

AUDITORÍA Y SIMULACIÓN ENERGÉTICA EN LA CIUDAD DE MENDOZA, ARGENTINA. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE DISEÑO PASIVO Y CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL.

Mercado MV.¹, Barea G.¹, Esteves A.¹

¹ Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda INCIHUSA-CCT CONICET Mendoza
C.C. 131- 5500 Mendoza - Argentina.
Tel.: 54-261-5244309/10 - mvmmercado@mendoza-conicet.gob.ar

Recibido 03/09/15, aceptado 08/10/15

RESUMEN.

El objetivo principal del presente trabajo fue evaluar el comportamiento térmico de una vivienda de diseño bioclimático con características espaciales de doble altura, ubicada en la periferia de la ciudad de Mendoza. Se presentan resultados de un período de monitoreo a partir del cuál fue posible evaluar la situación térmica invernal con el edificio en régimen de uso. Posteriormente se procedió a simular la vivienda por medio del programa Energy Plus, con el propósito de evaluar la situación térmica anual y realizar comparaciones entre los consumos energéticos reales y los que mostraba la simulación. Se observa que el diseño de la vivienda responde a una forma eficiente dado que presenta un FAEP=1.5; cuenta con suficiente masa térmica para amortizar la situación de amplitud térmica exterior y que demanda un consumo energético máximo de 38KW.h/m² año en el período invernal. Desde el diseño se concluye que es factible su uso dentro de un diseño bioclimático integrado, otorgando a los arquitectos una herramienta de diseño enriquecedor espacialmente.

Palabras Claves: Diseño bioclimático. Análisis térmico-energético. Auditoría energética. Simulación térmica. Energy Plus.

INTRODUCCIÓN.

En la República Argentina se estima que entre el 35 y 40% de todos los recursos energéticos primarios utilizados es destinado al acondicionamiento del hábitat construido. De esto, el 53% es destinado al uso residencial. Las necesidades energéticas de la estructura socio-económica de la República Argentina están cubiertas en un 89% por petróleo y gas natural, 43% y 46% respectivamente (De Dicco, 2005). El 75% de la electricidad se genera con la quema de combustibles fósiles, lo que produce al año 110 millones de toneladas de CO₂ según datos de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Esto evidencia lo altamente ineficiente y peligrosa que es la base energética de la electricidad desde el aspecto del agotamiento del recurso y del aspecto medioambiental.

Alrededor del 80% del tiempo de las personas es vivido en el interior de los edificios, por lo tanto es importante el diseño y la evaluación energética de la calidad del ambiente interior (Liu et al., 2010). Las estrategias de diseño para los edificios energéticamente eficientes deben incluir la reducción de las cargas de calefacción y enfriamiento, la selección de sistemas que permitan un uso más efectivo de los recursos energéticos, un uso eficiente de los equipamientos y el control efectivo de las estrategias.

El aspecto térmico no debería ser desconsiderado en ningún tipo de construcción, especialmente en los emprendimientos de vivienda, debido a que el gasto de funcionamiento y mantenimiento que generan

las mismas posteriormente resultan significativos, considerando el presupuesto familiar disponible de la mayoría de los usuarios (Martinez, 2005). Por lo tanto y visto hasta aquí se advierte la urgencia de una revisión y modificación de las prácticas actuales de la construcción en cuanto al diseño, técnicas y tecnologías de fabricación para optimizar el consumo de energía.

Liu et al., 2010 destacan la necesidad de nuevos conocimientos para el diseño y creación de edificios que generen bajo consumo de energía. La eficiencia energética, sin embargo, depende tanto de estas tecnologías como también de las opciones del usuario y de las políticas que también afectan a la toma de decisiones (Allcot et al., 2010).

El mejoramiento de la performance energética de los edificios requiere de un estudio detallado y una simulación de su comportamiento, sin dejar de considerar los fenómenos que ocurren a escala urbana. Para ellos la performance energética depende de la geometría urbana, del diseño del propio edificio, de la eficiencia de los sistemas y, fundamentalmente del comportamiento del ocupante (Fillipin, y Larsen, 2010).

Al mismo tiempo, la evaluación del consumo de energía y del comportamiento térmico interior en los edificios a través de simulaciones con software específicos han experimentado un rápido crecimiento en los últimos años (Flores Larsen et al, 2012). En pos de esta situación y alentando el uso de este tipo de programas que facilitan en una primera instancia una proyección bastante cercana del comportamiento térmico y los consumos energéticos de un proyecto de arquitectura no construido y, en segunda instancia corroboran a partir de la carga de un edificio existente en forma de modelo espejo el comportamiento del mismo, practicar optimizaciones del mismo y evaluar los resultados.

Los objetivos específicos del presente trabajo son:

- 1- Evaluar el comportamiento térmico y energético de una vivienda de diseño bioclimático por medio del uso de ganancia solar pasiva y conservación de calor;
- 2- Analizar por medio de la simulación con el software Energy Plus el comportamiento térmico-energético anual del edificio sin la utilización del acondicionamiento mecánico;
- 3- Analizar el comportamiento de espacios de doble altura en un diseño solar.

Los resultados servirían de referencia para proponer pautas y recomendaciones de un diseño energéticamente eficiente.

METODOLOGÍA

El trabajo se enfoca en un método de análisis cuantitativo. Se analizan datos medidos de temperatura en el interior y exterior del edificio. A partir de estas se analizan el comportamiento de los espacios monitoreados y su interacción entre ellos. En este sentido se midió en la vivienda los espacios considerados de mayor relevancia: hall (doble altura), estar (doble altura), comedor, dormitorio principal con sensores Hobo U12 que registraron temperatura cada 15 minutos. Posteriormente en línea con el estudio del comportamiento real, se presentan los consumos energéticos, gas natural de red y electricidad. Para el análisis anual se tomó como unidad de medida Kw.h/m².año.

