

AMPLIACION BIOCLIMATICA DE VIVIENDA URBANA CON TECNOLOGIA NO TRADICIONAL

Gelardi D.¹, Esteves A^{1,2}., Barea G.²

¹ Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas
DICYTV - Universidad de Mendoza

Aristides Villanueva 773 – 5500 Mendoza Argentina

Tel./Fax: 0261-4202017 – Daniel.gelardi@um.edu.ar

² Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda – INCIHUSA – CONICET
Av. Ruiz Leal s/n – 5500 Mendoza Argentina

Recibido: 13/08/12; Aceptado: 05/10/12

RESUMEN Se presentan los resultados del diseño y construcción de la ampliación de una vivienda urbana, cuyas características constructivas no son convencionales y se adaptan al ambiente ya construido. La misma se ubica en la ciudad de Mendoza, en el centro-oeste de Argentina. Posee estrategias de conservación de energía, uso de energía solar para calefaccionar e iluminar los espacios y dispone también de sistemas de enfriamiento pasivo. La misma ha sido proyectada siguiendo parámetros eco-ambientales. Se pone énfasis en los aspectos constructivos y materiales, adoptando tecnologías de bajo costo, construcción liviana, fácil montaje, modulación y racional, en función de situar el problema en lo estructural y en lo sustentable. Se presenta el balance y una simulación térmica cuyos valores demuestran que las técnicas usadas, las estrategias bioclimáticas adoptadas y los recursos dispuestos demandan además la incorporación de masa térmica para equilibrar la amplitud en que oscilan las temperaturas interiores.

PALABRAS CLAVES Arquitectura sustentable. Confort. Eficiencia energética. Masa térmica.

INTRODUCCIÓN

La situación del medio ambiente y el aprovisionamiento de energía en cantidad suficiente y sustentable, es el reto presente para cualquier sociedad. El sector de la construcción consume anualmente cerca del 43% de la energía primaria de Argentina. El 31.1% en operar los edificios: calefacción, aire acondicionado, producción de agua caliente, electricidad para artefactos, cocción, etc. (MECON, 2010). Aproximadamente un 15% se gasta anualmente en la industria para la producción de materiales que serán destinados a la construcción de los edificios nuevos que se incorporan al sector.

El diseño de los edificios tiene un impacto importante sobre los consumos energéticos, ya sea a través de la resolución constructiva y elección de los materiales o de la resolución formal de sus componentes. No obstante, es necesario promover en el ámbito profesional la iniciativa y conveniencia hacia una construcción sustentable.

“En la perspectiva de algunos años, las edificaciones remanentes del siglo XX, y las que se sigan construyendo bajo el paradigma post industrial, van a originar la mayor parte de los impactos de las ciudades”. Ganem et al., 2005. En ese sentido es necesario exponer los procedimientos y técnicas del diseño sustentable que muestren resultados que alientan a la acción colectiva.

CARACTERÍSTICAS DEL CLIMA DE LA CIUDAD DE MENDOZA

La ciudad de Mendoza está ubicada en el Centro-Oeste de la República Argentina. Para los datos climáticos se han utilizado registros de la Estación Observatorio, ubicada hacia el Oeste de la Ciudad, con coordenadas de 32°52' latitud sur, 68°51' longitud oeste y a 817 msnm. Esta pertenece al Servicio Meteorológico Nacional.

Las características climáticas promedio son: Grados Día p/T° base 18°C: 1384 [°C.día/año]; Radiación global sobre superficie horizontal: 17.9 [MJ/ m².día]; Heliofania relativa anual: 65%; Viento: alto porcentaje de calmas (sobre todo dentro de la ciudad) siendo la dirección más frecuente de viento la dirección Sur. Existe un viento muy fuerte, norte, seco, llamado Zonda, el cual es habitual que sople la mayor parte del año en altura, en los meses de agosto y setiembre baja a la superficie. En la Figura 1 para cada mes del año las Temperaturas Máximas Absolutas (TMAA), las Temperaturas Máximas Medias (TMAM), las Temperaturas Medias (TM), la Temperaturas Mínimas Medias (TMM) y las Temperaturas Mínimas Absolutas (TMA). En la Figura 2, se indican los valores de Radiación Solar Global y Radiación Solar Difusa ambas sobre superficie horizontal en MJ/ m².día.

