



VALORACIÓN DE LAS POSIBILIDADES ENERGÉTICAS DE LOS EDIFICIOS La relación envolvente – orientación.

Gustavo Barea¹, Carolina Ganem² y Alfredo Esteves³

¹Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda
Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCHUSA– CONICET)
C.C. 131. C.P. 5500, Mendoza, Argentina Tel. (0261) 5244309, Fax. (0261) 5244001
E-mail: gbarea@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN

El objetivo del trabajo es valorar las posibilidades energéticas de los edificios en relación con la envolvente expuesta y su orientación. El estudio de estas variables se integran a un esfuerzo mayor en el que se busca obtener información objetiva de las relaciones entre las variables intervinientes en la producción arquitectónica con la intención de clasificarlas en el marco de la certificación energética. Se utiliza el método de la Relación Carga Térmica / Colector (RCC). Se tomó como unidad de análisis una vivienda tipo dúplex perteneciente a un conjunto habitacional en altura ubicado en el área metropolitana de del Gran Mendoza. Se compararon envolventes tradicionales y envolventes mejoradas para cuatro casos de estudio cuyas valoraciones están en la cantidad de envolvente expuesta respecto de la orientación Norte o Sur. Se concluye en la definición de un sistema que permite la comparación válida entre casos para un mismo clima y un mismo sistema de calentamiento pasivo (ganancia directa).

Palabras Clave: envolvente, orientación, ganancia directa, consumo de energía, comparación de casos

INTRODUCCIÓN

Si bien el ser humano se adapta a distintos hábitat, su bienestar y su máxima energía solo pueden desarrollarse en condiciones estrictamente limitadas. (Huntindong, 1927). Esas condiciones óptimas para el progreso humano tienen que ver con parámetros y factores diversos. El ser humano lucha por conseguir el equilibrio biológico, buscando llegar al punto justo de adaptación a su entorno para liberar la menor carga de su energía y utilizar la misma en la productividad. Las condiciones bajo las cuales consigue este objetivo se definen como zona de confort. (Olgay, 1998)

En la actualidad el usuario se encuentra con la insatisfacción de sus necesidades de confort por parte del parque edilicio. Estos usuarios, cuando reciben una obra de manos de un profesional, deben poner en marcha una serie de procesos para adaptar dicha arquitectura a sus necesidades de confort térmico, incorporando espontáneamente mecanismos que le otorguen mayor control en relación con los intercambios con el medio exterior. La mayoría de las veces estas adaptaciones generan una mayor utilización de energías convencionales no-renovables a partir de artefactos de gran disponibilidad y promoción en el mercado actual. (Ganem et al, 2005) Para conseguir tal confort, la sociedad contemporánea necesita un alto consumo energético, por lo tanto el desafío es buscar el desarrollo sostenible manteniendo el nivel de actividad, de transformación y de progreso, pero ajustando las necesidades a los recursos existentes y evitando el derroche energético. (Olgay, 1998)

A nivel local, si se toman como referencias los resultados de investigaciones realizadas por la Universidad Nacional de Cuyo (Barón et al, 2004), la energía utilizada por los edificios para su construcción y operación resulta del 43.5% del total de la Argentina. Si no se toman medidas que incentiven el ahorro energético y el aprovechamiento de las energías renovables, dicho porcentaje es posible que continúe incrementándose debido a la baja en los precios de los equipos de acondicionamiento mecánico y a los costos todavía accesibles de la energía (alrededor de USD 0.05 por kWh.)

En el 2007 la Agencia Internacional de la Energía (IEA) recomendó a los líderes del G8 que se adoptaran una serie de medidas de eficiencia energética. Las mismas se clasificaron de acuerdo a los siguientes rubros: edificios, equipamiento, iluminación, transporte e industria. Estas disposiciones están dirigidas a mejoras muy ambiciosas de eficiencia energética en la escala global que pueden llegar a ahorros importantes de CO₂. La IEA estima que, si las medidas son implementadas a escala global, los ahorros estarán entre 4400 y 6800 MtCO₂/año para el 2030. (Esta cantidad es equivalente a las emisiones totales de EEUU durante el año 2004). En relación con los edificios las medidas se centran en tres aspectos fundamentales: (1) Códigos edilicios para edificios nuevos, (2) Viviendas pasivas y edificios energéticamente eficientes y (3) Edificios