En una segunda fase se formuló el modelo de la vivienda en el programa Energy Plus, con el propósito de ensayar el comportamiento del edificio sin ocupantes, es decir sin calefacción mecánica en el caso de invierno y sin enfriamiento de aire en el caso de verano. Luego se simulan los consumos energéticos con un termostato para invierno y para verano (de acuerdo ASHRAE *Standard* 55) y se comparan con los consumos auditados.

DESCRIPCIÓN DEL CLIMA Y EMPLAZAMIENTO. CASO DE ESTUDIO

La ciudad de Mendoza es el conglomerado urbano más importante de la provincia, denominado Gran Mendoza, que alberga el 64% de la población y ocupa el 11% del territorio. Se ubica en el oasis norte de la provincia de Mendoza, sobre una zona semidesértica de clima árido, ubicada en la zona bioambiental IVb según la clasificación de la Norma IRAM 11603. Figura 1-b.

Este sector del territorio de la provincia presenta una alta amplitud térmica, cercana a los 15°C. La altura sobre el nivel del mar es de 780 metros. El clima es templado con temperatura mínima absoluta que puede llegar a -8°C. En enero se registran las mayores temperaturas cercanas a máximas absolutas de 40°C. La radiación solar es típica de zonas semidesérticas, en la ciudad se registra un valor anual de 18.4MJ/m².día; para la estación invernal se presenta un valor de 9MJ/m² y para la estación estival de 25MJ/m². Estas condiciones resultan apropiadas para incorporar a las viviendas sistemas solares pasivos de calefacción. Figura 1-a.

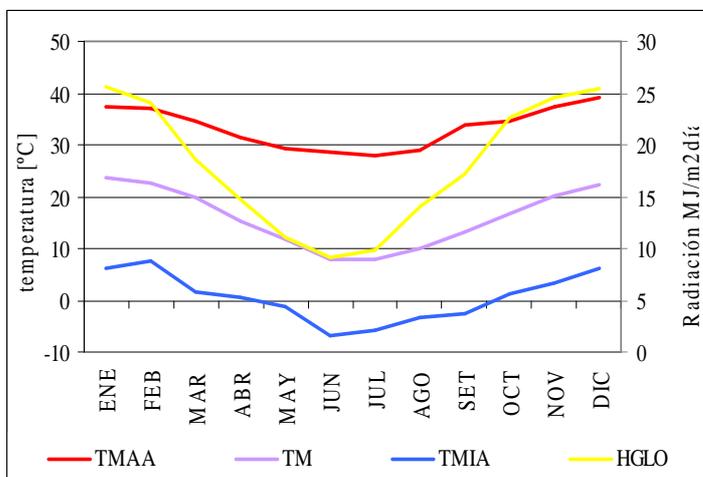


Fig.1-a: Temperaturas medias y absolutas mínima y máxima.

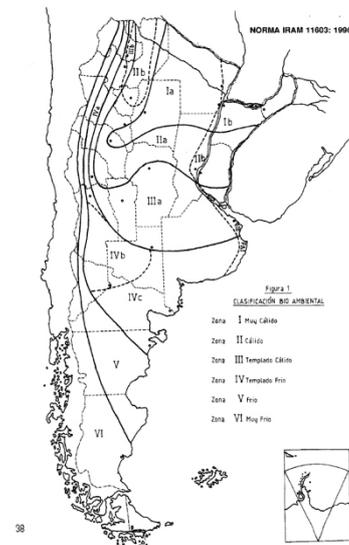


Fig. 1-b: Zonas bioclimáticas de la República Argentina. IRAM 11603.

La vivienda se encuentra emplazada en un barrio de baja densidad en la periferia de la ciudad de Mendoza. Por esta característica de alejamiento de la zona de mayor densidad de la ciudad, se advierte un alejamiento a las condiciones de isla de calor que presenta la mancha urbana de la ciudad elevando su temperatura en las horas de la noche hasta 8°C (Correa, 2007).

El edificio estudiado es una vivienda unifamiliar compacta. Cuenta con dos plantas, en planta baja los espacios diurnos y en planta alta las habitaciones. Dividiendo el prisma en dos a partir de un eje N-S, se encuentra en el sector oeste un gran espacio de doble altura dividido por la circulación vertical en el espacio de acceso (hall) hacia el sur y estar hacia el norte.