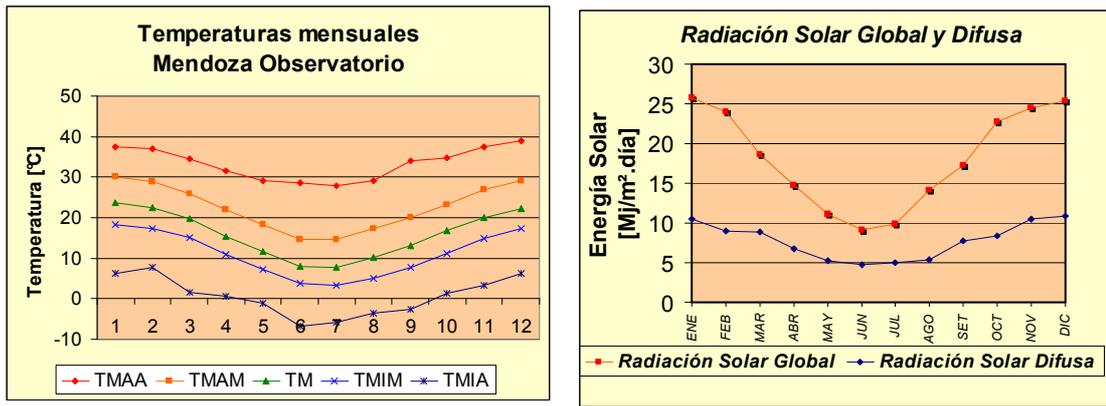


Figura 1: Temperaturas Máximas y Mínimas Absolutas Mensuales, Máxima Global y Mínima Horizontal y Precipitaciones Mensuales para

La Figura 3 muestra los valores de humedad relativa y precipitaciones mensuales. Como se puede observar, los valores son muy escasos principalmente durante el invierno, razón por la cual, la cantidad de días claros permite utilizar ganancia solar directa como sistema pasivo de calefacción. En la Figura 4 se presenta el diagrama bioclimático para la ciudad de Mendoza, en el mismo se puede observar el rango de temperaturas en relación con la zona de confort y a estrategias de calefacción y enfriamiento pasivo.

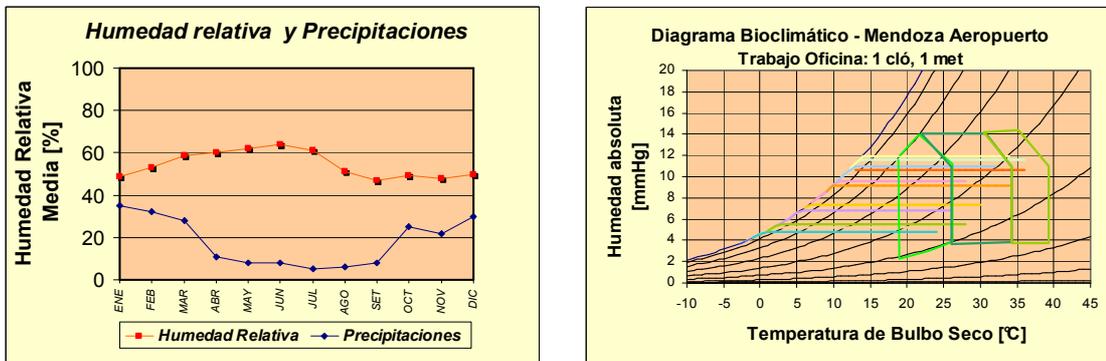


Figura 3 y 4: Precipitaciones y humedad relativa. Diagrama bioclimático para 1 cló y 1 met.

ESTUDIO DE CASO: VIVIENDA BIOCLIMÁTICA URBANA EN MENDOZA

A partir del análisis del diagrama bioclimático se pueden conocer estrategias pasivas apropiadas posibles de aplicar en esta ciudad. Los intercambios interior-externo selectivos a través de la envolvente son fundamentales debido a las necesidades cambiantes de acondicionamiento. En los meses de verano las temperaturas diurnas exteriores hace importante la prevención del ingreso de calor al interior. Sin embargo las temperaturas nocturnas son lo suficientemente bajas para poder aprovechar la estrategia de ventilación nocturna. Esta posibilidad se observa también algo restringida en la zona urbana donde debe realizarse un manejo de la ventilación mecánica.

Así mismo en invierno notamos una importante necesidad de calefacción por lo que la incorporación de sistemas de ganancia directa contribuye al mejoramiento de las condiciones de confort interior. Estos sistemas deben estar muy bien resguardados de la llegada de radiación en verano.

Las indicadores del diagrama bioclimático recomiendan estrategias que sintetizan la trascendencia relativa (no absoluta) de los valores climáticos en relación a los componentes materiales y la solución formal y constructiva. Por lo tanto, la interacción entre estas dos variables (clima – construcción), es la clave de interpretación del margen tectónico. Es decir, entre la lógica material de la envolvente selectiva y térmicamente resistiva y la lógica estructural en sentido formal y espacial.

