacio diurno presenta una diferencia entre máxima y mínima cercana a 15°C, mientras que los dormitorios esta diferencia es menor y se reduce aproximadamente a la mitad siendo de 7°C.

Esta discrepancia de temperaturas evidencia la permanente búsqueda de confort por parte de los usuarios haciendo uso desmesurado de fuentes energéticas. También es posible advertir que la envolvente de la vivienda otorga un aislamiento insuficiente, evitando la conservación de energía e impidiendo que la vivienda mantenga la condición térmica de confort, una vez lograda por medio del uso de energía convencional.

Observando la Fig. 2, se puede indicar que: la temperatura en el espacio diurno se separa sensiblemente de la temperatura de los espacios nocturnos, evidenciando que es el único utilizado diurnamente. Muestra también la diferencia existente entre los espacios de la misma vivienda – se puede observar que la temperatura en la cocina-comedor alcanza entre 25-30C al mismo tiempo que en los dormitorios se mantiene entre 15-18C, esto implica 10-12C de variación al pasar de un local a otro, generando sensaciones de disconfort y situaciones de riesgo de enfermedades pulmonares y en caso de ellas, una difícil situación para superarlas.

Durante los primeros 5 días en los cuales aparecen 3 días nublados, la gente necesita “sentir” calor dentro de su vivienda (sensación típica de los días nublados) y la lleva a accionar el calentamiento auxiliar (cocina: hornallas y horno) para elevar la temperatura interior del aire por encima de 25°C en el espacio diurno común. Esta situación ocurre prácticamente durante todos los días por la tarde evidenciando la presencia de las personas en esos horarios. Cuando el día se presenta soleado, los requerimientos térmicos son menores o durante menos horas en el día (día 15, 19,20, 21,22 y del 25 al 28).

En los espacios nocturnos (dormitorios), se observa como se mencionó anteriormente, una mayor estabilidad térmica, considerado por la falta de calefacción de estos espacios durante el día. Se puede observar que todos los espacios se enfrían durante la noche alcanzando prácticamente la misma temperatura interior en todos.

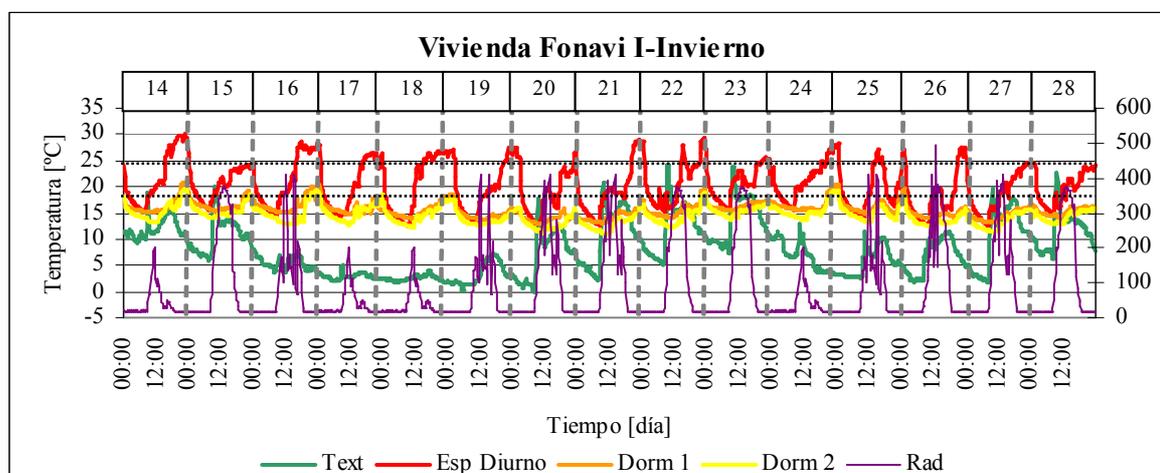


Figura 3. Monitoreo de temperaturas en uso real de la vivienda durante el período de Invierno.