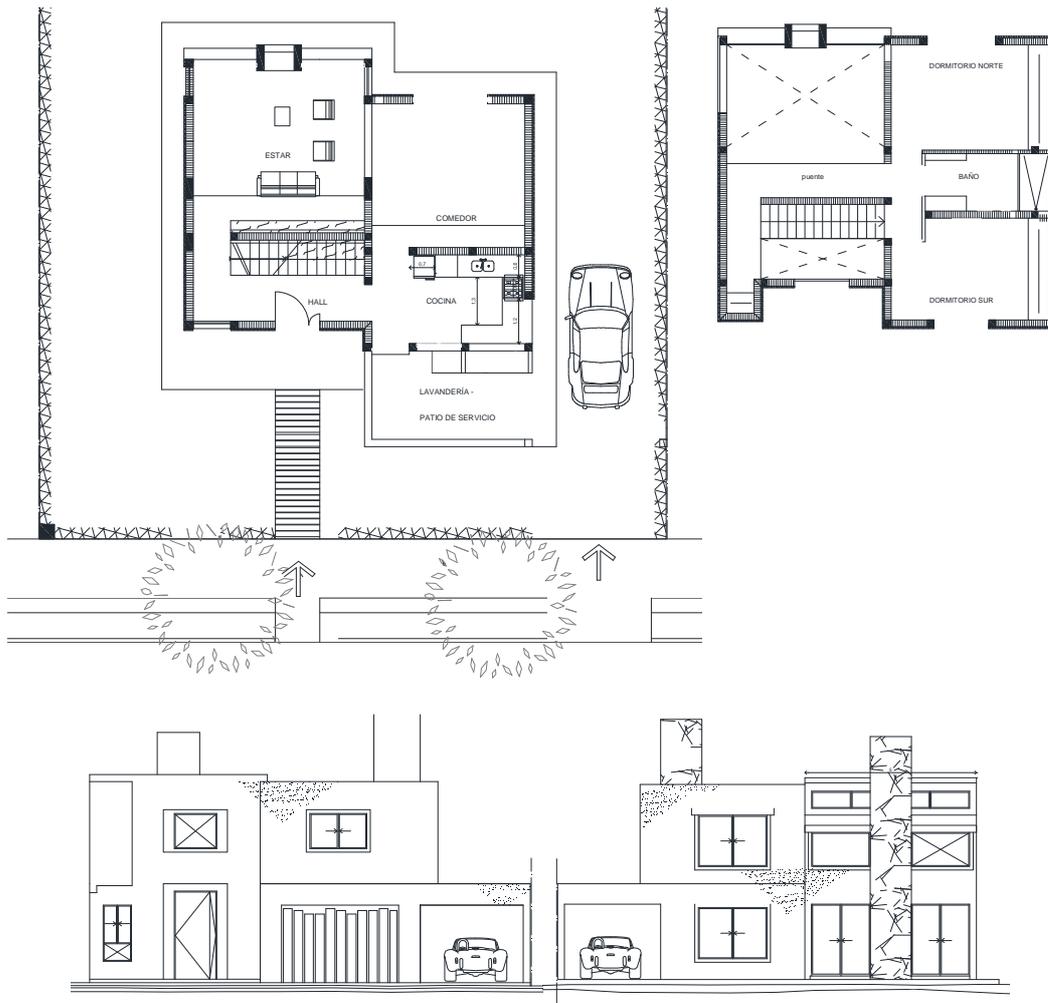


Fig.2: Plantas,vistas e imágenes de la vivienda.

La vivienda tiene una superficie cubierta de 120m². Se destaca una compacidad eficiente medida a partir del factor de área Envolvente/piso (FAEP=1.5) (Esteves at al, 1997). En cuanto al sistema constructivo, se utilizó el sistema denominado “tradicional”, compuesto mampostería de ladrillón cerámico macizo de 17cm de espesor, bajo un soporte estructural sismo resistente de hormigón armado. Los muros son revocados en el interior y exterior con la colocación de aislación térmica hacia el exterior (2” de espesor). La cubierta es liviana, compuesta por machimbre de pino del lado interior, poliestireno expandido como aislación térmica (3” de espesor), hormigón alivianado y aislación hidrófuga de membrana asfáltica con aluminio. Las ventanas son de aluminio con doble vidriado hermético (3+9+3). Los muros exteriores quedan totalmente expuestos separados de los límites del terreno. Se destaca que el muro oeste no se le colocó aislación térmica, debido a una futura ampliación proyectada.

MONITOREO TÉRMICO DE LA VIVIENDA

La vivienda fue monitoreada ininterrumpidamente durante un período cercano a 3 meses, comprendido entre el 27 de Julio del 2012 al 15 de Octubre del mismo año. Los datos de irradiancia solar sobre plano horizontal fueron tomados de una estación ubicada en las dependencias de CONICET CCT-Mza. Las temperaturas de aire exterior e interior se midieron con sensores datalogger tipo HOBO U12. Se ubicaron tres sensores en planta baja (Estar, Comedor, y Hall) y tres en planta alta (Dormitorio principal, Doble altura en Estar y Doble altura en Hall). Los sensores en la doble altura tienen como objetivo evaluar la situación de un espacio donde la altura puede promover una estratificación de la temperatura del aire.

Para el análisis global de la vivienda se tomaron los datos del mes de Agosto y de Setiembre, ver figura 3 y 4, además se presenta un período de siete días correspondientes al período entre el 7 de y el 13 agosto de 2012, para el estudio pormenorizado de los espacios.

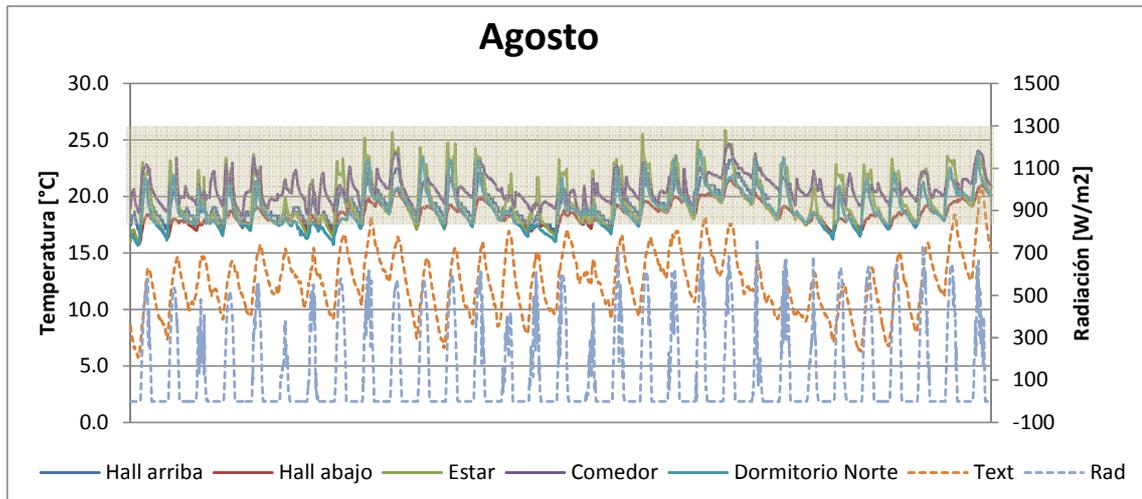


Fig.3: Temperatura de aire interior de los locales monitoreados, temperatura de aire exterior y radiación solar sobre plano horizontal, para el mes de Agosto del año 2012.

