

ENERGÍA EN EDIFICIOS: IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO DE BAJO IMPACTO

John Martin Evans¹
Centro de Investigación Hábitat y Energía,
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires
Piso 4, Pabellón 3, Ciudad Universitaria, Capital Federal.
Tel: 4789 6274 e-mail: evans@fadu.uba.ar

RESUMEN: Este trabajo presenta los resultados de un estudio paramétrico realizado para identificar y visualizar alternativas de diseño que minimizan la capacidad de las instalaciones de refrigeración y los problemas de sobrecalentamiento en días estivales en Buenos Aires. Los resultados de la comparación de demanda de energía máxima y temperaturas interiores pico complementan los aportes del método LT y simulaciones con programas tales como Energy-10 o Energy Plus que permiten verificar la demanda energética anual de edificios. Las variables analizadas incluyen la masa interna del edificio, la proporción de fachada con vidrio, la masa incorporada en la construcción, la orientación y el uso de aleros. Los gráficos de los resultados permiten identificar variables de diseño que disminuyen costos y favorecen el confort de los usuarios. Las conclusiones también evalúan la influencia de vidrio doble, aleros e inercia térmica.

Palabras Claves: Aire acondicionado, sobrecalentamiento, demanda de energía, oficinas, simulación térmica.

INTRODUCCION

La evaluación convencional de demanda de energía en edificios considera la demanda anual como variable crítica. Este valor es proporcional a los impactos ambientales producidos como resultado del uso de recursos energéticos fósiles, especialmente las emisiones de gases de efecto invernadero (Evans, 2001). En edificios residenciales y otros edificios con baja demanda de energía, el costo es también proporcional al uso del recurso energético, después de pagar los cargos fijos. En climas fríos y edificios con limitadas ganancias internas, el rubro más importante de la demanda anual de energía es la calefacción necesaria para mantener temperaturas internas confortables (Serra y Coch, 1995). Esta demanda se relaciona con las pérdidas por transmisión e infiltraciones a través de la envolvente exterior (IRAM 11.504, 1967).

Aún en climas fríos, oficinas y otros edificios con buenos niveles de aislantes térmicos, tienen mínima demanda de energía para calefacción, aún con temperaturas exteriores de -10°C, debido a las pérdidas mínimas y altas ganancias internas (Button, 2001). En estos casos con mayores ganancias internas, tales como edificios de oficinas, una mayor proporción de la demanda se relaciona con refrigeración, iluminación artificial y ventilación. A su vez, la creciente incorporación de sistemas de refrigeración es resultado de problemas de sobrecalentamiento en interiores, producidos por tendencias actuales de diseño arquitectónico. Con el fin de evaluar la demanda total, varios grupos de investigación han desarrollado programas de simulación numérica que evalúan la demanda de calefacción, refrigeración, iluminación, ventilación y otros usos, utilizando cálculos horarios para todo un año (Energy-plus, 2000, Energy 10, 1998). Un estudio paramétrico de la demanda anual de energía en las condiciones de Buenos Aires fue realizado por Evans y Torres (1999), utilizando Energy-10.

El método LT, Lumínico y Térmico, desarrollado por Baker en 1992 (Baker y Steemers, 1994) en el Martin Centre, Universidad de Cambridge, también permite estimar la demanda anual total de edificios con un método gráfico. Posteriormente, se desarrolló un software 'amigable' para realizar la misma estimación con mayor precisión y rapidez (Baker y Steemers, 2001). Si bien el Método LT no pretende lograr la precisión de otros programas más complejos, los autores argumentan que la identificación del impacto de las decisiones de diseño es más importante que la precisión de la estimación de la demanda anual. Así, los proyectistas pueden modificar sus proyectos durante el proceso de diseño con el fin de reducir el consumo y los impactos ambientales resultantes (Hawkes, McDonald y Steemers, 2002).

Sin embargo, se ha detectado que la demanda pico estival de energía es más importante que la demanda anual en las siguientes situaciones:

¹ Profesor y Director del CIHE, FADU, UBA.