El rango de confort, se ha considerado entre los 18°C y 25°C para la estación de invierno. Las temperaturas alcanzadas durante la mañana, en el espacio diurno, no alcanzan la temperatura mínima. Hacia la tarde y por la noche la situación es diferente, se sobrepasa la temperatura máxima, permaneciendo por unas pocas horas dentro del rango de confort. Por otro lado en los dormitorios no se alcanza las temperaturas mencionadas anteriormente de confort. Sin embargo si se toma en cuenta que las personas poseen 2.5 cló (por la ropa de cama: dos frazadas) y un nivel de metabolismo de 0.8 met, la temperatura óptima es de 18°C con un rango de variación de +/- 3°C, es decir que alcanzando una temperatura de 15°C la persona se puede sentir en confort. (Goulding et al, 1994).

ANÁLISIS ENERGÉTICO

Por medio del programa de balance térmico para el estudio de la optimización de la arquitectura (Esteves y Gelardi, 2003), se realizó la evaluación energética de la vivienda. En la tabla 1 se presentan los valores del coeficiente neto de pérdidas CNP, el factor de ahorro solar FAS, el consumo necesario anual para mantener a la vivienda en confort y la potencia necesaria a instalar en la vivienda, para el edificio como está construido y se incluye el caso del edificio mejorado.

El mejoramiento energético de la vivienda se basó en duplicar la superficie de ganancia directa de la ventana con orientación norte de la cocina-comedor al transformar el muro, creando un muro acumulador (Mercado y Esteves, 2006). Además se ensaya la incorporación de aislación térmica en los paramentos verticales de poliestireno expandido de 0.05m de espesor (Mercado y Esteves 2004). Las infiltraciones se pueden reducir a cerca de 1RAH al colocar burletes autoadhesivos sobre las ventanas y puertas con un costo mínimo. Se seleccionaron estas alternativas con el propósito de armar un grupo de acciones que se puedan realizar actualmente en la misma sin la necesidad de intervenir su estructura. A partir de estas acciones es posible observar como, al aumentar la calidad térmica del edificio, el requerimiento energético es menor para alcanzar niveles de confort. Esto supone un punto de quiebre en la importancia que se le debe dar a estas en el presupuesto inicial, incidiendo en un 8.3% de este. (Cálculo a partir de valores de referencia del Suplemento de Arquitectura-diario Clarín, para una vivienda de 80m²)

Item	Vivienda FONAVI	Vivienda FONAVI MEJORADA
CNP [W/°C]	474.1	336.7
FAS [%]	0.7	10
Calor Auxiliar Anual [Kwh/año]	39110.9	25164.3
Consumo Anual, gas natural [m ³]	3614.7	2325.7
Potencia Necesaria[Kcal /h]	7045	5127

Tabla 1. Valores energéticos para una vivienda FONAVI tipo.

Como se puede observar, las medidas de mejoramiento implican un 35.6% de ahorro en la energía auxiliar y además se puede también aseverar que las necesidades de potencia de calefacción disminuyen a un 27.2% de la potencia necesaria inicial. Esto es muy importante ya que la mayoría de las personas calefaccionan con la cocina o con la cocina y una pantalla solamente y en este caso mejorado, esto sería suficiente, no requiriendo de utilizar un calefactor adicional.