El estudio que se presenta es acerca de carácter bioclimático que adquiere una ampliación para una vivienda existente. Un nuevo volumen de 76.5 m² en la terraza de una casa, es el resultado de necesidades de crecimiento del espacio habitable que alberga a una familia nuclear, respondiendo al natural crecimiento biológico de la misma. La vivienda se encuentra ubicada en la Calle 25 de Mayo de la Ciudad de Godoy Cruz, Mendoza, Argentina. (32.88° latitud sur, 68.85° longitud oeste y 827 m.s.n.m). El terreno tiene dimensiones muy limitadas, de 10m x 10m con solo 100 m². La plana baja de 93.45 m², deja un patio de muy reducida superficie y tiene esquina en ochava. Cuando se plantea la ampliación, la única posibilidad es construir sobre la cubierta de techo existente que a causa de los condicionantes sísmicos de la región, esta nueva construcción debe tener condiciones tales de no comprometer la estructura existente. En la Figura 5 se presenta la planta de la vivienda y su relación con el terreno.

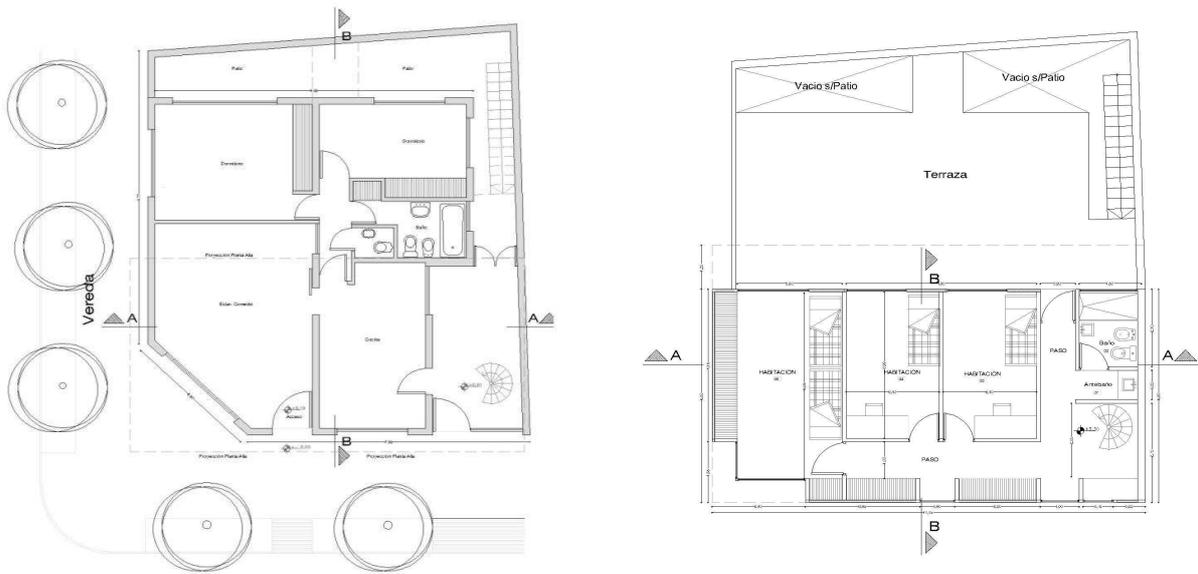


Figura 5: planta de vivienda existente y de la ampliación bioclimática en planta alta

Una geometría regular de 10.6 m de largo por 7.00 m de ancho es la base de la planta orientando el lado mayor en sentido Norte - Sur. En esa superficie se han construido 3 dormitorios en línea, orientados al Norte; y un núcleo en el extremo Este que incorpora una escalera tipo caracol y el baño.

La construcción existente tiene las siguientes características: estructura de H°A°, mampostería de ladrillo hueco revocado el ambos lados y cubierta de losa maciza de H°A°.

Según las características descriptas y las posibilidades del emplazamiento, el proyecto de ampliación se resuelve por medio de la tecnología de estructura de acero que consta de dos sistemas ensamblados. El sistema estructural de resistencia mecánica y el sistema de cerramiento perimetral como envolvente de resistencia térmica según las temperaturas y selectiva, según la radiación solar en el ciclo anual.

La estructura está conformada por vigas de 2 perfiles C de 140mm y columnas de caño estructural de 100 x 50 mm de 2mm de espesor. Según cálculo estructural y verificación sísmica aceptada, el diseño estructural es resuelto por un sistema de 2 vigas reticuladas de 2,40m de alto, ubicadas en los dos lados mayores de un rectángulo de 10 x 5 metros. La separación entre ambos se completa con correas de perfiles C de 120mm c/50mm.