¹ Arquitecto – Becario ANPCYT

² Doctora Arquitecta – Investigadora Asistente CONICET

³ Ingeniero Industrial – Investigador Independiente CONICET

existentes. (Ellis, 2008) La IEA hace hincapié en la necesidad de recolectar sistemáticamente información acerca de las posibilidades de eficiencia energética de tipologías edilicias representativas y de los obstáculos que “resisten” o demoran su aplicación masiva. Se sugiere la elaboración de indicadores estándar que permitan una comparación válida entre diversas variables como lo son la morfología, la materialización y la orientación en el marco de un clima y una economía.

Otro de los fundamentos relevantes por los cuales es importante estudiar las posibilidades energéticas de los edificios actuales, además de la disminución del gasto energético y el logro de proyectar con la naturaleza de un modo ambientalmente responsable, es establecer conceptos que en un futuro tenderán a la certificación energética. (Martínez et al, 2006) La certificación energética se define como la descripción de las características energéticas de los edificios que aporta información acerca de las posibilidades reales actuales y futuras (mediante la propuesta de opciones de mejora) a los usuarios interesados del sector edilicio. Esto favorecerá una mayor transparencia en el mercado inmobiliario y facilitará la priorización de beneficios crediticios hacia un menor consumo de energía primaria y por lo tanto menores emisiones de CO₂ atendiendo a mejorar la calidad de vida de nuestras ciudades.

Uno de los principales componentes arquitectónicos que incide en el comportamiento ambiental del edificio es la envolvente. La envolvente puede definirse como un límite dinámico y selectivo entre el interior y el exterior, en el que pueden ser concebidas las principales estrategias pasivas y expresivas. En la Arquitectura Sostenible el nexo entre el comportamiento del edificio y el diseño de la envolvente es crítico. De cualquier piel bien construida se espera que mantenga fuera el viento, la humedad y la lluvia; que permita el ingreso de la luz y del aire; que conserve el calor y que provea de seguridad y de privacidad. En un edificio sostenible también se espera que regule los efectos del clima sobre el sistema energético, que colecte y almacene el calor, que redirija la luz, que controle el movimiento del aire y que genere energía. (Ganem, 2006)

El objetivo del trabajo es valorar las posibilidades energéticas de los edificios en relación con la envolvente expuesta y su orientación. Estas variables se integran a un esfuerzo mayor en el que se busca obtener información objetiva de las relaciones entre las variables intervinientes en la producción arquitectónica con la intención de clasificarlas en el marco de la certificación energética. (ANPCYT – PICT 2006-1963)

METODOLOGÍA

Para valorar las posibilidades energéticas de los edificios en relación con la cantidad de envolvente expuesta y su orientación en invierno se utiliza el método de la Relación Carga Térmica / Colector (R.C.C.) (Balcomb et al., 1982). Este método permite el cálculo del rendimiento de los sistemas solares pasivos. El mismo tiene en cuenta la relación existente entre las pérdidas de calor evaluadas a través del Coeficiente Neto de Pérdidas (C.N.P.) y la ganancia solar, medida a través del área colectora (A.C). Esta relación responde a un valor dado para cada sistema solar (ganancia directa, muros acumuladores, invernaderos, etc.) y para cada localidad. De tal modo que en un lugar determinado, a través del clima reinante (radiación solar y grados-día), para cada valor de Fracción de Ahorro Solar (F.A.S.), le corresponde un valor de la relación R.C.C. para cada sistema solar.

Se definen en el método las siguientes figuras:

Coeficiente Neto de Pérdidas (C.N.P.) del edificio que indica la cantidad de energía que se debe entregar al edificio por cada grado centígrado de diferencia entre la temperatura interior y la temperatura exterior de ese lugar por unidad de tiempo, en el sistema internacional de unidades sus dimensiones son [W/°C]. Es una figura importante para conocer las pérdidas térmicas del edificio.