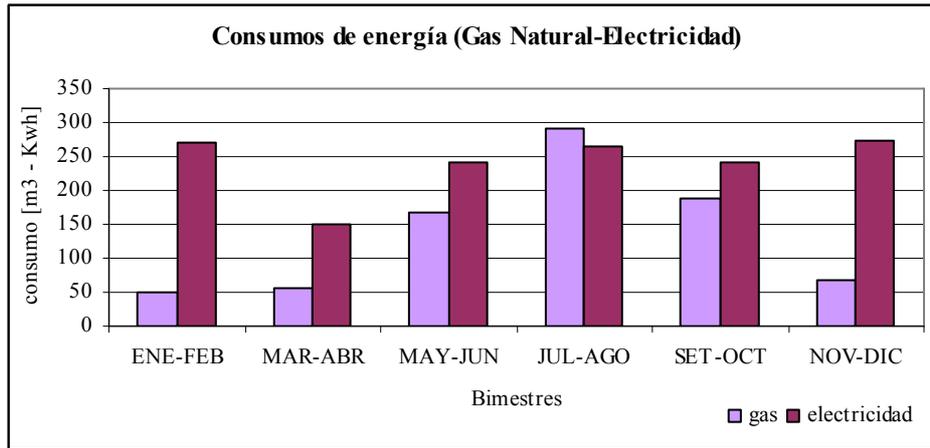


Figura 4. Consumos energéticos en gas natura [m3] y electricidad [Kwh]

EVALUACION CUALITATIVA DE LAS VIVIENDAS

A partir de encuestas realizadas a los usuarios de las viviendas que conforman el barrio 12 de Octubre, se analiza la información obtenida con el propósito de adquirir datos sobre la realidad cualitativa (termo-luminica) de los usuarios en esos edificios.

En el Anexo I se puede observar el modelo de la encuesta realizada. Esta se dividió en cuatro partes, una parte de datos generales, una segunda de evaluación térmica para invierno y verano, la tercera de iluminación y por último unas preguntas sencillas ahondando en la posibilidad de realizar modificaciones en la vivienda.

De las viviendas del barrio (32) se encuestó un 30% del grupo, cinco viviendas orientadas hacia el sur y cinco viviendas hacia el norte, debido a que el barrio posee estas dos orientaciones.

Las viviendas cuentan con 5.5 ocupantes, permaneciendo la mayor parte del tiempo en el espacio destinado a cocina-comedor.

Con respecto a la existencia de aislación térmica en la vivienda, existen usuarios que poseen conceptos erróneos o mala información desde la empresa constructora, el 20% consideran al ruberoid como aislación térmica, otro 30% no tiene conocimiento si la construcción consta de aislación y el 50% restante es conciente que no posee este elemento.

El 90% de los encuestados perciben sus viviendas *muy frías* en invierno, mientras que en la estación de verano la sensación es diversa, el 50% sienten la residencia *más fresca que calurosa*, el 40% *muy fresca* y el 10% *más calurosa que fresca*. Las sensaciones indicadas para verano, se pueden explicar si se las considera como consecuencia de la ubicación del barrio sobre la primer planicie del pie de monte de la precordillera de Los Andes.

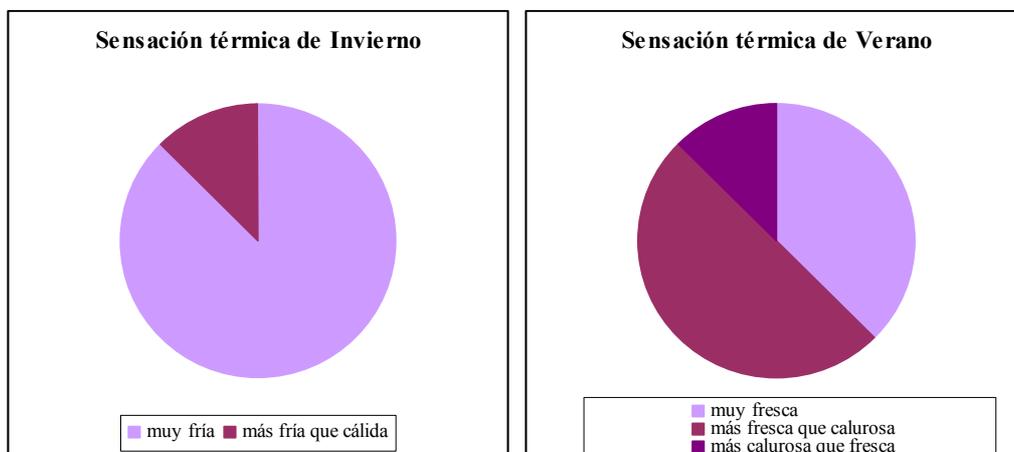


Figura 5. Resultados de encuesta, Ítems: sensación térmica en invierno y verano de los usuarios.