- La demanda pico determina la capacidad de las instalaciones de refrigeración, con importantes consecuencias para el costo del edificio, especialmente considerando la importación de estos equipos con precios en dólares.
- Para grandes consumidores, las tarifas de energía eléctrica dependen de la demanda pico contratada. Esta responde al costo de la capacidad adicional de generación necesaria para satisfacer la demanda previsible. En edificios de oficinas con aire acondicionado artificial en la mayoría de zonas climáticas de Argentina, la demanda máxima coincide con la demanda máxima de refrigeración.
- Los grandes picos de demanda de refrigeración frecuentemente coinciden con problemas de sobrecalentamiento en interiores, debido al ingreso de radiación solar directa, limitada respuesta de las instalaciones en momentos críticos o posibles cortes de suministro.

METODO

La demanda pico de refrigeración y las temperaturas interiores máximas fueron estimadas utilizando datos climáticos tomados en la Estación de Registros de Potencial de Iluminación Natural del CIHE, ubicada en la terraza del Pabellón 3, Ciudad Universitaria, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, durante los últimos tres años (Evans, 2000). Se seleccionaron los 10 días más cálidos del año, tomando el mínimo de ellos como día crítico de diseño. Este valor fue solo superado durante un 2,5 % aprox. de la totalidad de los días del año. Los registros disponibles proporcionan datos de temperatura y humedad relativa cada 30 minutos, y radiación solar directa y difusa cada minuto. Se utilizó el programa de simulación numérica Quick, que indica las temperaturas interiores y de demanda de refrigeración (Matthews, 1999). Los datos climáticos procesados corresponden a valores promedios por hora en un período de 24 horas, para Buenos Aires, lat. 34°S.

La evaluación térmica y energética responde a un recinto que representa un local en un edificio, con un sector de fachada, tres muros interiores sin transferencia de calor a través del techo y piso. Los muros interiores, piso y techo no transmiten calor, considerando que los locales adyacentes tienen la misma temperatura. Las cuatro variables consideradas en este estudio paramétrico, indicado en el Tabla 1, fueron las siguientes:

- **Orientación de la fachada:** para cada 45°; N, NE, E, SE, S, SO, O, y NO. El Método LT original consideraba solamente los cuatro puntos cardinales, pero los resultados de este estudio indican que no es recomendable interpolar valores con este limitado número de alternativas.
- **Proporción de la fachada con vidrio:** de 20% a 80% de la superficie total exterior.
- **Tipo de vidrio:** considerando solo vidrio común de 4 a 6 mm y vidrio doble sellado herméticamente, DVH 4+8+4, en este estudio. En futuros estudios se prevé un análisis de vidrios absorbentes, espejados, de baja emisividad, etc.
- **Tipo de construcción:** considerando: 1. construcción liviana con paneles de placa de yeso con cámara de aire, 'curtain-wall' exterior, pisos con alfombra y cielorasos suspendidos; 2. construcción mediana con paredes de bloque cerámico hueco de 10 cm nominal y 20 cm en muros exteriores, cielorasos de placas de yeso y piso de alfombra sobre losa cerámica hueca; 3. construcción pesada, con pared exterior de ladrillo macizo de 30 cm, interiores de 15 cm, cieloraso de placa de yeso, y piso de baldosas cerámicas.
- **Protección solar:** sin alero o alero con proyección horizontal de 50 cm.

Tabla 1. Datos usados en la simulación y variables del estudio paramétrico.

Datos		Variables	
Tipo	Residencial u oficina	Orientación	cada 45°
Clima	Buenos Aires	Ventana	20 % a 80 %
Superficie local	16 m ²	Construcción	Liviano, mediano o pesado
Altura	2,7 m	Protección solar	Sin o mediano, alero 50 cm
Pared exterior	4 m x 2,7 m = 10,8 m ²	Vidrio	Simple o doble
Techo	Liviano		
Piso	Losa con cerámica o alfombra		
Ventilación	Fija, 10 cambios de aire / hora		

Los resultados obtenidos con simulaciones de cada combinación de variables fueron los siguientes:

- **Temperatura máxima interior** alcanzada sin equipos de refrigeración y con ventilación constante de 10 cambios de aire por hora, aunque se pueden esperar mayores tasas de ventilación con un aumento de la temperatura interior.
- **Temperatura mínima interior** en días cálidos, fue registrada para cada caso, pero no se presentan los resultados gráficos en el presente trabajo.
- **Demanda pico de refrigeración** para mantener una temperatura interna máxima de 24°C. La demanda total de energía para refrigeración dependerá de la eficiencia de la instalación y el aporte de calor interno.