Área Colectora (A.C.) es la cantidad de superficie potencialmente colectora de energía solar, que a través de un sistema pasivo apropiado (ganancia directa, muro acumulador, invernadero, etc.), permite la ganancia y/o acumulación de energía en el mismo.

Fracción de Ahorro Solar (F.A.S.) es la cantidad de energía solar que aprovecha el edificio y que se mide en porcentaje respecto de la cantidad de energía total que necesita consumir para mantener el interior a una temperatura constante. Se calcula en términos anuales.

Relación Carga Térmica/Colector (R.C.C.) es la resultante de dividir el Coeficiente Neto de Pérdidas (C.N.P.) por el área colectora (A.C.) del edificio, en virtud de la siguiente ecuación:

$$R.C.C. = \frac{C.N.P.}{A.C.} = \quad [W/m^2 \cdot ^\circ C] \quad [1]$$

El C.N.P., tiene en cuenta las pérdidas de energía a través de techos, muros, ventanas, puertas, infiltración de aire y fundaciones y se calcula como la suma de la multiplicación del área por la conductancia térmica de cada uno de estos elementos de la envolvente. En el método, el autor propone no considerar la pérdida por las ventanas orientadas al norte, ni considerar las ventanas orientadas al este ni al oeste. Las pérdidas por las ventanas norte se encuentran consideradas en el mismo rendimiento del sistema solar y las pérdidas por las ventanas este y oeste, se considera que pierden tanto como ganan (en los meses invernales), entonces en el balance estacionario, es como si no aportaran ni perdieran calor.

De esta manera, se puede calcular el C.N.P. y contando con el A.C. - área colectora del sistema solar-, podemos calcular la RCC, de acuerdo a la ecuación [1]. Una vez calculada ésta, podemos conocer la Fracción de Ahorro Solar, conociendo el Sistema Solar Pasivo a incorporar al edificio. (Esteves et al. 2002) En este trabajo sólo se analizan casos cuyo sistema solar es la ganancia directa.

CASOS DE ESTUDIO

Se tomó como unidad de análisis una vivienda tipo dúplex perteneciente a un conjunto habitacional en altura. El mismo se analiza ubicado en el área metropolitana del Gran Mendoza. Ver Figuras 1 a 3.



Figuras 1, 2 y 3: Fachada, núcleo de circulación vertical y corte axonómico

La ciudad de Mendoza, ($32^{\circ} 40'$ latitud sur, $68^{\circ} 51'$ longitud oeste y 827 m.s.n.m.), presenta un clima templado continental. La necesidad anual de calefacción en Grados-Día (base 18°C) es de 1384°C día/año. Las temperaturas absolutas varían entre -6°C en Invierno y 37°C en verano, con variaciones diarias de aproximadamente 10 a 20°C . En la Figura 4 se presenta el diagrama psicrométrico para Mendoza. Como se puede observar, las temperaturas en invierno se encuentran fuera de la zona de confort. Las estrategias recomendadas para estos casos son la inercia térmica y la ganancia solar pasiva. (Givoni, 1998).