El 10% usa sólo la cocina para calefaccionar, el 60% utiliza la cocina y las pantallas y el 30% restante ha podido adquirir calefactores convectivos. En la mayoría de las viviendas el sistema que se utiliza como calefacción permanece encendido todo el día, un porcentaje del 90%. El 10% manifiesta que ha hecho uso seis horas por el día.

Respecto a los sistemas de acondicionamiento de verano, se observa que el 10% de las casas poseen sistemas de ventilación mecánica y enfriamiento convectivo nocturno, el 90% restante utiliza sólo el enfriamiento convectivo nocturno, una opción otorgada por el diseño apropiado de la orientación de la vivienda. (Figura 2). De estas últimas el 57% manifiesta que mantiene abiertas las ventanas todo el día, un 13% 6 horas durante la mañana y el 30% durante la noche.

El comportamiento lumínico de la vivienda se manifiesta mayormente como *oscura* y *más oscura que clara*, en el invierno. En la estación de verano el 90% declara que la casa es *clara*.

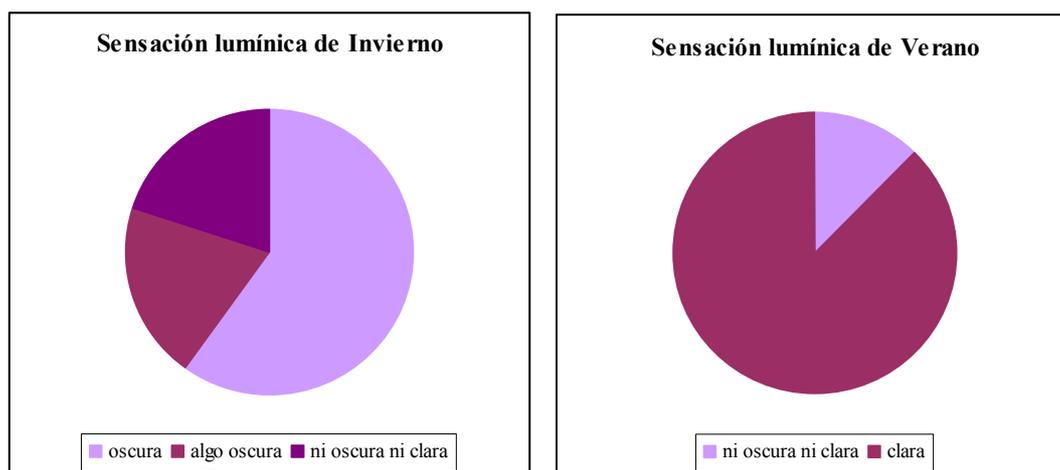


Figura 6. Resultados de encuesta, Ítems: sensación lumínica en invierno y verano de los usuarios.

Por último, el aspecto de las transformaciones para mejorar las condiciones de la vivienda, solo el 80% está dispuesto a realizarlas ellos mismos. De este porcentaje el 100% indica que la motivación para querer realizar modificaciones en esta es la búsqueda de mayor bienestar térmico. Para esto, el 70% de las personas le dedicarían cuatro horas, en un día de la semana. El resto le destinaría mayor cantidad de horas.

CONCLUSIONES

Se presenta un estudio térmico pormenorizado realizado en una vivienda de un barrio y encuestas a un porcentaje significativo de un barrio típico de la ciudad de Mendoza, construido por el IPV provincial. Las encuestas nos permiten tomar en cuenta la situación de las personas que viven en este barrio y que son representativos de los muchos barrios que construye el IPV en la zona.