A fines comparativos, las simulaciones fueron realizadas excluyendo el impacto de las ganancias internas, debidas a iluminación artificial, ocupación de personas y equipamiento. Este valor puede ser sumado a la demanda de energía para refrigeración debido al impacto de radiación solar y temperatura del aire exterior obtenida de las simulaciones.

PRESENTACION DE RESULTADOS

Se presentan los resultados del estudio paramétrico de demanda pico de energía (MJ) para enfriamiento en las Figuras 1, 2 y 3, para construcción liviana, mediana y pesada respectivamente. Las Figuras 4, 5 y 6 indican la temperatura máxima alcanzada, según las variables de diseño. El eje horizontal indica la orientación, mientras el eje vertical corresponde al porcentaje de vidrio en la fachada, con un mínimo de 20% y un máximo de 80%. Este formato permite comparar los resultados con los gráficos del Método LT que indican el consumo según orientación y porcentaje de vidrio.

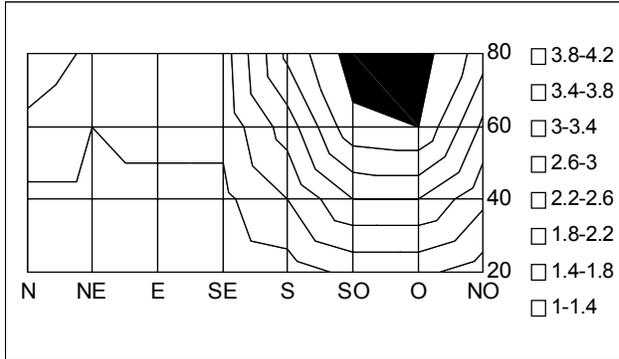


Figura 1. Demanda de energía en MJ.
Edificio **liviano** sin alero de protección solar.

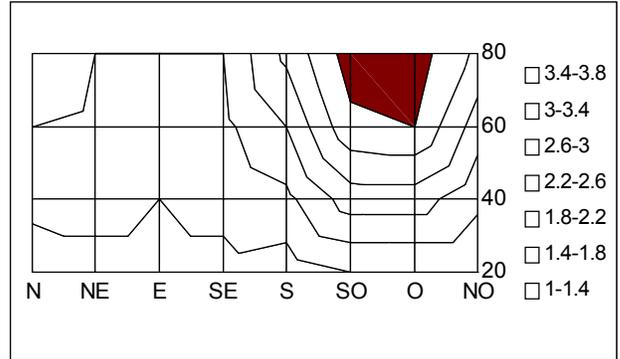


Figura 2. Demanda de energía en MJ / día.
Edificio **mediano** sin alero de protección solar.

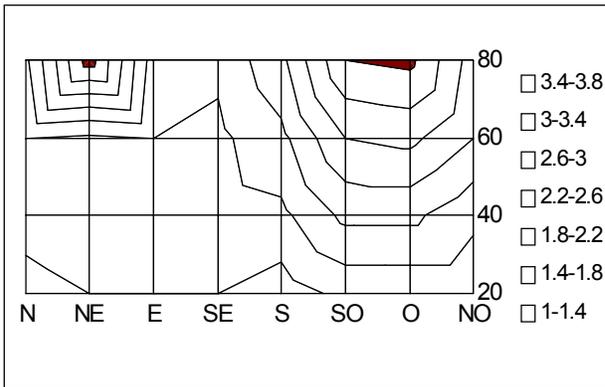
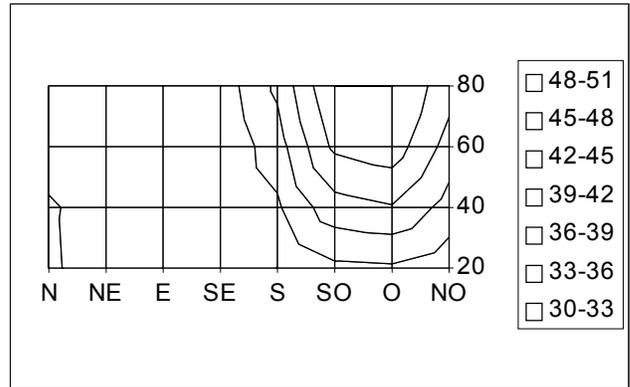
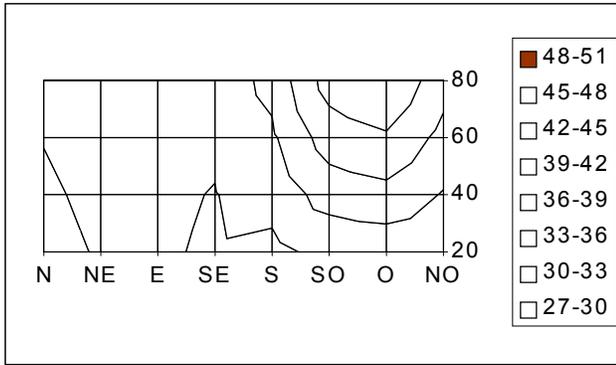