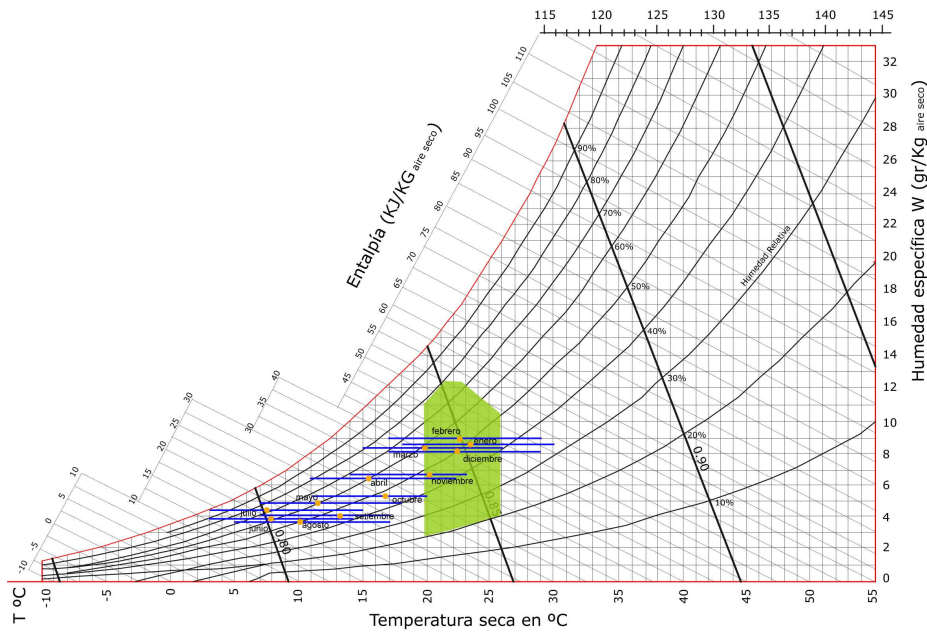


Figura 4: Diagrama psicrométrico para Mendoza. Zona de confort: aproximadamente entre 20°C y 26°C y 20 y 80% de HR.

La envolvente expuesta se analiza de acuerdo con su materialización tradicional. Se definen:

- Elementos transparentes: 30% del total de envolvente expuesta (simple vidrio claro con carpintería de aluminio y cortina interior, sin protección nocturna, transmitancia térmica $K = 4.6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$)
- Elementos opacos livianos: 10% del total de envolvente expuesta (Puerta placa de madera $K = 2.2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) y,
- Elementos opacos macizos 60% del total de envolvente expuesta (ladrillo macizo de 0.20m de espesor, revocado en ambas caras, $K = 2.54 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (Ver Figura 5)

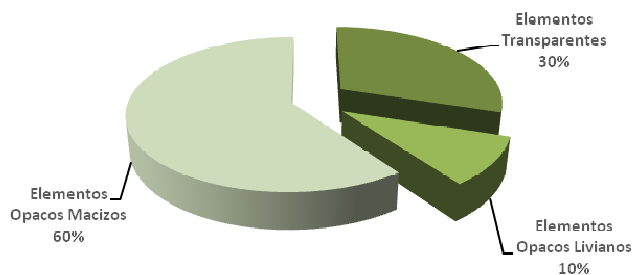
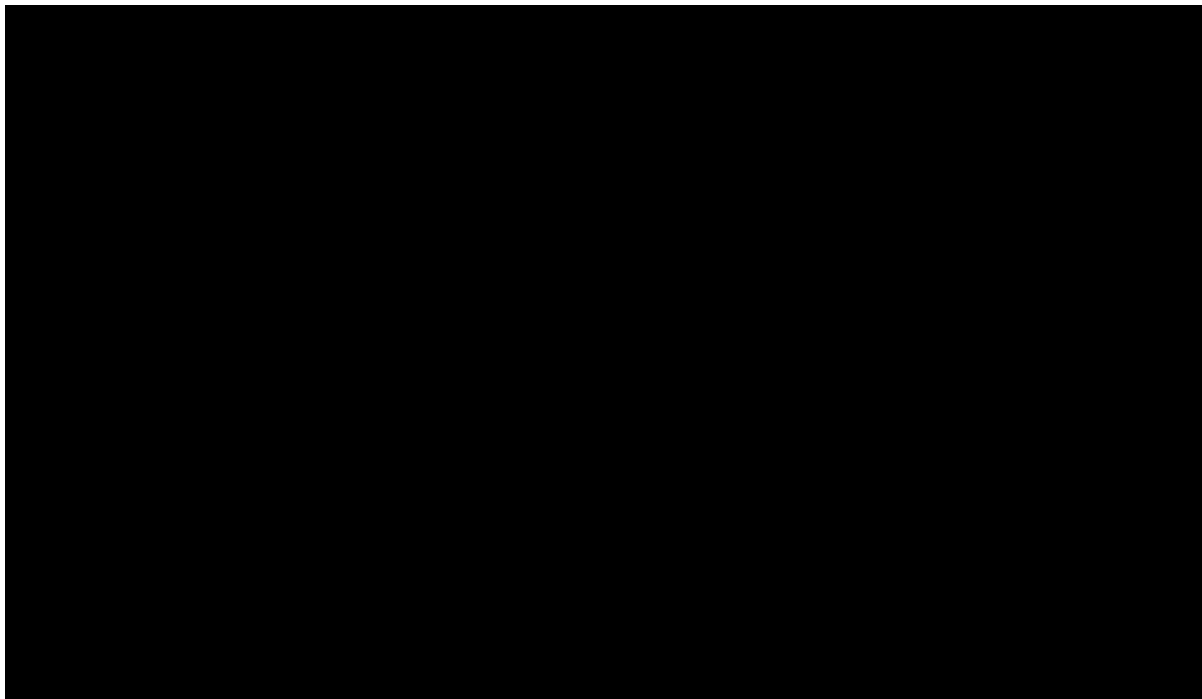