Se considera que el edificio evaluado posee un marcado déficit en su calidad térmica, se le otorga al usuario un espacio que lo condena a vivir en condiciones térmicas precarias, ha sostener un gran costo energético durante la vida útil de la vivienda y se lo priva de la posibilidad de hacer uso racional de la energía.

Con respecto a la situación térmica se puede observar que buscando las mejoras en la calidad térmica de su propio ambiente interior, las personas buscan medios de calefacción a su alcance, utilizan la cocina como primer recurso, pantallas infrarrojas adicionales y cuando pueden (sólo el 30%) accede a la compra de calefactores. Se observan que las medidas de conservación de energía y aprovechamiento energético solar permiten alcanzar porcentajes de ahorro cercanos al 30% y reducir así, la necesidad de potencia de calefacción.

La masa térmica interior que posee la construcción tradicional sirve para mantener las condiciones térmicas y evitar el enfriamiento excesivo en los periodos de no calefacción (durante las noches o cuando los ocupantes salen a trabajar diariamente) (Roaf, 2003).

La edificación energéticamente eficiente o bioclimática pretende sentar las bases para construir edificios de manera que, con un consumo mínimo de energía renovable y/o convencional, mantengan constantemente las condiciones de confort requeridas, utilizando sistemas y técnicas conocidas, adaptándolas a la manera de construir actual y las que se presenten en un futuro.

Abstract : In the city of Mendoza, there is a strong demand for new housing, the construction system of these new homes is traditional wet (ladrillón and covered light). This study evaluates social housing, its heat quality through on-

site measurements in use, the energy requirement needed to have their users to achieve a position of comfort through an energy balance and finally we did a poll qualitative sensations of heat-light of people within these buildings. It is believed that the building has assessed a sharp shortfall in its thermal quality, it gives the user a space that condemns it to live in precarious conditions heat, has sustained a large energy cost over the life of the house and was deprived of the ability to make rational use of energy. Bioclimatic strategies are being tested on the model of the heat balance and notes that these measures will involve the 35.6% energy saving assistant and a decrease of 27% of the power required to heat the house. Finally it is noted that 90% of users had feelings of discomfort, feeling his home very cold in winter.

Keywords: Sustainable Architecture- Evaluation thermal-energy-Social Housing of Mendoza

BIBLIOGRAFIA

- ESTEVEZ A., GELARDI D. 2003. "Docencia En Arquitectura Sustentable: Programa de Optimización de Proyectos de Arquitectura Basado en el Balance Térmico". Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 7, Ed. En CD ISSN 0329-5184. Tomo II, Secc. 10, pp. 31-36.
- GROSSI GALLEGOS H. y RIGHINI R., "Atlas de Energía Solar de la República Argentina". SECYT y universidad Nacional de Lujan, 2007. ISBN: 978-987-9285-36-7
- J. GOULDING, O. LEWIS, T. STEEMERS, 1994. Energy in Architecture. The European Solar Handbook. Comisión of the European Communities.
- INDEC www.indec.mecon.ar
- MERCADO V., ESTEVES A. (2005) Sistema de Calentamiento Solar para Viviendas de Bajo Costo sin Fachadas hacia el Ecuador. AVERMA, Vol. 9; 3.49 – 3.54 p.
- M.V. MERCADO, A. ESTEVES. (2006) Sistema De Calefacción Solar Radiante-VARIABLES De Diseño Y Mediciones Experimentales” ENTAC (Encuentro Nacional de Tecnología no Ambiente Construido) 334 – 344 p.
- M.V. MERCADO, A. ESTEVES, FILIPPIN C. (2007) Sistema de calefacción solar radiante. “Mediciones experimentales de invierno y evaluación con software de simulación térmica SIMEDIF” ENTAC (Encuentro Nacional de Tecnología no Ambiente Construido) 334 – 344 p.
- M.V. MERCADO, A. ESTEVES. (2006). Muro solar pasivo en viviendas construidas con quincha. AVERMA, Vol. 10; 5.107 – 5.114 p.
- MITCHELL, JORGE A. “Consumo de energía para calefacción en el hábitat social de Mendoza un caso de estudio” Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 9, 2005. ISSN 0329-5184.
- MARTINEZ, C. “Evaluación cualitativa de condiciones ambientales de viviendas del IPV en S. M. de Tucumán” ” Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 8, 2004. ISSN 0329-5184
- ROAF SUSAN. 2003. Ecohouse 2. Ed Architectural Press.
- SERRA FLORENZA, R. “Arquitectura y Clima. Ediciones UPC 1999. 1ª Ed. Barcelona. ISBN: 84-252-1767-9

