

DIAGNÓSTICO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE CONFORT TÉRMICO. PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL APLICADAS A LA TIPOLOGÍA DE MEDIO PATIO.

Carolina Ganem (1), Alfredo Esteves (2), Helena Coch (3)

- (1) Arquitecta PhD, Investigadora CONICET- Profesora FAD-UNCuyo, cganem@mendoza-conicet.gov.ar
(2) Ingeniero, Investigador CONICET- Director Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (INCIHUSA)
(3) Arquitecta PhD, Investigadora y Profesora.- Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona
Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCIHUSA) (CONICET)
C.C. 131. C.P. 5500, Mendoza, Argentina Tel. (0261) 5244309, Fax. (0261) 5244001

RESUMEN

En la primera parte de este trabajo se desarrolla el diagnóstico cualitativo del confort térmico en viviendas unifamiliares con tipología de medio patio. Esta tipología de principios de siglo XX se estudia en un clima templado continental, específicamente en la ciudad de Mendoza, Argentina (32.88° Latitud Sur, 68.85° Longitud Oeste, 827 m.s.n.m. y Grados día de calefacción (base 18°C): 1384°C día/año). El diagnóstico cualitativo denota una falta de confort en el 35% de los casos en verano y del 50% de los casos en invierno. Se selecciona un caso de estudio y se realizan mediciones *in situ* de temperatura, humedad y radiación solar en invierno, debido a que ésta es la estación que se presenta como más crítica. De esta forma se corrobora y cuantifica la falta de confort denunciada por los usuarios (entre 11 y 13°C de temperatura interior promedio en invierno). En la segunda parte se presenta la elaboración y la evaluación de propuestas de rehabilitación ambiental para invierno. Las propuestas se presentan en dos etapas de aplicación, atendiendo a la realidad económica Argentina. Si solo se efectúa la primera etapa la casa se verá beneficiada, aunque no se llegue a concretar la segunda, completaría la rehabilitación pasiva. En invierno se logra incrementar la temperatura a 17°C en la etapa 1 y a 21°C con las etapas 1 y 2. Es importante que se tenga en cuenta que el orden de las etapas no es arbitrario y que, de aplicarse a la inversa, el beneficio de la aplicación de la etapa inicial se reducirá y solo se llegará al mismo valor cuando ambas etapas estén concluidas.

Palabras-clave: confort térmico, diagnóstico cuantitativo y cualitativo, rehabilitación ambiental.

ABSTRACT

In the first part of this paper, a quantitative and a qualitative thermal comfort diagnosis is developed in half patio typology houses. This typology, from the beginnings of the XXth century, is studied in a temperate continental climate, particularly in the city of Mendoza, Argentina (32.88° South Latitude, 68.85° West Longitude, 827 m.a.s.l. heating degree days (base 18°C): 1384°C day/year). The qualitative diagnosis shows a lack of comfort in 35% of the cases in summer and in 50% in winter. A case study is selected and *in situ* temperature, humidity and incident radiation measurements are taken in winter, because it was presented as critical by qualitative diagnosis. Lack of comfort announced by users is verified and quantified (between 11 and 13°C of interior mean temperature in winter). In the second part of the paper, winter environmental proposals are elaborated and evaluated. Proposals are presented in two application stages attending to Argentinean economical reality. When first stage is performed the house will be benefited, even though if the second one is not concreted and the rehabilitation is not concluded. In winter it is possible to rise the temperature to 17°C in the first stage and to 21°C when stage 1 and 2 are performed. It is important to take into account that the order of the stages is not arbitrary and if it is applied differently, the initial benefit will be reduced and it will only reach the same value when both stages are completed.

Keywords: thermal comfort, qualitative and quantitative diagnosis, environmental rehabilitation.

1. INTRODUCCIÓN

Entre 1885 y 1912, la población de la ciudad de Mendoza se triplicó como consecuencia del arribo masivo de inmigrantes, principalmente italianos. En el término de 30 años se reconstruyó toda la ciudad (destruida por el sismo de 1861) con una impronta edilicia sismo resistente de tipo italiana que le confirió un orden y un ritmo a las fachadas y plantas de la ciudad debido a la repetición de una misma tipología: la casa de medio patio.

Es común que se realicen varias viviendas contiguas prácticamente idénticas. (Figura 1). Esto favorece al agrupamiento de a dos de las casas de modo que los patios convergen hacia la medianera con lo que en cierta forma se rehace el patio cuadrado y se logra mejor asoleamiento del conjunto. (GUAYCOCHEA DE ONOFRI, R., 2001)

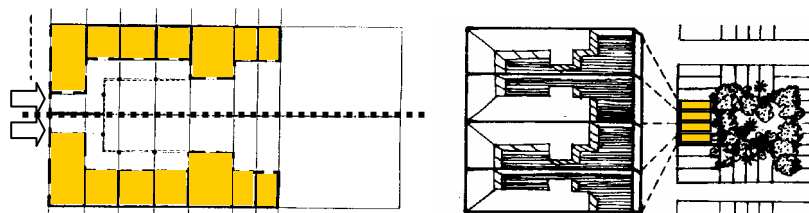


Figura 1. Viviendas de medio patio ubicadas en la manzana rehaciendo mediante su agrupación el esquema inicial correspondiente a la tipología colonial de patio. fuente: adaptación de (BÓRMIDA, E. 1984)

1.2 La tipología de medio patio

A continuación se enumeran en forma de cuadros las características propias de la tipología: forma, elementos constructivos opacos, elementos constructivos transparentes y elementos que posibilitan la dinámica de la envolvente. Este análisis es el punto de partida para la comprensión del diagnóstico resultante de este trabajo.