Figura 5. Proporción de los distintos elementos de la envolvente expuesta.

Se derivan 4 casos de estudio, según la orientación y la cantidad de superficie de la envolvente expuesta. Los mismos se describen en la Tabla 1.

Tabla 1: Descripción de las características de los cuatro casos de estudio.



RESULTADOS

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del método de la Relación Carga Térmica / Colector (R.C.C.) para los cuatro casos estudiados con una envolvente tradicional se observan en la Tabla 2 y en la Figura 6.

Tabla 2: Resultados obtenidos para los cuatro casos de estudio con envolvente tradicional.

Casos	Coef. Neto Pérdidas [W/°C]	Área Colectora [m ²]	Frac. Ahorro Solar [porcentaje]	Rel. Carga Térm./ Colector [W/ m ² .°C]	Calor Auxiliar [Kwh/ año]	Factor G
Caso 1	112.37	5.5	18.17%	20.43	3593.36	0.70
Caso 2	137.76	0	0.00%	13776.32	5383.21	0.70
Caso 3	170.50	16.7	30.26%	10.21	4646.64	1.20
Caso 4	247.32	0	0.00%	24732.45	9664.76	1.20

El C.N.P. es una figura importante para conocer las pérdidas térmicas del edificio. Si comparamos los casos estudiados observamos que el CNP es una figura ascendente relacionada por un lado con la cantidad de envolvente expuesta (se recuerda que la misma no está aislada y que el volumen del duplex y la superficie de pisos es equivalente en todos los casos). Ejemplo de esta situación son los casos 1 y 3 (ambos orientados al Norte) en los que la superficie expuesta pasa de un área de 18 m² a 55.66 m². Por consiguiente el C.N.P. varía de 112.37 W/°C a 170.5 W/°C. Cuando se analiza lo que sucede con los casos orientados al Sur las figuras se incrementan a 137.76 W/°C para una superficie expuesta de 18m² (caso 2) y 247.32 W/°C para el caso 4 con un área de envolvente expuesta de 55.66 m². De acuerdo con el C.N.P., los casos están ordenados en forma ascendente según su designación, siendo el caso con mayor pérdida el N°4. Sin embargo esta valoración no se mantiene si observamos los consumos de calor auxiliar necesarios por lo que no resulta un parámetro válido para la comparación de casos.

Otra de las figuras a analizar es la Fracción de Ahorro Solar. Debido a que este porcentaje está referido a la cantidad de energía total que se necesita consumir para mantener el interior a una temperatura constante y, siendo la cantidad de energía total variable, debido a que se trata de casos con distintos C.N.P., la F.A.S. tampoco es una figura objetiva para la comparación entre casos. Tal es el hecho de que el Caso 3 con un F.A.S. de 30.26% consume más de 1000 Kwh/año por sobre el consumo del caso 1 con un F.A.S. mucho menor de 18.17%.

Si bien los parámetros analizados son válidos para la comparación de distintas posibilidades de materialización de la envolvente en el marco de un mismo caso, los mismos no son válidos para la comparación entre casos. El único parámetro de comparación válido obtenido mediante el método aplicado es el consumo de energía auxiliar en Kwh/año que privilegia el

caso con orientación Norte, menor C.N.P. y menor relación área colectora/superficie de piso (Caso 1) en detrimento del que posee una mayor relación de área colectora/superficie de piso y mayor C.N.P. (Caso 3). Entre los casos 2 y 4 que no poseen FAS (por estar orientados al Sur) el caso que presenta un mayor consumo es el que tiene una mayor cantidad de envolvente expuesta y por ende un mayor C.N.P. (Caso 4).