ANEXO 1

A - DATOS GENERALES

A1- ¿Qué cantidad de personas habita la vivienda?

1	2	3	4	5 ó más
---	---	---	---	---------

A2- ¿En que lugar de la casa pasan mayor parte del tiempo los habitantes?

A3- ¿Cambiaría la orientación de la vivienda?

A5- ¿Sabe usted si la vivienda cuenta con aislación térmica en muros y paredes?

si	no
----	----

¿Cuál?

B - TEMPERATURA

B1- EN INVERNO

Su casa es:

muy fría	más fría que cálida	más cálida que fría	muy cálida
----------	---------------------	---------------------	------------

¿ Posee algún equipo de calefacción?

si	no
----	----

¿Cuál?

¿ Cuenta con algún tipo de calefacción auxiliar que no sea convencional ?

si	no
----	----

¿Cuál?

¿Qué cantidad de horas lo tiene encendido?

mañana	7hs a 9hs	7hs a 11hs	7hs a 13hs	todo el día
tarde	a partir de las 17hs		a partir de las 18hs	a partir de las 19hs

B2- EN VERANO

Su casa es:

muy fresca	más fresca que calurosa	más calurosa que fresca	muy calurosa
------------	-------------------------	-------------------------	--------------

¿ Posee algún equipo de refrescamiento?

si	no
----	----

¿Cuál?

¿ Cuenta con algún tipo de refrigeración auxiliar que no sea convencional ?

si	no
----	----

¿Cuál?

¿Qué cantidad de horas lo tiene encendido?

mañana	7hs a 9hs	7hs a 11hs	7hs a 13hs	todo el día
tarde	a partir de las 17hs		a partir de las 18hs	a partir de las 19hs

C - ILUMINACION

C1- EN INVERNO

Su casa es:

oscura	algo oscura	ni oscura ni clara	muy clara	demasiado luminosa
--------	-------------	--------------------	-----------	--------------------

¿A que hora prende y apaga las lámparas aproximadamente?

mañana	7hs a 9hs	7hs a 11hs	7hs a 13hs	
tarde	a partir de las 17hs		a partir de las 18hs	a partir de las 19hs

C2- EN VERANO

Su casa es:

oscura	algo oscura	ni oscura ni clara	muy clara	demasiado luminosa
--------	-------------	--------------------	-----------	--------------------

¿A que hora prende y apaga las lámparas aproximadamente?

mañana	7hs a 9hs	7hs a 11hs	7hs a 13hs	no las prende
tarde	a partir de las 19hs		a partir de las 20hs	a partir de las 21hs

D - TRANSFORMACIONES

D1- ¿Haría algo para arreglar las condiciones térmicas de su casa en Invierno?

si	no
----	----

D2- ¿Qué haría?

D3- ¿Qué motivo lo/a lleva a hacerlo?

ahorro energético	ahorro económico	otro
-------------------	------------------	------

D2- ¿Cuántas horas podría disponer a la semana para hacerlo?

4	8	12	más
---	---	----	-----

D3- ¿En cuantos días separaría esas horas de la semana?

1	2	3	más
---	---	---	-----