Tabla 1. Forma

FORMA	COMPACIDAD	OBSERVACIONES
ABIERTA	0.70 - 3 m ² de envolvente por m ² de piso.	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor contacto con las condiciones exteriores. - Elección de terreno: mayor longitud en el eje Este-Oeste - Mayores posibilidades de captación de energías naturales (radiación calórica y luminosa, vientos). - Mayores posibilidades de pérdida de energía.

Tabla 2. Elementos constructivos opacos

MUROS	TECHOS	OBSERVACIONES
Ladrillón o adobe revocado (espesor: 0.40 m -0.60 m) Columnas y Vigas de H ⁹ A ⁹	Inclinado; Caña con vigas y viguetas de madera. Capa de barro y chapa acanalada de zinc	<ul style="list-style-type: none"> - Conductancia media de Muros: 1.42 W/m2.K - Conductancia media de Techos: 0.84 W/m2.K - Peso de muros: de 1500 a 2100 kg/m3 moderación de la amplitud térmica - Techos semi-livianos.

Tabla 3. Elementos constructivos transparentes o translúcidos

PERFORACIÓN	TRANSPARENCIA	TERSURA, TEXTURA Y COLOR	OBSERVACIONES
<ul style="list-style-type: none"> - 15% de la envolvente vertical - Ventanas en fachada - Puertas ventana - Banderolas 	<ul style="list-style-type: none"> - Ventanas de abrir en fachada - Puertas ventana entre espacios - Banderolas sobre puertas 	<ul style="list-style-type: none"> - Columnas o pilastras adosadas al muro - Muros lisos o con terminaciones en almohadillado revocados en colores claros - Aleros - Fachadas con sombras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Variedad de elementos de regulación ambiental - Postigones en puertas ventanas y ventanas. Pueden tener lamas móviles y más de una formas de abrirse. - Variedad de elementos de expresión

Tabla 4. Elementos que posibilitan la dinámica de la envolvente

ELEMENTOS MODIFICABLES	ELEMENTOS PRACTICABLES	ESPACIOS INTERMEDIOS	OBSERVACIONES
<ul style="list-style-type: none"> - Postigones en ventanas - Postigones en puertas ventana - Cortinas interiores 	<ul style="list-style-type: none"> - Ventanas de abrir en fachada - Puertas ventana entre espacios - Banderolas sobre puertas 	<ul style="list-style-type: none"> - Galerías - Porches - Parrales - Patios articulados con los espacios interiores 	<ul style="list-style-type: none"> - Articulación espacial interior–exterior: Creación de un microclima controlado. - Envolvente flexible: Adaptabilidad a la situación climática diaria y estacional. - Estos son los elementos que posibilitan el logro del confort adaptativo.

Las oportunidades adaptativas están constituidas por aquellos elementos de las edificaciones que permiten a los ocupantes adaptar el ambiente de los edificios a sus propios requisitos o adaptarse ellos mismos al edificio. (NICOL, F. Y ROAF, S., 2005). Los espacios intermedios o de transición como los patios, las galerías, parrales y porches característicos de esta tipología favorecen oportunidades de regulación ambiental natural de los espacios para el logro del confort térmico.

El patio se protegía con el cultivo de parras de vid, que proveían uvas y sombra en la época estival y por su carácter de caducifolia, permitía el ingreso de sol en invierno. Durante los sismos, los parrales presentaban una ventaja adicional: salir al patio significaba tener una protección de las aberturas de grietas en el piso por las raíces extendidas que presenta este tipo de planta; y también, bajo el entramado, se estaba protegido de la posible caída de cables o partes de muros.

Nuestro clima –veranos rigurosos e inviernos de bajas temperaturas pero con muchos días de sol– hace que la galería y el patio sean el estar de día en el invierno y de noche durante el verano; de ahí su tratamiento: piso embaldosado, plantas con macetas, toldos y parrales. (WAISMANN, M. 1999). (Figura 2)

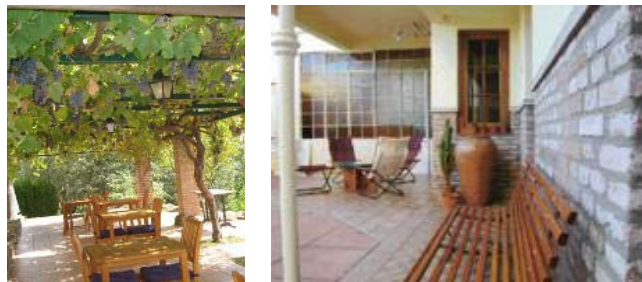


Figura 2. Imágenes de la galería y del parral de la tipología italianizante en su función de estar de día en invierno y de noche en verano.

1.3. El confort térmico

La normativa clásica de confort se basa en el modelo de balance térmico del cuerpo humano, que asume que la sensación térmica está influenciada por cuatro factores ambientales (temperatura, radiación térmica, humedad y velocidad del aire), y tres factores personales (metabolismo, actividad y vestimenta). Es famosa la definición del confort térmico para un individuo por la norma ASHRAE Standard 55-2004 enunciada como “la condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico” (2004). La norma ISO 7730 (1984) provee una guía de unidades cuantitativas de falta de confort local mediante el cálculo del PMV o “Predicted Mean Vote” mediante el cual se valora el confort térmico en un ambiente en el que se conocen sus características de temperatura, humedad, radiación solar incidente y movimiento del aire.