Figura 3. Demanda de energía en MJ / día.
Edificio **pesado** sin alero de protección solar.

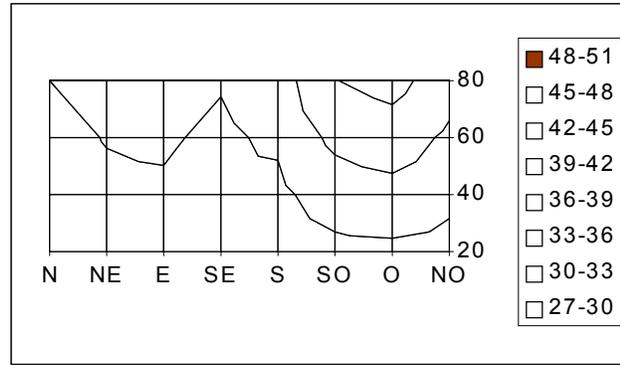


Temp max, orientación O, 80% vidrio: 54,3°C
Temp max, orientación S, 20% vidrio: 35,6°C
Temp max, orientación N, 20% vidrio: 36,0°C

Figura 4, Temperatura máxima interior, construcción liviana sin alero



Temp max, orientación O, 80% vidrio: 44,9°C
 Temp max, orientación S, 20% vidrio: 32,3°C
 Temp max, orientación N, 20% vidrio: 32,2°C



Temp max, orientación O, 80% vidrio: 35,9°C
 Temp max, orientación S, 20% vidrio: 28,1°C
 Temp max, orientación N, 20% vidrio: 28,1°C

Figura 5. Temperatura máxima interior, construcción de peso mediano sin alero.

Figura 6. Temperatura máxima interior construcción pesada, sin alero.

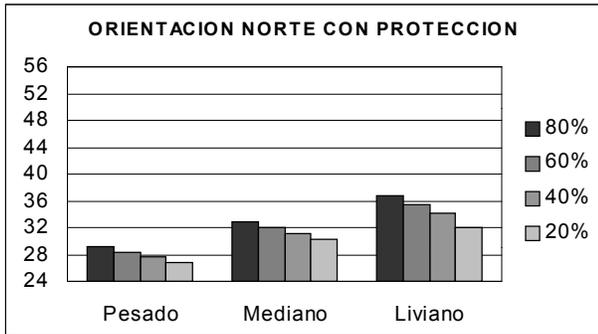


Figura 7. Temperatura interior (escala vertical) según tipo de construcción y porcentaje de fachada con vidrio, Orientación norte con protección solar.