La solución de anclaje de esta caja es por medio de dos UPN de 120mm empotrados a la estructura de H° A° existente. El cerramiento es un sistema entramado de elementos de acero unidos por soldadura eléctrica el cual consiste en:

a. La cara exterior, es un entramado de chapa de acero lisa N° 14; moduladas y empalmadas entre sí en sus 4 aristas a través de un perfil L de 1/8" puesto en V aprovechando el material y evitando desperdicios (ver detalle). Esta trama está anclada a parantes verticales de caño estructural de 50 x 50mm separados cada 90mm que permite el montaje de los ángulos L de 5/8 unidos por soldadura.

b. El alma es el sistema de conservación de energía. Consta de una capa aislante de espuma de poliuretano expandido proyectado por soplete con un espesor de 2" ½. Este material y su particular aplicación, garantiza cubrir toda la superficie de chapa otorgándole reducción de la transmitancia térmica. El valor de Conductancia térmica K es de 0,52 W/ m².

c. La cara interior, está resuelta por placas de roca de yeso moduladas según los parantes verticales del sistema con el fin de servir para ambos lados.

La pared Oeste se refuerza con lana de vidrio y con chapa acanalada de aluminio anodizada por el interior conductancia térmica es de 0,49 W/ m².

La figura 6 muestra la expresión de la nueva edificación respondiendo a la lógica constructiva según el detalle del sistema descripto.



Figura 6: Vista de la fachada Sur y Sur Oeste de la ampliación

La cubierta se resolvió con chapa acanalada de aluminio anodizado al exterior, doble manta de lana de vidrio de 50mm, (total 100mm), membrana poliestireno de 150 micrones como barrera de vapor y chapa acanalada de aluminio anodizado como cielorraso, terminación interior. La transmitancia térmica es de $0,39W/m^2$.

La carpintería se resolvió con los mismos materiales que se usan en la estructura y cerramientos. De esta manera se diseñaron puertas ventanas con caño estructural y ángulos de 5/8 como bastidores y contravidrios para alojar DVH de 3 + 10 + 5. Es importante destacar que la casa se encuentra enclavada en zona de excesivo ruido ambiental (70 dB en horas pico) por lo que la conformación del DVH responde a la reducción de ruido además de la menor transmitancia térmica. Se trató especialmente la reducción de infiltraciones por las aberturas a través de burletes y dobles contacto.

La estrategia para el acondicionamiento en invierno es un sistema de ganancia directa por medio de ventanales en cada dormitorio, orientados al norte. La temperatura interior diurna se ve favorecida por el ingreso de radiación solar a través de la Ganancia Directa.

La estrategia de verano es ventilación convectiva nocturna y protección solar por medio de aleros exteriores. La figura 7 muestra la disposición de las aberturas para permitir una efectiva ventilación de los recintos. Las brisas dominantes circulan de Sur a Norte.

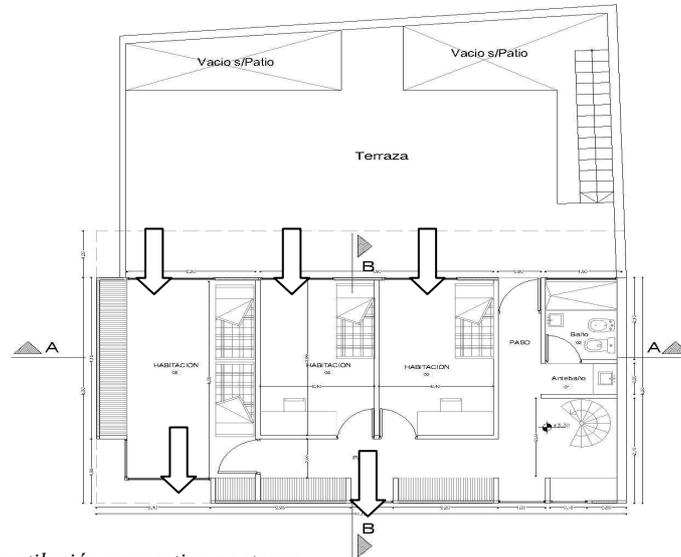


Figura 7 Esquema ventilación convectiva nocturna.

La conservación de energía se logra a través de la incorporación de aislación a muros y techos, la protección de los elementos vidriados con dobles vidrios y cortinas, y la reducción de infiltraciones por las aberturas. Las mismas son practicables de doble vidrio con doble contacto y burletes.