“Nuevas teorías enuncian que las sensaciones térmicas, satisfacción y aceptación están influenciadas por la correspondencia entre lo que realmente existe y las expectativas de los usuarios. El confort puede definirse como la sensación de completo bienestar físico y mental. Definido de esta forma, es limitado el control que el diseñador puede ejercer sobre éste. Las características biológicas, emocionales y físicas del ocupante también se tienen en cuenta”. (GOULDING et al. 1994).

Personas que viven y trabajan en edificios no aclimatados con energía auxiliar en forma constante, en los que pueden ajustar la envolvente del espacio abriendo ventanas y moviendo protecciones solares, se acostumbran a la diversidad térmica que refleja las variables locales diarias y estacionales del clima. Las temperaturas requeridas para el logro del confort térmico por este tipo de personas son significativamente inferiores que las predichas mediante modelos teóricos establecidos mediante investigación en laboratorio. Se han realizado estudios en los que han sido consideradas como confortables “temperaturas de 21°C por trabajadores de oficinas en Francia y Alemania; temperaturas de 19°C por maestros de escuela en Francia y ocupantes en hospitales del Reino Unido e incluso temperaturas inferiores para viviendas en Francia y en el Reino Unido.” (GOULDING et al. 1994). Por este motivo, de acuerdo a la tendencia de confort en relación con las vivencias previas de los habitantes, la temperatura base para el cálculo del PMV se establece en 22°C para el 100% de personas en confort y no entre 23°C y 25°C como la establece la literatura anterior.

1.4 El clima templado continental: El caso de la ciudad de Mendoza

El clima de Mendoza se caracteriza por: alta Radiación Solar, alta Temperatura del Aire en verano, baja Temperatura del Aire en invierno y bajo nivel de Humedad. El cielo es claro la mayor parte del año permitiendo el calentamiento solar durante el día y el enfriamiento por radiación de onda larga durante la noche. En promedio anual, la Radiación Global Horizontal se aproxima a los 18000 kJ/m² (700 W/m² como potencia máxima al mediodía solar) y las pérdidas por radiación de onda larga se aproximan a 180 W/m². El resultado es una gran amplitud térmica diaria entre 10 – 15°C.

En la Figura 3 se grafican en rojo los valores correspondientes a la Radiación Global sobre Superficie Horizontal Mensual en kJ/m² y en azul los mm de Precipitaciones correspondientes a cada mes para la ciudad de Mendoza. Se observan valores de Radiación Global sobre Superficie Horizontal que varían entre 24000 y 25700 kJ/m² en los meses estivales, transiciones entre 14000 y 22700 kJ/m² en las estaciones intermedias y valores entre 9000 y 11000 kJ/m² durante los meses de invierno.

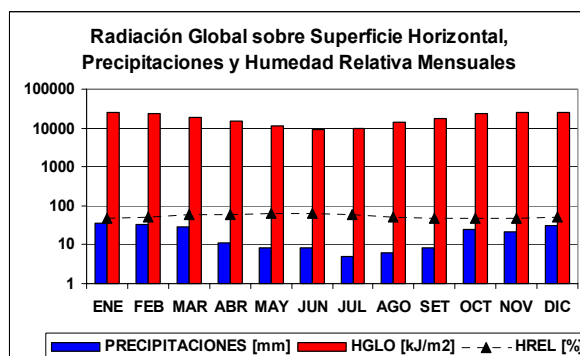


Figura 3. Valores de Radiación Global sobre superficie horizontal y de Precipitación mensuales en la ciudad de Mendoza.

2. PARTE 1

2.1 Percepción de confort térmico: diagnóstico cualitativo

- Metodología

Para la realización del diagnóstico cualitativo, se aplicó una metodología de aproximación a la problemática socio-cultural a partir de encuestas estructuradas a base de preguntas referidas a la percepción de confort con respuestas valorativas pre-establecidas (del tipo fría, fresca, confortable, calurosa, muy calurosa). Se seleccionaron 20 casos de estudio representativos, contemplando en forma equivalente las cuatro orientaciones posibles. Todas las viviendas presentaban uno de sus lados longitudinales adosados a la pared medianera. Dichas encuestas se realizaron en invierno y se repitieron en verano para poder evaluar la percepción de confort en cada una de las estaciones de estudio. La información obtenida de la encuesta fue complementada con aportes extraídos de la observación directa (detección de mecanismos adaptativos).

Para valorar en forma adecuada las preguntas relacionadas con la percepción de confort es importante tener en cuenta las posibilidades de confort adaptativo que tienen las personas. En el tiempo, la temperatura que las personas encuentran confortable (la “temperatura de confort”) se aproxima a la temperatura media que hayan experimentado. Queda implícito que las condiciones que los ocupantes encuentran confortables están influenciadas por su experiencia térmica y que se pueden adaptar a un amplio rango de condiciones. (NICOL, F. Y ROAF, S., 2005)

La referencia a la sensación de confort debe estar entonces tomada desde el punto de vista de la adaptación al clima y; así mismo, la falta de confort o el uso de aire acondicionado, deben ser tomados como muestras de la incapacidad de dichos ocupantes para adaptarse al clima interior de sus casas, ya que la mayoría de los habitantes llevan más de 20 años o más viviendo en ellas. El uso de calor auxiliar, no se considera como variable ya que el total de las viviendas hace uso de este recurso en invierno. Sin embargo, se debe tener en cuenta que pese a esta situación, las personas no logran el grado de confort deseado.