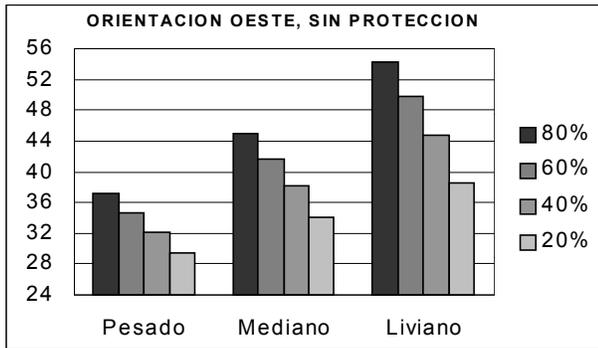
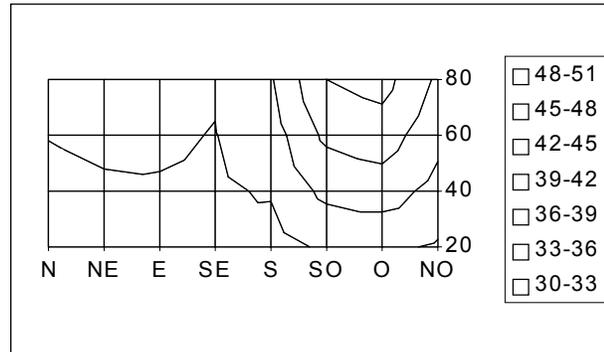


Figura 8. Temperatura interior según tipo de construcción y porcentaje de fachada con vidrio, Orientación norte sin protección solar.



- Temp max, orientación O, 80% vidrio: 43,2°C
- Temp max, orientación S, 20% vidrio: 31,8°C
- Temp max, orientación N, 20% vidrio: 31,5°C

Figura 9. Temperatura interior máxima con construcción liviana, según orientación y porcentaje de fachada con doble vidrio y cámara de aire, sin protección solar. Se puede comparar con la Figura 4, vidrio simple.