En una segunda instancia de análisis, se incorporan medidas de eficiencia energética para valorar las posibilidades de mejora de la envolvente: doble vidrio con carpintería de aluminio con ruptura de puente térmico, doble contacto, y burletes, cortina interior y protección nocturna ($K=2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) y muros de ladrillón con 0.05 m de poliuretano inyectado en la cara exterior con malla de acero y revoque ($K=0.64 \text{ W/m}^2 \text{ K}$). Ver los resultados obtenidos para los cuatro casos con la envolvente mejorada en Tabla 3 y Figura 7.

Tabla 3: Resultados obtenidos para los cuatro casos de estudio con envolvente mejorada.

Casos	Coef. Neto Pérdidas [W/°C]	Área Colectora [m ²]	Frac. Ahorro Solar [porcentaje]	Rel. Carga Térm./ Colector [W/ m ² .°C]	Calor Auxiliar [Kwh/año]	Factor G
Caso 1	100.00	5.5	52.37%	16.78	1717.38	0.50
Caso 2	103.31	0	0.00%	10330.92	4036.74	0.50
Caso 3	107.06	16.7	84.05%	6.41	667.36	0.70
Caso 4	140.46	0	0.00%	14046.35	5488.74	0.70

Cuando la envolvente mejora sus características conservativas, la F.A.S. incrementa su rendimiento debido a la notable disminución del C.N.P. Podemos observar que el caso 3 (con una mayor relación de área colectora/superficie de piso de 22.09%) presenta un menor consumo que el caso 1 (con una menor relación de área colectora/superficie de piso de 7.30%). Estos resultados son inversos a los obtenidos sin la mejora de la envolvente en el que el caso 1 presentaba menor consumo de energía auxiliar debido a su mayor compacidad y por ende menor superficie de pérdida.

En las Figuras 6 y 7 se comparan para cada caso la envolvente tradicional y la envolvente mejorada en relación con su balance energético (energía pasiva, energía auxiliar y la sumatoria de ambas: la energía total requerida para mantener cada duplex en una temperatura constante dentro del rango de confort).

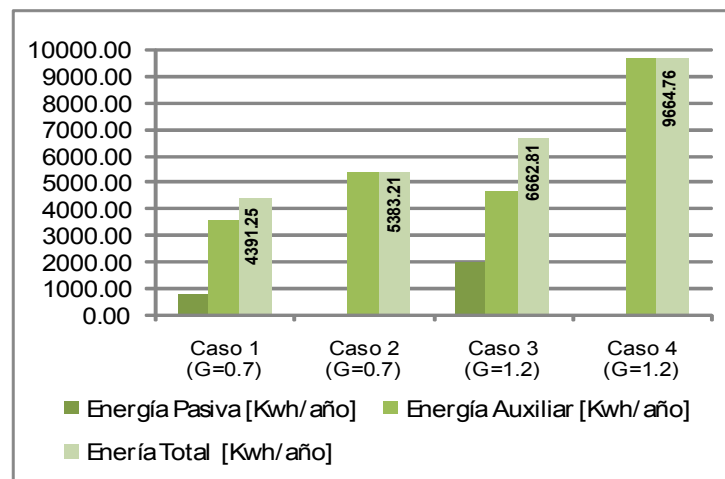


Figura 6. Balance energético de cada caso. Envolvente tradicional.