- Resultados

En los resultados de verano (Figura 4) se observa que el 65% de las personas perciben su vivienda como confortable en verano. El 35% restante se encuentra en falta de confort, debido a percibir su vivienda como calurosa o al uso de aire acondicionado para mitigar dicha percepción. Cabe destacar que el 35% de las viviendas en las que no se logra el confort por medios naturales corresponde a viviendas cuya orientación de los espacios principales es la Oeste y no presentan adecuadas protecciones a la radiación que permitan a los usuarios hacer uso de sus posibilidades de adaptación. También se da el caso de viviendas que, mediante modificaciones posteriores a su construcción usualmente para incrementar el espacio interior, han “perdido” los espacios de transición de la envolvente.

En Invierno (Figura 5), en todas las tipologías se utiliza calor auxiliar para calefaccionar las viviendas en la estación invernal. El sistema utilizado es a partir de calefactores por convección a gas natural ubicados en los ambientes principales y con encendido individual. Sin embargo, y pese al gran consumo de

dicha energía no-renovable (en el rango de 150 a 300 Kwh.m2/año), el 50% de las personas percibe su vivienda como fría en invierno. Por este motivo, se continuará analizando la situación de invierno en forma cuantitativa ya que en este caso, se presenta una situación más crítica que evidencia no sólo la falta de oportunidades adaptativas como puede ser aislamiento móvil en las aberturas, sino también la necesidad de realizar cambios permanentes en la envolvente de la vivienda.

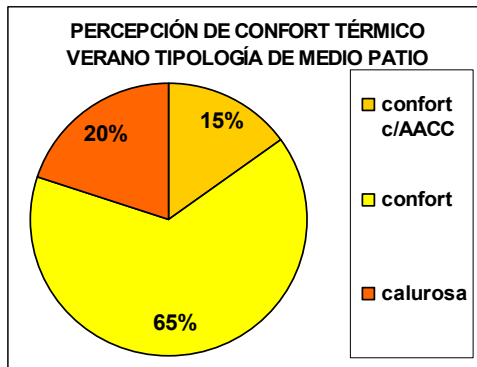


Figura 4. Encuesta sobre confort en Verano.

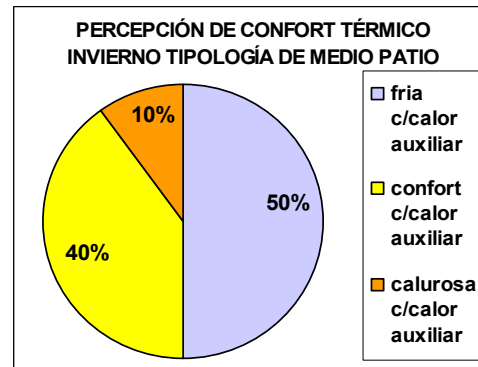


Figura 5. Encuesta sobre confort en Invierno.

2.2 Mediciones de temperatura, radiación y humedad: diagnóstico cuantitativo

- Selección del caso de estudio

El comportamiento energético de los edificios existentes en su uso habitual debe ser evaluado en periodos representativos del día y del año para comprender el comportamiento del edificio y proveer una referencia, un caso base a partir del cual diseñar. (CEC, 1999). Con dicho fin, se seleccionó la casa de la calle Sáenz Peña por ser una clara representante de la tipología con orientación al Norte, en la que sus usuarios comunican la falta de confort de sus espacios en invierno. (Figura 6).

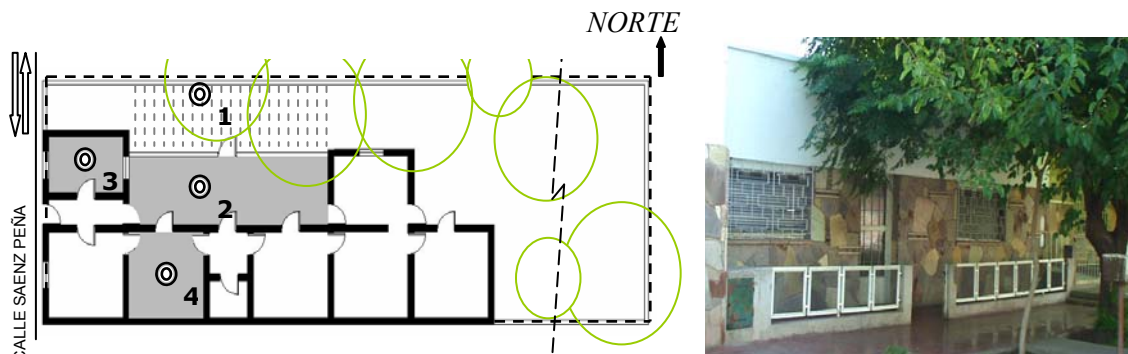


Figura 6. Caso de Estudio. Vivienda de la calle Sáenz Peña.

- Metodología

Se han seleccionado las siguientes variables de medición: en el exterior: Temperatura del Aire y Radiación Solar. Y en el interior: Temperatura del Aire y Humedad Relativa.