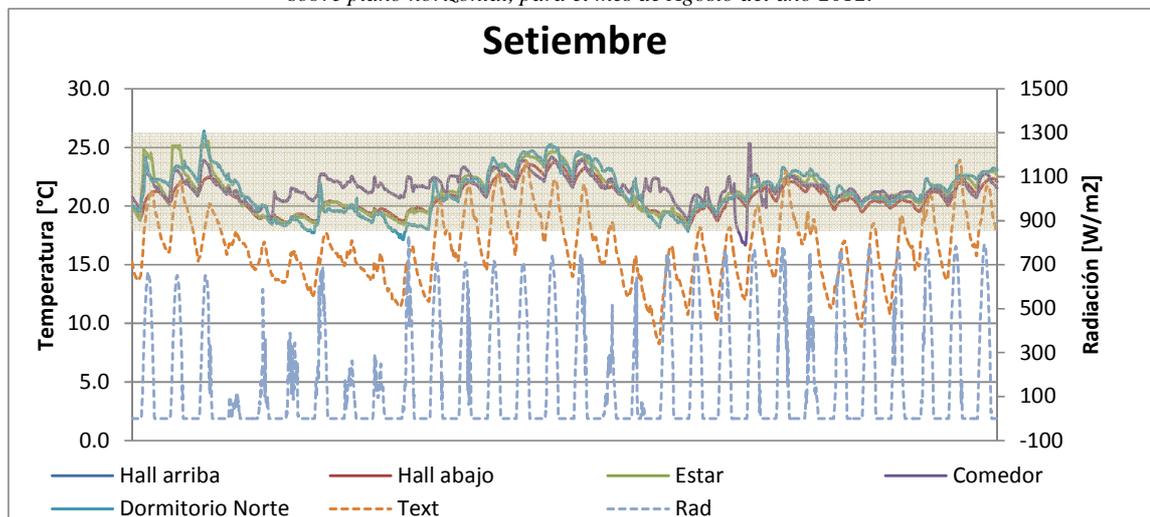


Fig.4: Temperatura de aire interior de los locales monitoreados, temperatura de aire exterior y radiación solar sobre plano horizontal, para el mes de Setiembre del año 2012.

Para los dos meses presentados completos se observa que las temperaturas oscilan dentro del rango de confort 18-27°C. Se advierte también una disminución sustancial de la amplitud térmica en las temperaturas del interior del edificio en relación a la situación exterior (picos de 3 a 5°C de amplitud térmica interior frente a picos de 6-9°C de amplitud térmica exterior). Esto es consecuencia directa del sistema constructivo con la incorporación de aislación térmica.

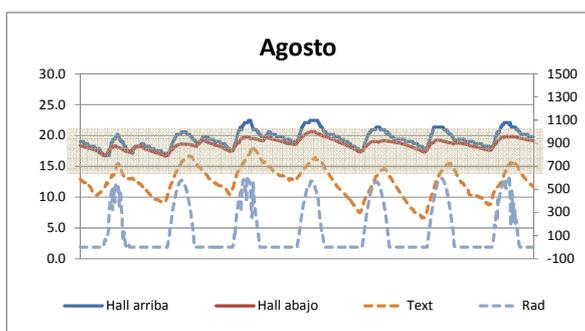


Fig.5: Temperatura de aire interior del espacio de hall monitoreadas, abajo y arriba.

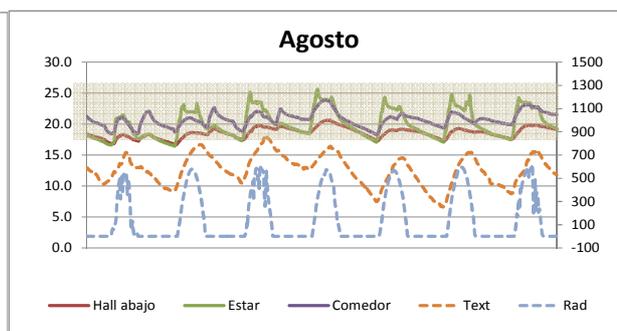


Fig.6: Temperatura de aire interior de los espacios de planta baja: hall abajo, estar y comedor.

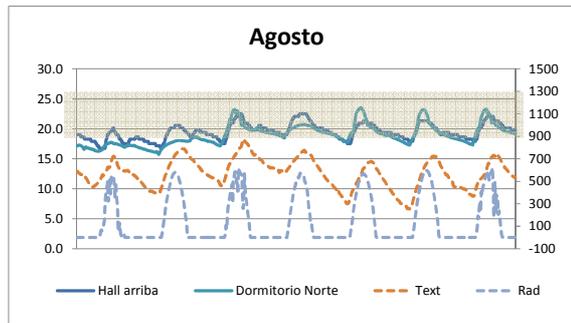
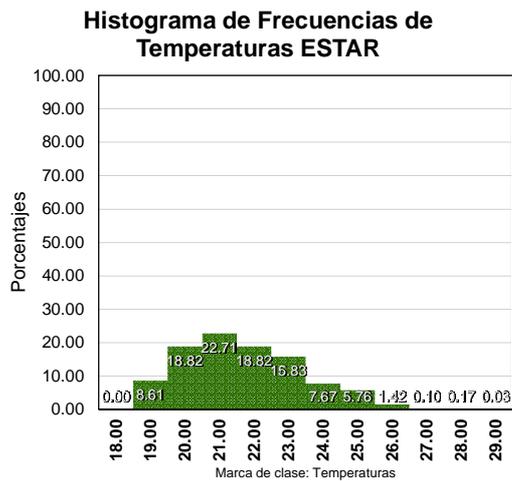
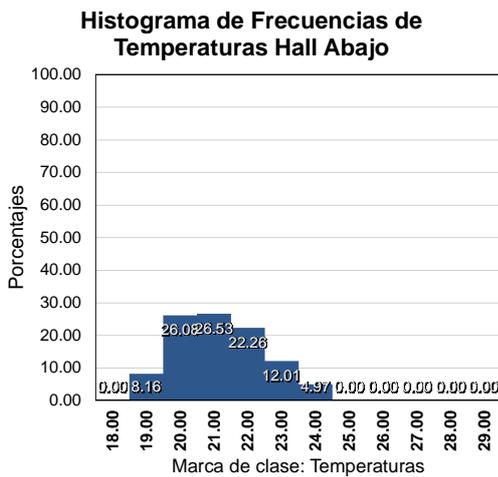


Fig.7: Temperatura de aire interior de los espacios de primer piso: hall arriba y dormitorio.