En la figura 8 se presenta la imagen exterior de la ampliación donde se pueden observar la modulación del cerramiento para aprovechar el material, las aberturas vidriadas y las superficies protección de ventanas. En la Figura 8 a la derecha la imagen corresponde al espacio interior de la vivienda en donde se puede observar la ventanas, el material de revestimiento el cielorraso.



Figura 8. Vistas de la fachada Oeste de la ampliación y vista pasillo del interior

Estudio térmico

Se realizaron mediciones de temperatura y humedad relativa de la situación interior utilizando sensores HOBO.

La figura 9 muestra los valores de temperatura para el dormitorio de los niños en la planta alta (construcción nueva) y para el estar-comedor, ubicado en la planta baja. Como se puede apreciar, la construcción nueva genera temperaturas interiores más elevadas durante el día y valores de temperatura cercanas a la mínima existente en la planta baja. Se observa una elevada amplitud térmica, producto del sistema constructivo liviano para cumplir con los requerimientos sismo-resistentes de la parte ya construida. Los resultados del balance térmico indican un Coeficiente Neto de Pérdidas de 338 W/K, un consumo de gas anual de 745 m³, una fracción de ahorro solar del 45.5% y sistema de ganancia directa con doble vidriado hermético. Es de mencionar que la ampliación sufre el efecto de sombras arrojadas desde la arboleda contigua y de la presencia de un edificio de 7 pisos, del otro lado de la calle hacia el oeste, que contribuye con una significativa sombra que reduce la fracción de ahorro solar lograda. Razón por la cual, los consumos reales son algo mayores (cercano a 1000 m³) que el consumo indicado por el balance térmico.

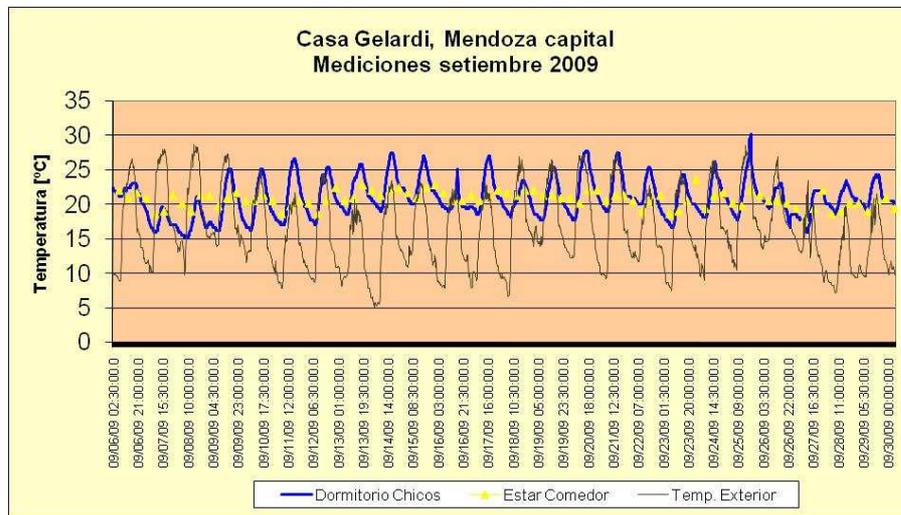


Figura 9. Temperaturas medidas en la vivienda. Dorm. niños (ampliación bioclimática), estar comedor (vivienda existente).

Los consumos bimestrales de gas natural se indican en la Figura 10. En ella aparecen los consumos sólo de calefacción producidos por el uso de la vivienda desde 2004 a 2011. El primer período va de 2004 a 2006 en que figura el consumo de la vivienda existente de 93,4 m² de superficie cubierta. El segundo período de 2008 a 2011 corresponde al consumo de calefacción de la casa incluida la ampliación de 169,9 m².

Se puede observar que luego de la ampliación realizada en 2006, el consumo aumenta dado el aumento de la superficie cubierta a calefaccionar. Sin embargo, si se realiza el cálculo del consumo específico (dividido la superficie cubierta), los valores se reducen de 217 m³/m² para la vivienda existente a 183 m³/m² para la vivienda completa.