Las Mediciones de Temperatura del Aire y de Humedad Relativa fueron registradas con ONSET HOBO H8 data loggers y digitalizadas con el software ONSET Box Car Pro. Las Mediciones de Radiación Global Solar se realizaron con un Solarímetro CM 5 KIPP & ZONEN en los mismos periodos y con la misma frecuencia de toma de datos establecida para las mediciones de Temperatura del Aire y de Humedad Relativa. Se fijaron intervalos de medición y registro cada 15 minutos simultáneos en todos los instrumentos. Este criterio fue adoptado de acuerdo a las recomendaciones de Longobardi y Hancock (2000)

En la Figura 6 se observa la ubicación de los sensores identificados mediante la siguiente numeración: 1 Exterior (en sombra); 2 Estar-Comedor; 3 Habitación 1 y 4 Habitación 2.

- Resultados

A continuación se analizan los resultados obtenidos mediante las mediciones in situ efectuadas en el caso de estudio para invierno:

- Mediciones Completas: del 19/07/2005 a 29/07/2005
- Período seleccionado: 23/07/2005 a 27/07/2005 (Figura 7)

- Observaciones:

- La temperatura exterior varía entre 1°C y 18°C y se puede observar la necesidad de calefacción.

- Las temperaturas del Estar-Comedor se encuentran por encima del límite mínimo de confort durante las horas del día, en las que hay gente en la casa y la calefacción está encendida. El resto del tiempo, la transmitancia térmica no es suficiente para mantener las temperaturas.

- En la Habitación 1 presentan valores por encima del rango mínimo de confort durante la noche, fruto de la calefacción que se intensifica a estas horas. Durante el día, se enfría.

- Las temperaturas de la Habitación 2 presentan picos focalizados generalmente cerca del mediodía mostrando un uso discontinuo de la misma, utilizada como escritorio o lugar de estar secundario.

- Sin la influencia de la calefacción durante los períodos enunciados para cada ambiente, las temperaturas se alejan mas de la zona de confort y esto concuerda con lo indicado en la encuesta que la vivienda resulta fría aun a pesar del uso de calefacción auxiliar en determinadas horas (por la inviabilidad económica de utilizarla constantemente).

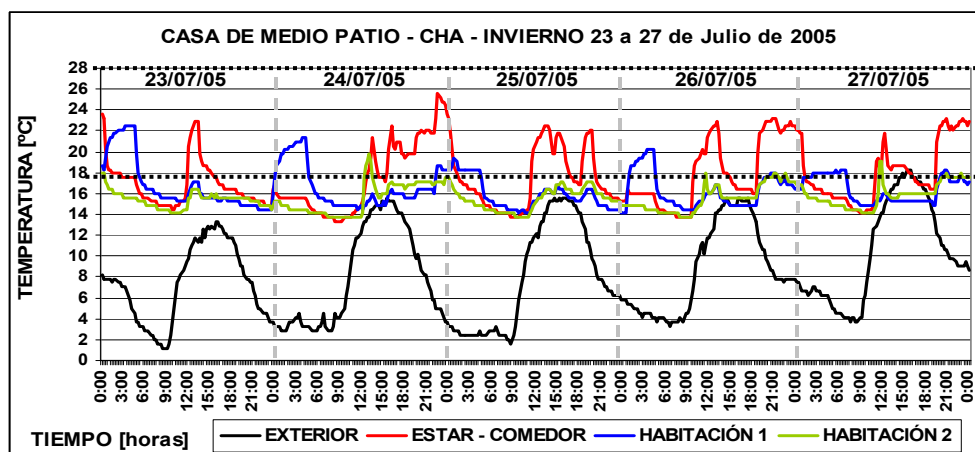


Figura 7. Mediciones de temperatura en invierno.

- Síntesis del diagnóstico de invierno y prospectivas

La vivienda presenta ciertas características que tienden a favorecer el comportamiento ambiental de los espacios: gran inercia térmica en los muros de adobe, aislamiento con caña en las cubiertas y galería vidriada al Norte con dimensiones adecuadas para la suficiente ganancia solar pasiva. En la Figura 8 se observa una imagen de la composición de la cubierta y los elementos de la envolvente vidriados que cierran la galería. El ingreso a la vivienda se efectúa por un recibidor con doble puerta que reduce el intercambio de aire interior-exterior, beneficiando la conservación de energía.



Figura 8 Composición de la cubierta y los elementos de la envolvente vidriados que cierran la galería.

Sin embargo, la estrategia pasiva de invierno es insuficiente y no posibilita optimizar la energía ganada. Como consecuencia la vivienda no alcanza el confort interior.

Puntos Débiles:

- Temperaturas interiores inferiores al rango de confort.
- Importante consumo de gas en invierno.
- Muros sin aislamiento.
- Marcos con simple contacto y sin burletes.
- Existencia de espacios intermedios que, al no contar con el aislamiento o gestión adecuados no cumplen su función ambiental.

Puntos Fuertes:

- Orientación principal al Norte.
- Muros con masa (adobe – ladrillos macizos) que favorecen la inercia térmica y la acumulación de calor.
- Uso de materiales regionales como la caña para el aislamiento de cubiertas.
- Tamaños adecuados en las aberturas para la captación solar, la ventilación y la iluminación.

3. PARTE 2

3.1 Rehabilitación ambiental de la envolvente de invierno

- Propuesta: estrategias de conservación de energía, ganancia solar pasiva e integración fotovoltaica

En la Tabla 5 se presenta la situación existente de la envolvente (casilleros en blanco) y las modificaciones efectuadas para la propuesta (casilleros en naranja).

Tabla 5 La propuesta de rehabilitación está indicada en los casilleros coloreados.