En las figuras precedentes se observa que en los espacios de planta baja las temperaturas se mantienen dentro del rango de confort. Además se advierte una disminución de la amplitud térmica interior en relación a la situación exterior, confrontando un rango cercano a los 9°C para el exterior mientras que el interior no supera los 5°C.

La diferencia registrada en el hall entre el aire del espacio superior y el espacio inferior (denominado como abajo y arriba) es una respuesta directa a la influencia de la radiación solar directa que ingresa al espacio por la abertura norte del mismo e influye directamente sobre la masa térmica interior (figura 5). Sin embargo la diferencia no supera los 3°C, lo que implica que no se generará falta de confort por asimetría térmica de acuerdo a lo establecido a la Norma ISO 7730.

A partir de las figuras 6 y 7 se advierte que existe una diferencia térmica entre los espacios de planta baja (comedor y estar) y los espacios de primer piso (dormitorio norte). Este último presenta una diferencia promedio de 3° a 4°C, esto es consecuencia del sistema de calefacción utilizado en el monitoreo. Se trata de un calefactor sin salida hacia el exterior de combustión, el mismo se ubica en el espacio de comedor y se utilizó como único medio de acondicionamiento mecánico para toda la vivienda, por lo tanto mientras que en el comedor y estar la temperatura era más alta (22°C promedio), en el dormitorio no alcanzaba el mismo nivel (20°C promedio). Sin embargo, este análisis se combina con la situación del hall, se marca una diferencia térmica pero no concluye directamente en situación de desconfort por asimetrías térmicas verticales.



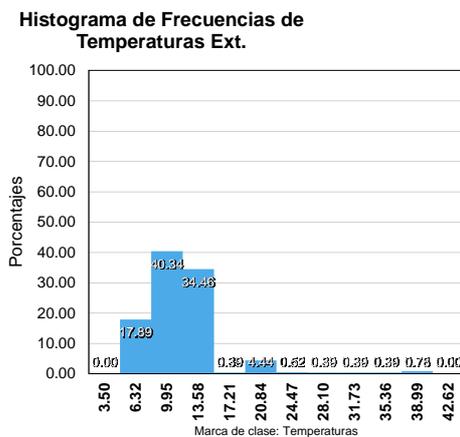
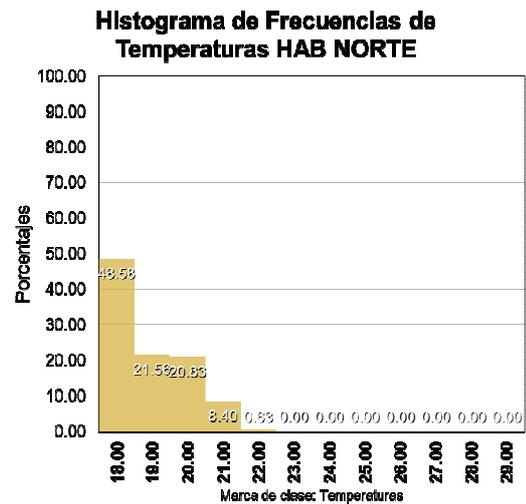
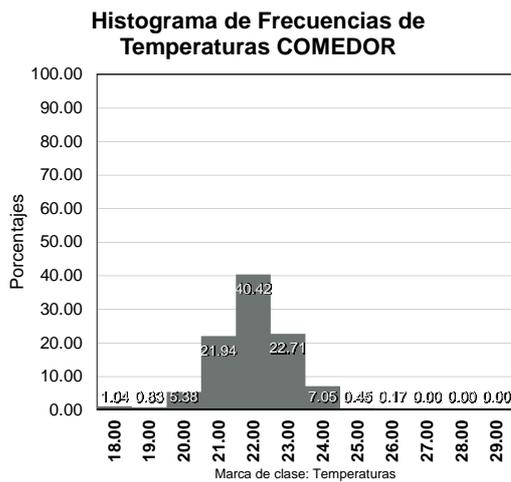


Fig.8: Histogramas de frecuencia correspondientes a todo el período de medición para cada espacio y para la temperatura de aire exterior.

En los histogramas de frecuencias, ver figura 8, se advierte que mientras la temperatura exterior marca un rango de temperatura entre 7° y 14°C en un 76% de las veces, en los espacios interiores para un porcentaje similar (73%-74%), de tiempo se observa un rango térmico ubicado entre 20°C y 23°C. Por otro lado para el espacio del dormitorio norte se presenta un rango térmico inferior dado por temperaturas de 18° a 20°C para un 89% del tiempo.

SIMULACIÓN TÉRMICA

Se utilizó el software Energy Plus (version 8.1.0) para simular el comportamiento térmico-energético de la vivienda en estado dinámico. Se trata de un programa libre desarrollado por LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory). Este programa ofrece la posibilidad de numerosas variables de salida desde ítems ambientales, térmicos, energéticos y físicos (Flores Larsen et al, 2012).

Los datos requeridos de entrada al programa son: la caracterización geométrica, las características de sus componentes constructivos, las condiciones meteorológicas y las cargas internas, permitiendo además representar con gran nivel de detalle el uso intermitente de cualquier edificio.

Se presentan a continuación las determinaciones asumidas para la simulación térmica y energética:

- La vivienda fue dividida en 9 zonas, 4 en planta baja (Hall abajo, Cocina, Comedor y Estar) y 5 en primer piso (hall arriba, estar arriba, Habitación Norte, Habitación Sur y Baño). En la figura 9 se presenta el modelo de simulación graficado con el plugin OpenStudio para SketchUp.
- Las propiedades físicas de los materiales fueron obtenidos de bibliografía específica. Los cerramientos se consideraron en relación a su materialidad real, correspondiendo a muros interiores con masa (piso, entrepiso y muros exteriores e interiores) y cerramientos sin

masa (cubierta general de la vivienda). Los coeficientes convectivos, se utilizaron los que calcula el programa por medio de algoritmos matemáticos. El número de renovaciones de aire por hora se fijó en relación a la utilización de cada local. Tabla 1.