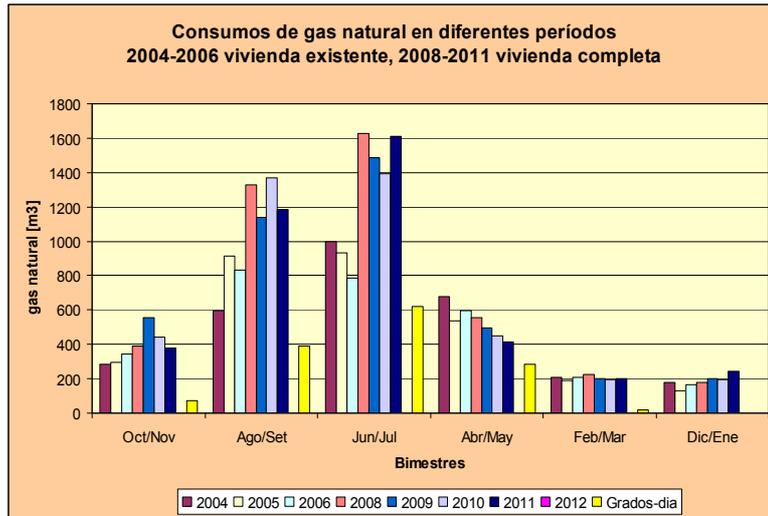


Figura 10: consumos bimestrales en distintos años y grados-día de calefacción.

SIMULACIÓN TÉRMICA

En función de las temperaturas medidas en uno de los dormitorios de la ampliación, se observa una amplitud térmica considerable entre 9 y 10°C entre el día y la noche. Esto es debido a la falta de masa térmica, ya que la construcción es liviana.

Por esta razón se deberá realizar un ajuste al proyecto, el cual que dependerá de las características materiales que la conforman. Según las circunstancias analizadas, se propone incorporar masa térmica en los diferentes espacios con el fin de lograr bajar la amplitud térmica por medio de acumulación de la energía.

Para tal fin, se realizó una Simulación con software Energy-Plus versión 7.0. Este programa de simulación térmica y energética de edificios desarrollado por DOE (Department of Energy, Estados Unidos: 2011), que trabaja en régimen dinámico, permite interrelacionar las prestaciones de los sistemas energéticos con las características de la envolvente del edificio. Calculando las cargas térmicas del edificio por método de balance de calor en las sup. exteriores e interiores y la conducción de calor transitoria en el espacio, con las variables climáticas medidas en el período seleccionado. (Ellis, et. al. 2008)

El ingreso de los datos geométricos de la casa, se realizó por medio de Open Studio, Plug-in for Google SketchUp. Este programa permite crear y editar la geometría del edificio, en los archivos de entrada de EnergyPlus.

Con las variables climáticas medidas, se conformó el archivo de clima necesario para simular el modelo físico en EnergyPlus. Los datos meteorológicos mínimos requeridos fueron: Radiación Global sobre superficie horizontal, Radiación difusa sobre superficie horizontal, Radiación directa perpendicular al haz, temperatura de bulbo seco exterior, humedad relativa exterior, velocidad y dirección de viento. La radiación directa perpendicular al haz y difusa sobre plano horizontal, se calcularon por medio de un módulo de cálculo anexo al SIMEDIF (Flores, et al 2000), ingresando la radiación global sobre superficie horizontal y los datos geográficos del lugar. Se seleccionaron 7 días 20/09/2009 al 27/09/2009, para comparar las mediciones in situ con las temperaturas simuladas. La Figura 11 muestra el ajuste de temperaturas comparando con las mediciones obtenidas en el estar comedor en Planta Baja.

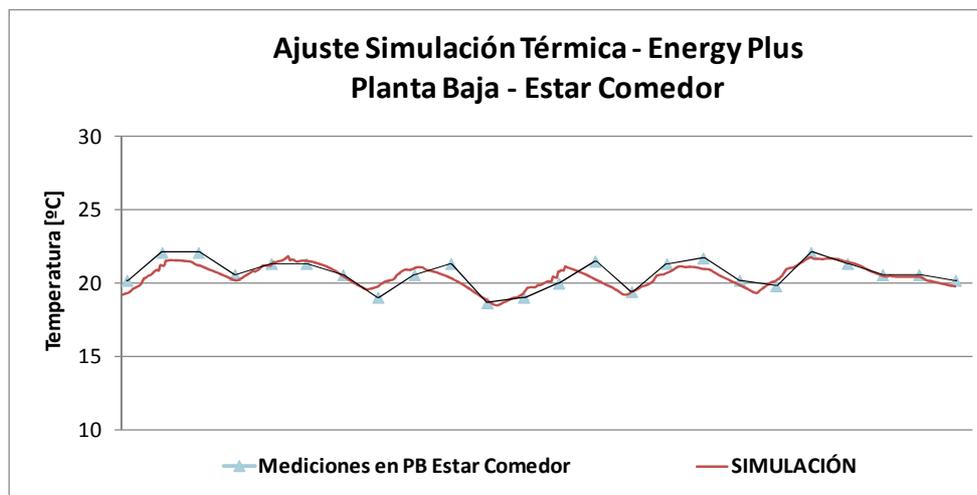


Figura 11. Ajuste temperaturas de Planta Baja para simulación térmica.