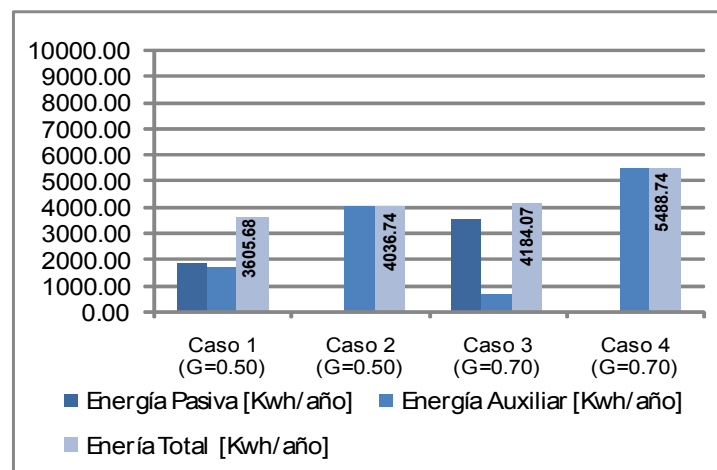


Figura 7. Balance energético de cada caso. Envolvente mejorada.

Nótese en la Figura 7 (envolvente mejorada) que pese a que el consumo total de energía es superior en el caso 3 (4184.07 Kwh/año) respecto del caso 1 (3605.68 Kwh/año), la ganancia de energía pasiva (relacionada con una mayor relación de área colectora/superficie de piso) es muy superior en el caso 3 y por lo tanto éste requiere de un menor consumo de energía auxiliar (sólo 667.36 Kwh/año).

CONCLUSIONES

En la búsqueda de establecer un parámetro que permita valorar las **posibilidades energéticas** de los edificios en relación con la envolvente expuesta y su orientación, es que se concluye que no es suficiente la comparación de casos a partir del **consumo energético auxiliar** como variable aislada. Es indispensable incluir las características de la envolvente en lo relativo a la relación entre cantidad de envolvente expuesta (área) y propiedades de dicha envolvente (transmitancia térmica) **mediante el K_{medio}** y las variables relativas a las posibilidades pasivas del sistema mediante la **relación de área colectora/superficie de piso**. El uso de estos tres parámetros (consumo energético auxiliar, K_{medio} y relación de área colectora/superficie de piso) permite una comparación válida entre casos para un mismo clima y un mismo sistema solar. En la Figura 8 se presenta la gráfica obtenida de la combinación de estas variables.

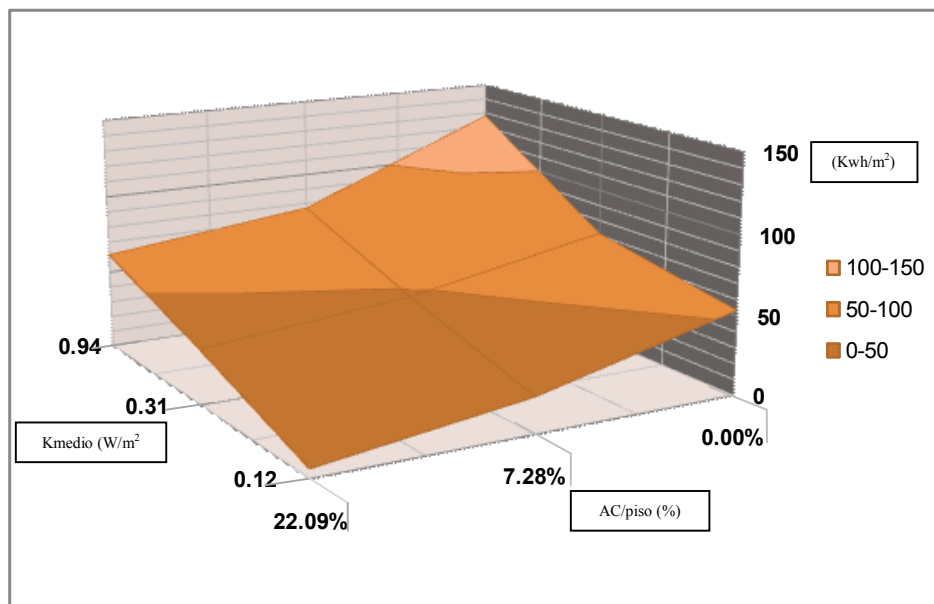


Figura 8. Relación entre: - K_{medio} ($W/m^2 K$),
- Proporción área colectora/superficie de piso (%),
- Consumo energético auxiliar (Kwh/m^2).