- El archivo de clima (weather file) fue realizado en base a un archivo existente con datos de la estación “observatorio Mendoza” del servicio meteorológico nacional; sobre este se reemplazaron los datos de temperatura de aire exterior y radiación solar (medidos in situ) para los días seleccionados para realizar el ajuste del modelo (25/09 al 30/09 del 2012).
- Los datos de temperatura de aire interior obtenidos como out-put, representa la uniformidad térmica de toda la habitación. En el caso del local de hall y estar divididos en dos zonas térmicas cada una, se utilizó una herramienta que proporciona el programa para que la radiación solar pueda acceder al espacio contiguo por debajo, esta se denomina: Infrared transparent material, además se utilizó otra herramienta que permite simular el movimiento de aire que se puede ocasionar en un espacio de estas características.
- Los coeficientes convectivos se fijaron en 6W/mK para muros interiores. Los coeficientes convectivos restantes se autocalculan en el software.
- La Infiltración se mantuvo constante de 1 cambio de aire por hora y se estableció para todas las zonas térmicas conectadas al exterior a través de ventanas y/o puertas. En verano, los ocupantes ventilan periódicamente su casa. Este flujo intencional de aire del ambiente al exterior fue simulado mediante el modelo de ventilación simplificada *Wind and Stack with Open Area* proporcionada por Energy Plus. En este modelo, la tasa de flujo de aire de ventilación es una función de la velocidad del viento y el efecto de chimenea térmica, junto con el área de la abertura de la zona térmica. La tasa de flujo de ventilación natural puede ser también controlado por un Schedule con horarios aplicado a la zona de la abertura definida por el usuario y por medio de la especificación de temperaturas mínimas programadas (por debajo del cual la ventilación se cierra), las temperaturas máximas (por encima del cual la ventilación se cierra) y una diferencia de temperaturas (diferencia de temperatura entre el interior y exterior que por debajo del cual la ventilación se apaga). Las temperaturas pueden ser tanto valores constantes individuales para toda la simulación o horarios que pueden variar con el tiempo. En el edificio estudiado, ventanas exteriores se consideraron completamente abiertas (multiplier fraction=1) durante las noches de verano, y la ventilación se permiten cuando la temperatura interior supera los 25 °C y la diferencia entre la temperatura interior y exterior es superior a 2 °C.

| DESCRIPTORES | ZONAS | | | | | | | | |
|----------------------------|---|------------------------------------|-------------|--------------|--------|---------|------------------|------|----------------|
| | HALL ABAJO | HALL ARRIBA | ESTAR ABAJO | ESTAR ARRIBA | COCINA | COMEDOR | HABITACION NORTE | BAÑO | HABITACIÓN SUR |
| Nº DE RENOVACIONES | | | | | | | | | |
| CONEXIONES ESPECIALES | Material transparente al infrarojo | Material transparente al infrarojo | - | - | - | - | - | - | - |
| MUROS descripción | Muros exteriores= ladrillo cerámico con revoques por ambos lados y aislación térmica de 5cm (poliestireno expandido). Muros interiores= ladrillo cerámico con revoque por ambos lados. Piso= Contrapiso de hormigón, cerámico y consideración de suelo (1m de tierra) Entrepiso= Losa de Hormigón, cielo raso de yeso y cerámico | | | | | | | | |
| K[W/m²C] | ladrillo= 0.72; revoque= 1.16; hormigón= 1.63; poliestireno= 0.04; yeso= 0.49; contrapiso= 1.65; tierra=0.14; cerámico= 0.7 | | | | | | | | |
| MUROS sin masa descripción | Cubierta liviana= correas de rollizos, machimbre, aislación térmica de 7.5cm (poliestireno expandido) y aislación hidrófuga (membrana asfáltica con capa de aluminio) | | | | | | | | |
| R[m²C/K] | 2.85 | | | | | | | | |
| COEFICIENTE CONVECTIVOS | Calculados por el programa: algoritmo matemático. | | | | | | | | |

Tabla 1: Características físicas del modelo como input del programa de simulación Energy Plus.

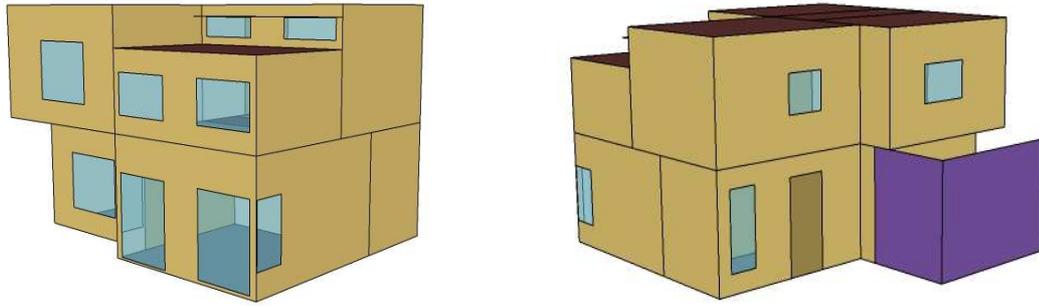


Fig. 9: Imagen del modelo de la vivienda en Open Studio para SketcgUp

Para obtener un modelo térmico del edificio, se simuló con los datos experimentales meteorológicos de un período de 5 días, durante el cual la casa estaba sin acondicionamiento auxiliar. Los resultados de la simulación de la temperatura interior de cada zona se compararon con la temperatura del aire medida. Para lograr dicho ajuste se fueron ajustaron los coeficientes de infiltración hasta que se obtuvo una buena concordancia con las mediciones.

En las figuras subsiguientes, ver figura 10, se presentan los ajustes del modelo en el período comprendido entre el 25/09 y el 30/09. Se logró un correcto ajuste en todos los ambientes medidos in situ. Se advierte que la diferencia mayor entre los valores medidos y ajustados no superan 1°C en ningún caso, inclusive en la habitación norte, siendo el espacio donde se aprecia mayor disparidad.