La figura 12 muestra el ajuste correspondiente a la Planta Alta. Las diferencias un poco marcadas en los horarios nocturnos es debido a que no se han considerado las variables de uso, debido que para este estudio la curva obtenida es muy relevante la recta a 45° donde se obtiene un 85% de índice de determinación.

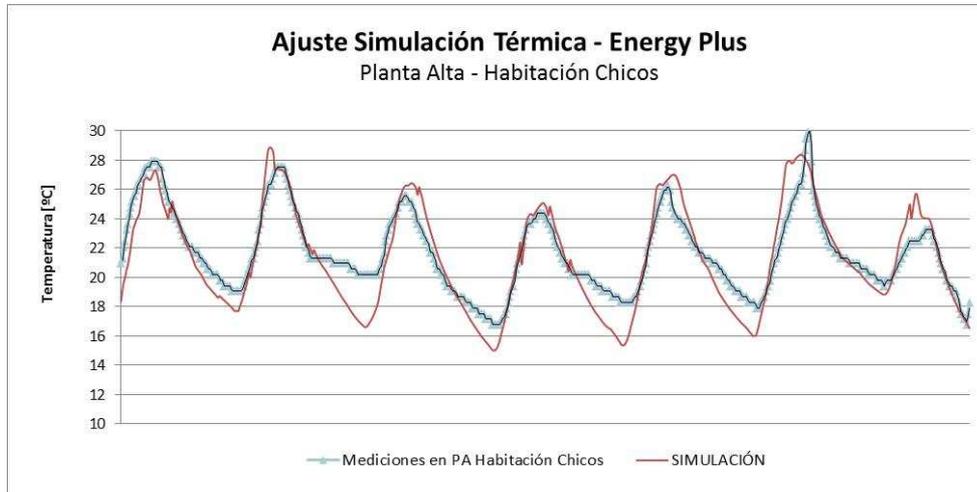


Figura 12 Ajuste de simulación para temperaturas registradas en Planta Alta.

SIMULACIÓN INCORPORANDO MURO DE AGUA A LA CONSTRUCCIÓN LIVIANA EN PLANTA ALTA

Una vez validado el modelo físico, se incorporó masa térmica, muro de agua, en una de las habitaciones de la Planta Alta (Habitación Nor-Oeste). Las propiedades del muro de Agua ingresadas fueron: Conductividad Térmica= 0.58 w/m.K

Calor Específico = 4186 J/kg K

Densidad = 1000 kg/ m³

Las dimensiones del muro de agua incorporado fue de 5m² (2m x 2.50m). La Figura 12 muestra las diferencias de amplitud térmica, comparando el local sin masa térmica y con masa térmica.

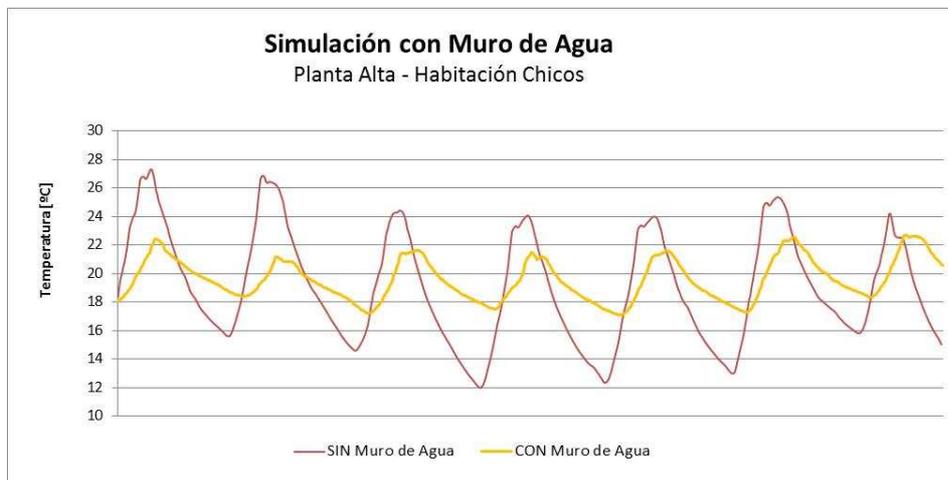


Figura 12 Comparación del comportamiento térmico en la construcción liviana. Período entre 20/09/2009 al 27/09/2009. Incorporación de masa térmica (muro de agua).