		PROPUESTA DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL		
		CONSERVACIÓN DE ENERGÍA	GANANCIA SOLAR PASIVA	INTEGRACIÓN FOTOVOLTAICA
ELEMENTOS OPACOS DE LA ENVOLVENTE				
MURO	adobe (0.40 m) k = 1.29 w/m ² k ladrillo macizo(0.20) k =2.42 w/m ² k	ladrillo macizo (0.20) + aislamiento 0.05 m + revoque 0.05 m e total = 0.30 m k = 1.10 w/m ² k		
CUBIERTA	inclinada de chapa: e = 0.35 m k = 4.46w/m ² k + caña 0.15 m: e total = 0.50 m k = 1.10w/m ² k			aplicación de consumo eficiente (reducción estimada de 40%) inclinación: 40° orientación: n n° módulos: 10 cantidad m ² : 7
ELEMENTOS TRANSPARENTES DE LA ENVOLVENTE				
VIDRIO	vidrio claro coefic.Transmisión lumínica: 0.89 factor solar: 0.82	vidrio claro + bajo emisivo coefic. Tr. Lum: 0.70 factor solar: 0.69		
MARCO	simple contacto	doble contacto y burlete		
GRADO DE AISLAMIENTO	vidrio simple marco madera k = 5.3w/m ² k	dvh marco madera k =3.3w/m ² k film bajo emisivo k =1.9w/m ² k		
VENTANAS	15% de la sup. De fachadas	---	25% sup. Fachadas rendimiento: 0.55 factor retardo: 0	
LUCERNARIO	---	---	5% sup. Fachadas rendimiento: 0.55 factor retardo: 0	
ESPACIOS INTERMEDIOS DE LA ENVOLVENTE				
RECIBIDOR O ANTESALA	k =2.6w/m ² k	vidrio doble film bajo emisivo k =1w/m ² k	rendimiento: 0.12 factor retardo: 1	
GALERÍA VIDRIADA	k =2.6w/m ² k	vidrio doble film bajo emisivo k =1w/m ² k	rendimiento: 0.12 factor retardo: 1	

- Metodología

Existen distintos procedimientos de simulación. Para este trabajo, según la definición de NIKLAUS KOHLER Y UTA HASSLER (2002), se utilizaron dos aproximaciones complementarias entre sí:

1 – EX POST: el pasado conocido es simulado para validar un modelo. Se obtiene el diagnóstico térmico la realidad mediante la medición *in situ* de las variables de estudio. Con estos datos se validan los modelos generados a partir de los programas de Simulación Térmica de los edificios.

2 – EX ANTE: se plantea una propuesta de modificación de la realidad. Dicha propuesta se simula en base al pasado conocido (modelo validado), para obtener información acerca del comportamiento futuro del sistema.

Para realizar la simulación de las alternativas de rehabilitación ambiental de la envolvente propuestas para cada caso de estudio se eligió un programa de simulación adaptado a la realidad constructiva argentina: El SIMEDIF para Windows (UNSa). Este programa ofrece la creación de modelos lo suficientemente flexibles que permitan la evaluación de alternativas por etapas y, a la vez, muy aproximado al comportamiento real de las viviendas. La correspondencia de los valores medidos con los valores obtenidos mediante el modelo de simulación para este caso presenta un índice de correlación alto (R^2) igual al 97.46%.

- Resultados

En las Figuras 9 y 10 se grafican los resultados de dos de las tres habitaciones analizadas en la vivienda identificando la temperatura medida (gris), la temperatura simulada en su estado actual sin aportes de energía auxiliar) (azul) y la temperatura simulada a partir de la rehabilitación de la envolvente mediante una primera etapa de conservación de energía (verde) y una segunda etapa que se agrega a la primera mediante la ganancia solar pasiva (rojo).

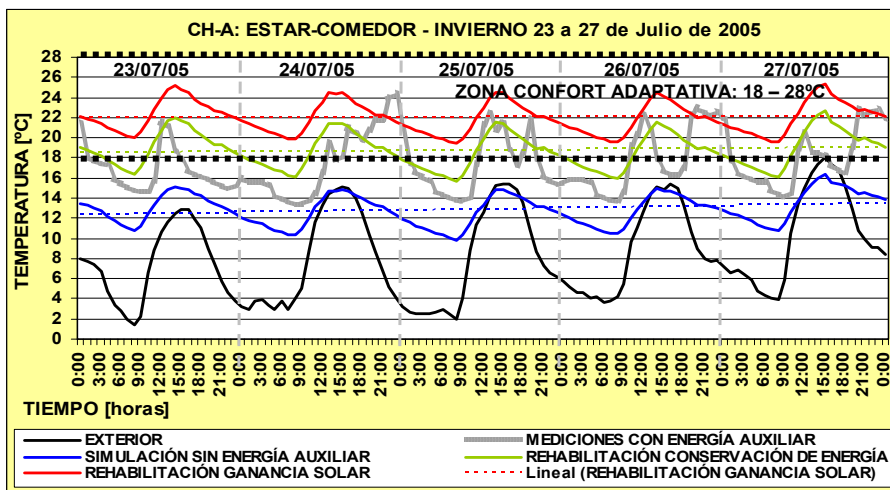


Figura 9. Simulaciones de temperatura en invierno en dos etapas. Estar – Comedor.