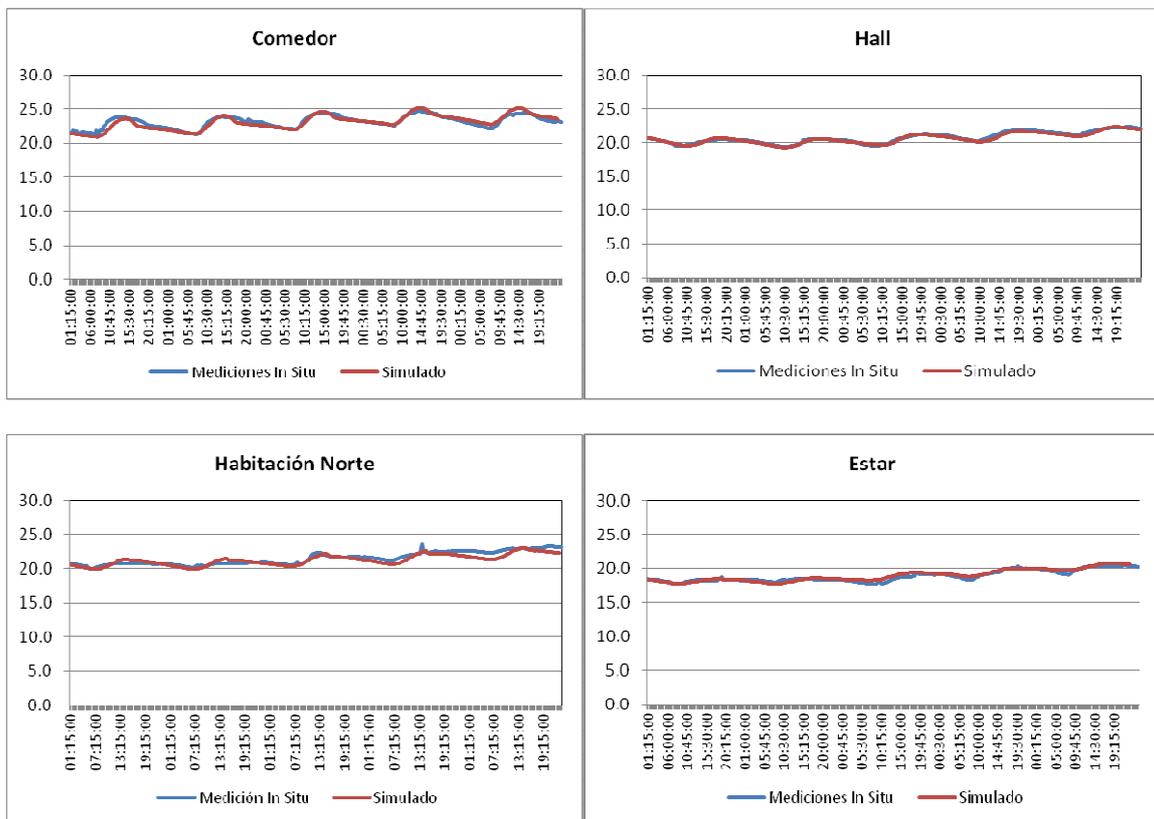


Fig. 10: Gráficos de ajustes para los cuatro locales monitoreados.

Luego se procedió a evaluar cómo sería el comportamiento térmico y energético anual de la vivienda. Esto permite evaluar la vivienda de diseño solar pasivo sin la intervención de los sistemas de acondicionamiento mecánico. En la figura 11 se presentan las temperaturas medias del aire exterior y las temperaturas máxima media y mínima media del interior de la vivienda mensuales. A partir de

estos valores se observa que la vivienda se comporta la mayor parte del tiempo térmicamente confortable la mayor parte del tiempo, que se necesita de calefacción auxiliar en las horas del día menos favorable. Por otro lado, para la estación estival se observa que la temperatura es marcadamente mayor y marca condiciones de altas temperaturas. Esto se considera una consecuencia directa de la falta de aislación térmica en el muro oeste, quien recibe altos niveles de radiación solar en la época de verano.

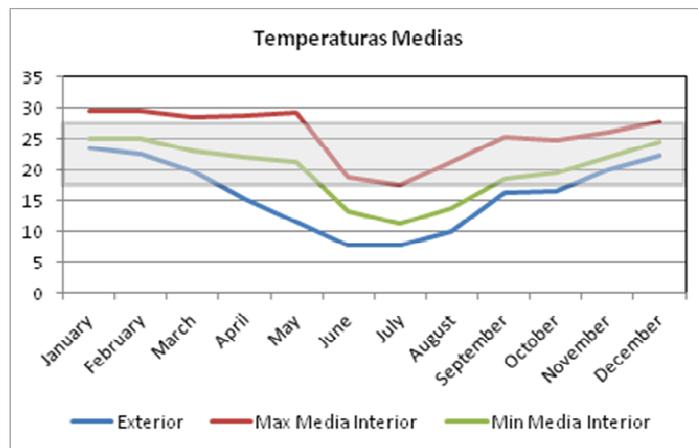


Fig. 11: Temperatura medias de aire exterior, temperatura máxima media promedio interior y temperatura mínima media promedio interior de la vivienda mensuales.

CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL

Se tomaron los consumos energéticos de las boletas emitidas por los entes encargados de la distribución y suministro de gas y de electricidad de los años completos de 2011, 2012 y 2013. Cabe aclarar que la vivienda en este período fue calefaccionado con un calefactor de combustión a gas, sin salida hacia el exterior, ubicada en el espacio de comedor. Con éste único artefacto se calefaccionaba la vivienda.

Con el modelo térmico inicial del edificio validado con datos experimentales, se modificó a fin de incluir las ganancias de calor internas en cada zona.

Las ganancias de calor internas en cada zona de construcción incluyen: la tasa metabólica de calor (dos personas con ocupación de acuerdo al horario del día, incorporada por schedule). Los Límites de temperatura de Comfort recomendados por ASHRAE *Standard 55* son, 21 °C en invierno y 26 °C en verano, con ropa típica de verano e invierno (0,9 clo y 0,5 clo, respectivamente) durante una actividad sedentaria. Estos valores se utilizaron como termostatos de calefacción y refrigeración respectivamente.