Por ejemplo un K_{medio} de 0.31 y un porcentaje de 22.09% de área colectora/superficie de piso resultarán en un consumo por m^2 (en el rango entre 0 y 50 Kwh/m^2) equivalente al caso de K_{medio} de 0.12 y un porcentaje de 7.28% de área colectora/superficie de piso. En este caso se compensan mayores pérdidas con mayores ganancias y viceversa.

Y, un K_{medio} de 0.94 y un porcentaje de 22.09% de área colectora/superficie de piso resultarán en un consumo por m^2 (en el rango entre 50 y 100 Kwh/m^2) equivalente al caso de K_{medio} de 0.12 y un porcentaje de 0% de área colectora/superficie de piso. En este caso se compensan mayores pérdidas y ganancia con menores pérdidas sin ganancia (por ejemplo en un caso orientado al Sur).

De esta forma es posible comparar distintas combinaciones de K_{medio} y proporción área colectora/superficie de piso que otorguen resultados de consumo dentro del mismo rango. Esto facilitará la tarea en las etapas de pre-diseño en las que ya será posible estimar dentro de qué categoría de valores se encontrará el consumo del edificio.

REFERENCIAS

- Balcomb J.D., Barley D., McFarland R., Perry J., Wray W., Noll S. 1982. Passive Solar Design Handbook. Vol 1,2 y 3. United States Department of Energy. Estados Unidos de América.
- Ellis, Mark (IEA Chair), 2008. Meeting energy efficient goals: Enhancing compliance, monitoring and evaluation. International Energy Agency. Paris, Francia.
- Esteves, Alfredo, Gelardi, Daniel y Ganem, Carolina. 2002. Simple Method to know collector area of Passive Solar Systems in first steps of the architectural project of buildings. Proceedings of the VII World Renewable Energy Congress. ISBN: 008-044079-7 Elsevier Science Ltd (Ed. Ali Sayigh). Reino Unido.
- Ganem, Carolina, Esteves, Alfredo y Coch, Helena, 2005. El rol de la envolvente en la rehabilitación ambiental. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. – AVERMA Vol. 9 Pag. 5.49 – 5.54 ISSN: 0329-5184. INENCO – UNSa. Salta, Argentina.
- Ganem, Carolina. 2006. Rehabilitación ambiental de la envolvente de viviendas. El caso de Mendoza. Tesis Doctoral. ETSA Barcelona UPC. España. BRGF (España) N° 1400642779 y N°1400580212 cd-rom y DNDA (Argentina) N° 653867.
- Givoni, B. 1998. Climate considerations in buildings and urban design. Van Nostrand Reinhold. Nueva York, Estados Unidos de América.
- Martínez Rey Javier Francisco, Gómez Velasco Eloy. 2006. Eficiencia energética en edificios. Certificación y Auditorías Energéticas. ISBN: 84-9732-419-6 Thomson Editores Spain. España.
- Huntinton, Ellsworth. 1927. The Human Habitat. D.Van Nostrand Company. Princeton, Nueva Jersey. En Olgyay, Victor, 1998. Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos.y urbanistas. Gustavo Gili s.a. Barcelona, España.
- Olgyay, Victor, 1998. Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. ISBN: 84-252-1488-2. Gustavo Gili s.a. Barcelona, España.
- Barón Jorge, Bragoni, Dante, Cortellezzi, Mónica, Koleda, Andrés y colaboradores. 2004. Situación Energética Local, UN Cuyo. Mendoza, Argentina.

ABSTRACT

The objective of this paper is to analyze buildings' energetic possibilities in relation with their exposed envelope and their orientation. The study of these variables is integrated within a greater effort to obtain objective information about the architectonic production towards defining energy certification measures. The Load Collector Ratio (LCR) annual performance method was used in a "duplex" typology house within a building located in the city of Mendoza, Argentina. Traditional and optimized envelopes were compared in four case studies with variations in the amount of exposed envelope in two orientations: North (towards the Equator in the Southern Hemisphere) and South (Opposite to the Equator in the Southern Hemisphere). It is concluded in the definition of a system that allows a valid comparison between cases for the same climate and with the same passive solar system (direct gain).

Key words: envelope, orientation, direct gain, energy consumption, case comparison