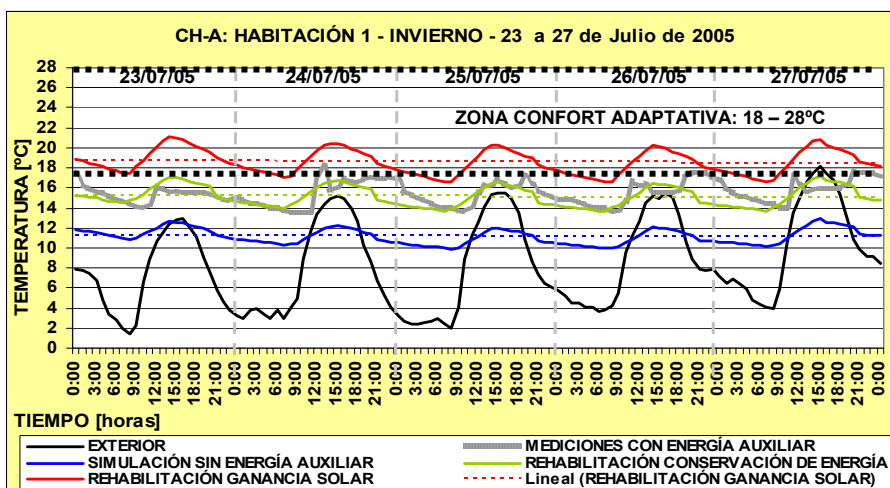


Figura 10. Simulaciones de temperatura en invierno en dos etapas. Habitación 1.

Esta tipología presenta valores muy bajos en el diagnóstico inicial (sin energía auxiliar) cuyas temperaturas están alrededor de los 11°C. Sin embargo, sus posibilidades de rehabilitación ambiental son muy buenas y como resultado se obtienen temperaturas de 21°C en todos sus espacios, alcanzando un 98% de personas en confort de acuerdo al cálculo del PMV (ISO 7730, 1984) y se podría pensar que la energía auxiliar podría ser reemplazada en su totalidad por el acondicionamiento natural.

La incorporación de una adecuada estrategia de conservación de energía tiene un gran impacto (29%) en el promedio general de aporte pasivo obtenido a partir de la rehabilitación ambiental de la envolvente. Esto se debe a que la tipología original no considera suficiente aislamiento de los elementos de la envolvente, y, al tratarse de una tipología abierta el porcentaje de pérdida de energía no deseado es alto. Si la rehabilitación ambiental se va a efectuar en dos etapas, ésta debe ser la primera en aplicarse, debido a que presenta un mayor impacto en el comportamiento térmico de la vivienda.

La ganancia solar pasiva incide en un 17% del total del beneficio obtenido mediante la rehabilitación ambiental de la envolvente que está en el orden del 45%. La vivienda ya contaba con una estrategia de ganancia directa e indirecta gracias a su distribución longitudinal hacia el Ecuador que favorece el asoleamiento de todos los espacios además de una galería vidriada. Se mejora su rendimiento con la estrategia de conservación de energía, alcanzando el confort en todos los espacios.

En la Tabla 6 se presentan los valores obtenidos en cada uno de los espacios medidos y con cada una de las estrategias aplicadas en la rehabilitación ambiental de la envolvente en la vivienda en estudio.

Tabla 6 Resultados obtenidos a partir de la aplicación de la rehabilitación ambiental de la envolvente.

		APORTE AL LOGRO DEL CONFORT por espacio de la vivienda y por estrategia de rehabilitación. (base PMV =100% a 22°C)			RESULTADOS PROMEDIO DE LA VIVIENDA en cada etapa y resultados finales.	
		Estar –Comedor (N)	Habitación 1 (N expuesta)	Habitación 2 (N protegida)		
DIAGNÓSTICO INVIERNO	Característ. propias Temperat (T°) Confort (PMV)	T°= 12.8°C PMV: 0%	T°= 11.2°C PMV: 0%	T°= 10.8°C PMV: 0%	T°= 11.3°C PMV: 0%	
	Energía Aux. (Q), Emisiones (E) (base a 22°C – PMV: 100%)				Q= 124 Kwh.m ² /año E CO ₂ = 34 Kg.m ² /año	
REHABILITACIÓN - INVIERNO	ETAPA 1	Conservación de Energía	Aporte Pasivo: 27% (Aporte:5.9°C)	Aporte Pasivo: 29% (Aporte:6.1°C)	Aporte Pasivo: 31% (Aporte:6.9°C)	Aporte Pasivo: 29% (Aporte:6.3°C)
		FAS Temperat (T°) Confort (PMV)	FAS: 85% T°= 18.7°C PMV: 61%	FAS: 80% T°= 16.1°C PMV: 0%	FAS: 80% T°= 17.7°C PMV: 40%	FAS: 81% T°= 17.5°C PMV: 42%
		Energía Aux. (Q), Emisiones (E) (base a 22°C – PMV: 100%)				Q= 50 Kwh.m ² /año E CO ₂ = 13 Kg.m ² /año
	ETAPA 2	Ganancia Solar Pasiva	Aporte pasivo: 18% (Aporte:4°C)	Aporte pasivo: 17% (Aporte:3.6°C)	Aporte pasivo: 14% (Aporte:3°C)	Aporte Pasivo: 17% (Aporte:3.6°C)
		FAS Temperat (T°) Confort (PMV)	FAS: 76% T°= 16.8°C PMV: 0%	FAS: 68% T°= 14.8°C PMV: 0%	FAS: 63% T°= 13.8°C PMV: 0%	FAS: 68% T°= 15.1°C PMV: 0%
		Energía Aux. (Q), Emisiones (E) (base a 22°C – PMV: 100%)				Q= 65 Kwh.m ² /año E CO ₂ = 18 Kg.m ² /año
	ETAPAS 1 + 2	Conservación + Ganancia	Aporte pasivo: 45% (Aporte:9.9°C)	Aporte pasivo: 44% (Aporte:9.7°C)	Aporte pasivo: 45% (Aporte:9.9°C)	Aporte Pasivo: 45% (Aporte:9.8°C)
		FAS Temperat (T°) Confort (PMV)	FAS :100% T°= 22.7°C PMV: 100%	FAS: 95% T°= 20.9°C PMV: 95%	FAS: 94% T°= 20.7°C PMV: 92%	FAS TOTAL: 98% T°= 21.4°C PMV: 98%
		Energía Aux. (Q), Emisiones (E) (base a 22°C – PMV: 100%)				Q= 29 Kwh.m ² /año E CO ₂ = 8 Kg.m ² /año