Se aprecia que los consumos reales sobrepasan lo que estipula el simulador. De aquí se desprende que esta situación es consecuencia directa de la ubicación de la condición de “único” del calefactor mencionado, debido a que este debía acondicionar los 120m² de la vivienda, implicando; como se aprecia en la figura 6; una disparidad térmica entre los locales de la misma.

Sin embargo los consumos de la vivienda presentan un valor aceptable para un edificio de diseño bioclimático, dado que la bibliografía presenta rangos de entre 50 y 70 KW/h.m².año.

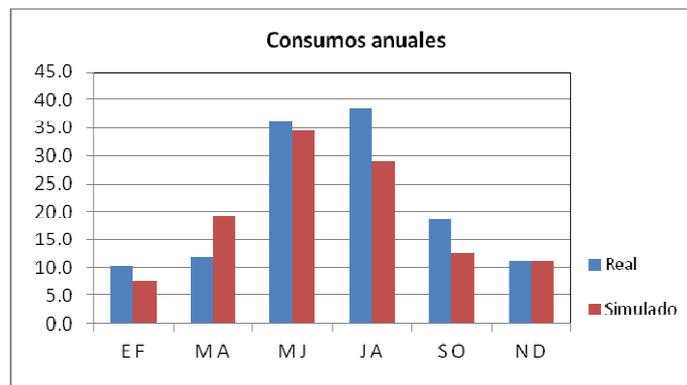


Fig. 11: Consumo energético real y simulado de la vivienda mensual.

CONCLUSIONES

A partir del análisis de la forma de la vivienda por medio del FAEP, se concluye que se trata de una vivienda energéticamente eficiente.

A partir del monitoreo realizado se observó que los espacios interiores de la vivienda alcanzan las condiciones higrotérmicas de confort.

El uso de la simulación, a partir de haber calibrado el modelo, fue posible determinar el comportamiento térmico de la vivienda para el periodo anual completo. De esto se encuentra como problema que la temperatura interior para los meses de verano sobrepasan el rango de temperatura de confort estival. Considerando al usuario como active este sobrecalentamiento es factible de solucionar con una adecuada ventilación nocturna, ya que el diseño de la vivienda cuenta con aberturas que contemplan este funcionamiento.

La calidad térmica de la envolvente de la vivienda ha permitido disminuir hasta 6°C la amplitud térmica interior de la situación térmica exterior, lo que otorga a sus usuarios cierta homogeneidad en la situación de confort. Por medio, de los histogramas a partir del monitoreo se advierte que existe una ocurrencia del 75% donde las temperaturas oscilan entre 20 y 23°C. La masa térmica interior que posee la construcción se considera primordial para mantener dichas condiciones térmicas y evitar el enfriamiento excesivo en los períodos de temperaturas mínimas extremas.

Como recomendación a los usuarios se propone el uso de ventilación nocturna para verano y la incorporación de protección solar en la abertura del hall.

Un aspecto importante que contenía un objetivo de este trabajo es la situación térmica de los espacios de doble altura. Como se puede apreciar en este proyecto, es factible su uso dentro de un diseño bioclimático integrado, otorgando a los arquitectos una herramienta de diseño enriquecedor espacialmente.

REFERENCIAS

- Dixit, Manis Kumar; Fernández-Solís José L., Lavy Sarel, Culp Charles (2010).
 Esteves A., Gelardi D., Oliva A. (1997). "The Shape in the Bioclimatic Architecture: The FAEP Factor"-
 Proceedings of II Conf. Teachers in Architecture, Florencia, Italia, cap. 3.12.
 Gonzalo, G. (2003). Manual de Arquitectura Bioclimática, 2° edición. Librería Técnica CP67, Buenos Aires. ISBN N° 987- 43-2618-2, 489p. INDEC (2006 – 2008). www.indec.gov.ar IPCC (2007). Fourth Assessment Report, Working Group III. Chapter 6: Residential and commercial buildings.
 Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. Energy and Buildings. Article in Press Filippín C. y Flores
 IRAM 11603 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Instituto de Normalización y Certificación. Argentina

- Larsen, S. (2009). Analysis of energy consumption patterns in multi-family housing in a moderate cold climate.
- Liu Junjie, Zhang Tengfei, Zhai Zhiqiang (2010). Considering building energy from environmental perspective Energy and Buildings 42.
- Molas L., García V., Iriarte A., Correa E. (2008). Auditoría térmica y variables de confort. Caso de una vivienda del Instituto Provincial de la Vivienda, Ciudad de Catamarca. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol.12, 05.121- 05.128.
- Ratti C., Raydan D., Steemers K. (2003). Building form and environment performance: archetypes, analysis and an arid climate. Energy and Buildings 35, 49-59.
- Ratti C., Raydan D., Steemers K. (2005). Energy consumption and urban texture. Energy and Buildings 37, 762-776.
- Verbeeck G., Hens H. (2005). Energy saving retrofitted dwellings: economically viable?. Energy and Buildings 37, 747-754

ABSTRACT:

The main objective of this work was to evaluate the thermal behavior of bioclimatic housing design features double-height space, located on the outskirts of the city of Mendoza. Results of a monitoring period are presented from which it was possible to evaluate the situation with the winter thermal building use regime. Then we proceeded to simulate housing through the Energy Plus program, with the purpose of assessing the annual thermal situation and make comparisons between actual energy consumption and showing the simulation with thermostats 21 ° C. It is noted that the design of the housing responds to efficiently since it presents a FAEP = 1.5; It has sufficient thermal mass to repay foreign situation demanded temperature range and maximum power consumption 38KW.h / m² year in the winter period. From design it is concluded that it is feasible to use within an integrated bioclimatic design, giving architects a spatially rich design tool.

Key Word: Bioclimatic design. Thermal-energy analysis. Energy audit. Thermal simulation. EnergyPlus