3. CONCLUSIONES

En consideración a las limitaciones espaciales y estructurales, se ha aplicado el conocimiento de tecnologías y técnicas actuales altamente pragmáticas, para ampliar la vivienda en un 50% de su superficie. Por medio del desarrollo de un proyecto energéticamente eficiente y medioambientalmente conscientes se mejora la calidad espacial aprovechando las ventajas y las potencialidades de la técnica asumida y de las condiciones materiales y ambientales dadas.

La posición relativa del volumen y la adecuada orientación Norte, junto con las características de la envolvente con superficies vidriadas de ganancia, protección solar y conservación de energía, contribuyen al mejoramiento del comportamiento térmico de la vivienda.

Estas soluciones prácticas en términos de flexibilidad y adaptabilidad otorgan beneficios para el acondicionamiento térmico y lumínico, además de seguridad y control al usuario. Además de la ampliación del espacio interior, se logró incorporar una terraza amplia como expansión favoreciendo los usos y posibilitando un mejor comportamiento térmico de los espacios interiores y exteriores.

Las estrategias bioclimáticas adoptadas permiten conseguir en días claros confort natural durante los meses de temperaturas frías. Durante los meses cálidos, la construcción presenta una amplitud térmica considerable. El motivo de este fenómeno es la falta de masa térmica, consecuente al sistema constructivo adoptado.

El análisis realizado a través de la metodología usada, arroja resultados que demuestran un comportamiento irregular de las temperaturas durante el verano para mantener confort de manera pasiva. A partir de esta conclusión se infiere que acomodar las condiciones exige incorporar masa térmica. No obstante, la situación estructural y material así no lo recomendaba. Por estas razones se probará incorporar agua, con el objeto de aportar masa térmica en el interior, sin comprometer la estructura portante del edificio existente y sin tener que modificar lo construido. En tal sentido, se ha hecho un estudio de simulación térmica para demostrar que una vía de solución es incorporar cierta cantidad de masa aportada en agua en contenedores apropiados.

A Pesar de las reducidas dimensiones de esta obra, las limitaciones económicas y técnicas, los objetivos propuestos de carácter sustentable y de conciencia ambiental hacen posible que la expresión de la lógica y el modo constructivo refuerce la capacidad de la arquitectura de manifestar sintéticamente los problemas que implican la construcción y su uso.

En términos arquitectónicos, la contención formal y la expresividad técnica que la construcción obliga, reforzando los valores constructivos y materiales, el reconocimiento del contexto, la atención a la escala y el cuidado de los detalles; serán las referencias determinantes para el modo constructivo que represente la solución de incorporar el material necesario sin que afecte tanto a la estructura resistente existente así como la calidad espacial interior de los ámbitos en cuestión.

4. REFERENCIAS

- Ganem, C. 2005. Tesis doctoral
- Gelardi D., Esteves A. 2004. Gelardi, D; Esteves, A; "Procedimientos Proyectuales para una Arquitectura Sustentable en la Docencia de Grado". 1ª Encuentro Regional de Investigación Proyectual. XIX Jornadas de Investigación SI + PRO FADU UBA. Univer. De Buenos Aires. Noviembre de 2004.
- Universidad Nacional de Salta – UNSa (2000): Programa de simulación "SIMEDIF para Windows" Autores: Flores Larsen, Lesino, Saravia y Alía de Saravia (1984).
- Department of Energy (2011). Building Energy software Tools Directory. En: http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/
- Ellis, P.G.; Torcellini, P.A.; Crawley, D. (2008). Simulation of Energy Management Systems in EnergyPlus. NREL/CP-550-41482. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory (NREL). 12 pp.
- Ellis, P.G.; Torcellini, P.A.; Crawley, D.B. (2008). Energy Design Plugin: An EnergyPlus Plugin for Sketchup; Preprint. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. 11 pp.

ABSTRACT

The results of the design and construction of urban housing's enlarge it is presented. Its characteristics are not conventional energy efficient technology and it is adapted to the built environment. It is located in the city of Mendoza, in the Center-West of Argentina. It has strategies for the energy conservation, solar energy use to heating and lighting spaces and also provides passive cooling system. It has been designed following eco-environmental parameters such as architectural purposes. Emphasis is placed on the ability to express its constructive meaning and material, adapting technologies of low-cost, lightweight, easy assembly, modulation and rational in function to see the problem of the structural and sustainable building. The energy balance and thermal simulation it is presented. The values show that the used techniques, bioclimatic strategies adopted indicates the incorporation of more thermal mass to balance the extent in which range the indoor temperatures.

Key words: sustainable architecture. Comfort. Energy efficiency. Thermal mass.