El aporte total a la temperatura de confort de la vivienda rehabilitada es del 96% y su consumo de energía auxiliar se redujo de 124 kwh.m²/año a 29 kwh.m²/año. El consumo logrado se encuentra muy por debajo de los estándares de la Unión Europea para las viviendas eficientes. Estos resultados se han valorado

bajo el enfoque adaptativo del confort que involucra directamente las acciones que el usuario ejerce sobre la envolvente para adaptarla a las necesidades variantes del clima. Estos valores no se alcanzan si el usuario no está presente. En ese caso las posibilidades de acondicionamiento natural expresadas se verán reducidas en función del nivel de participación del usuario.

4. CONCLUSIONES

Se concluye con la verificación cuantitativa de la falta de confort expresado en forma cualitativa por los usuarios. El diagnóstico cualitativo denota una falta de confort en el 50% de los casos en invierno y las temperaturas medias interiores medidas están entre 11°C y 13°C. Asimismo se vislumbran alternativas de rehabilitación ambiental que permitirían el logro del confort por medios naturales. Las síntesis de diagnósticos logradas son el punto de partida para el desarrollo de propuestas concretas de rehabilitación ambiental de la vivienda estudiada. Atendiendo a la situación económica particular Argentina, las mismas se presentan en dos etapas de aplicación sugiriendo el orden de las mismas debido al impacto de la mejora.

Es posible el logro del confort natural mediante la rehabilitación ambiental de las viviendas de medio patio. Se debe promover la incorporación de las medidas sugeridas en este trabajo (en el caso de viviendas con orientación Norte) en los casos de rehabilitación de esta tipología (que se estiman necesarios debido al año de construcción promedio de este tipo de casas).

De la valoración de la acción reguladora de las distintas estrategias de rehabilitación ambiental de invierno (Tabla 6) se observa que la conservación de energía tiene una acción más contundente en el total de la intervención. Razón por la cual se sugiere comenzar la rehabilitación ambiental a partir de esta estrategia. En invierno se logra incrementar la temperatura a 17°C en la etapa 1 y 21°C con las etapas 1 y 2. Es importante que se tenga en cuenta que el orden de las etapas no es arbitrario y que, de aplicarse a la inversa, el beneficio de la aplicación de la etapa inicial se reducirá y solo se llegará al mismo valor cuando ambas etapas estén concluidas.

Al completarse la rehabilitación en invierno, los beneficios pasivos llegan a cubrir aproximadamente el 95% de la demanda con un consumo estimado en 29 Kwh.m²/año de energía auxiliar y el logro de la reducción de las emisiones de dióxido de carbono a 8 Kg.m²/año.

5. REFERENCIAS

- ASHRAE 2004. **Standard 55-04 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta: ASHRAE.
- BORMIDA, E. (1984) "Mendoza, una ciudad oasis". **Revista de la Universidad de Mendoza** Vol.4-5. Ed. Universidad de Mendoza.
- COMMISSION OF EUROPEAN COUNTRIES. (1999) **A green Vitruvius. Principles and Practice of Sustainable Architectural Design**. Ed. James and James.
- GOULDING, J., LEWIS, O. AND STEEMERS, T., ed. 1994. **Energy in Architecture. The European passive solar handbook**. Brussels and Luxembourg: CEC.
- GUAYCOCHEA DE ONOFRI, R. (2001) **Arquitectura de Mendoza y otros estudios**. Nueva Edición, Ed. Inca.
- ISO 7730 (1984). **Moderate thermal environments. PMV and PPD indices and specification of the conditions of thermal comfort**. Geneva: International Standards Organization.
- KOHLER, N. y HASSLER, U. (2002) "The Building Stock as a Research Object". **Building, Research & Information**. Vol. 30, N°4, 2002. Spon Press – Taylor & Francis Group.
- LONGOBARDI y HANCOCK, M. (2000) "Field Trip Strategies". **Proceedings of TIA 2000**.
- NICOL, J. F. Y HUMPHREYS, M. A. (2005). "Maximum temperatures in buildings to avoid heat discomfort" **Proceedings of PALENC Conference**, Santorini, agosto 2005, ed. M. Santamouris. Santorini: Heliotropos. pp. 219 – 224.
- NICOL, F. y ROAF, S. (2005) "Post-occupancy evaluation and field studies of thermal comfort". **Building Research and Information** (2005) 33(4) pp. 338-346.
- WAISMANN, M. (ed.) (1999) **Documentos para una Historia de la Arquitectura Argentina**. Ed. Summa.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Familia Sidoni por habernos permitido realizar el diagnóstico cuantitativo mediante mediciones en su vivienda.