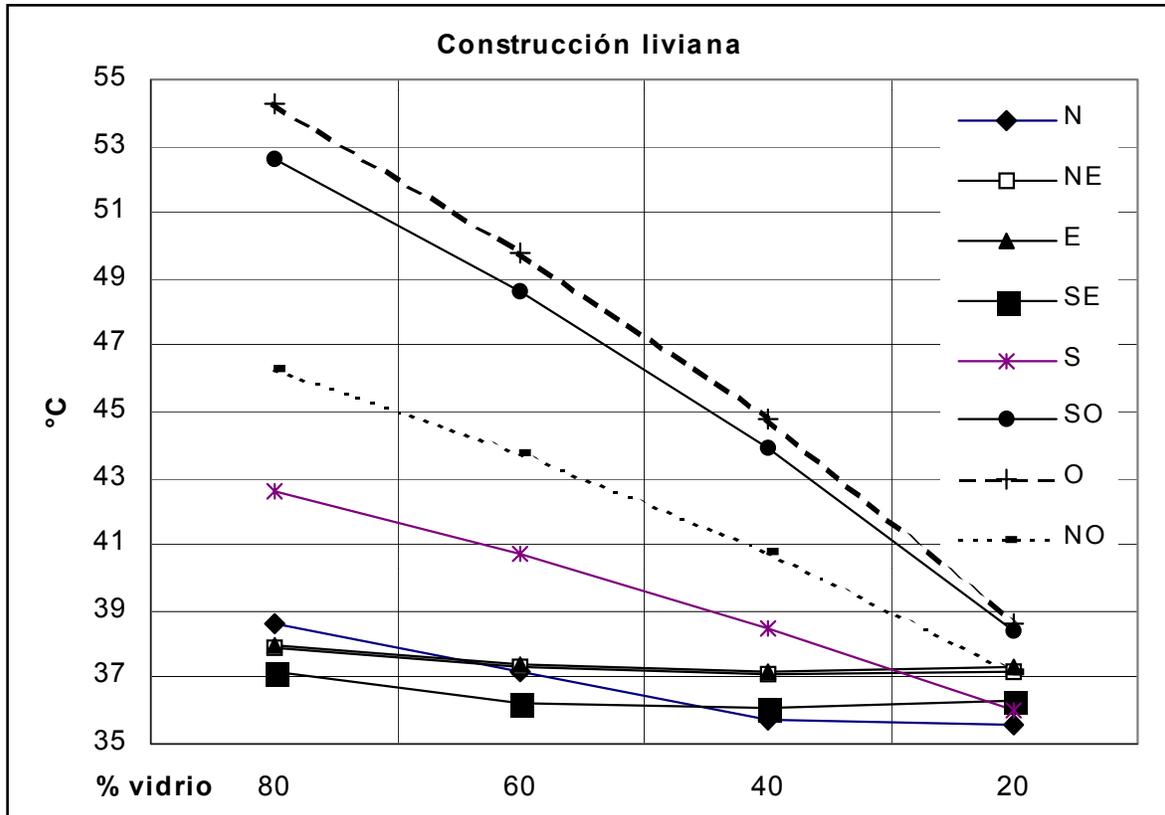


Figura 10. Temperatura máxima interior según % de vidrio, construcción liviana sin alero.

CONCLUSIONES

El método indica gráficamente el impacto de variables de diseño en el riesgo de sobrecalentamiento en interiores y la demanda pico de capacidad de refrigeración. Este estudio, realizado para las condiciones climáticas de Buenos Aires, arroja los siguientes resultados, relevantes para la toma de decisiones de diseño:

- Las variaciones son marcadas, con aumentos significativos, en las orientaciones hacia el oeste y mayor proporción de vidrio en la fachada. Los gráficos indican la importancia de considerar variaciones de orientación de 45°, comparado con 90° en el Método LT convencional.
- La demanda de energía en un local con construcción liviana, orientación oeste y 80 % vidrio es **3,5 veces** la demanda con otras decisiones de diseño: fachada con orientación norte en construcción liviana con 40 % vidrio
- La influencia del tipo de construcción, liviana, mediana o pesada, tiene mayor importancia en la demanda pico, que la demanda de energía que surge de simulaciones anuales. La densidad de los materiales utilizados en la construcción tiene limitada influencia en la demanda anual de energía, pero tiene un importante impacto sobre el costo de energía y la capacidad de las instalaciones.
- En todos los casos, la orientación oeste es la más desfavorable, y la orientación NO es menos favorable que la orientación SO, debido a la orientación de la puesta del sol, al sur del oeste en verano.
- Estudios anteriores (Evans y Torres, 1999) y el Método LT (Baker, 1992) indican que la demanda de energía debido a iluminación artificial solo aumenta en forma significativa cuando la proporción de fachada con vidrio es menor a 25 a 30 %.
- Si bien el resultado principal es la identificación de las condiciones desfavorables conocidas (importantes aberturas vidriadas con orientación oeste), el gráfico cuantifica los resultados. Decisiones inapropiadas, dentro de los límites típicos de diseño de oficinas pueden aumentar la capacidad de refrigeración al doble y aumentar la temperatura pico en aproximadamente 10°C.
- El DVH, doble vidrio sellado herméticamente, disminuye la temperatura pico y la demanda de energía, debido a la reducción en la transmisión de calor desde el aire exterior y la transmisión de radiación solar en 15 %.
- Los gráficos facilitan la transmisión de los resultados a proyectistas, y complementa los resultados de métodos como LT o simulaciones anuales (Evans y Torres, 1999).

RECONOCIMIENTOS

Este estudio forma parte del proyecto de investigación UBACyT A-025 'Arquitectura energéticamente eficiente: aplicación de nuevas tecnologías de acondicionamiento', Programación Científica 2001-2002, acreditado y financiado por la Universidad de Buenos Aires, y dirigido por el autor.

REFERENCIAS

- Baker, N. 1992, *The LT Method, version 1.2, Appendix 13*, en Goulding R., Owen Lewis, J., & Steemers, T, *Energy in Architecture, The European Passive Solar handbook*, Batsford, Londres.
- Burton, S. (Editor) (2001), *Energy efficient office refurbishment*, James & James, Londres.
- Baker, N. y Steemers, K. (1994), *The LT Method, a design tool for non domestic buildings*, Building Research Conservation Unit, BRE, , Garston.
- EnergyPlus (2001), *Getting started with EnergyPlus*, Laurence Berkley National Laboratory, San Fransisco.
- Energy 10 (1998), *Designing Low-energy Buildings*, Passive Solar Strategies and Energy-10 Software, Passive Solar Industries Council, NREL, Denver.
- Evans J. M. y Torres, S (1999), *Diseño arquitectónico y consumo de energía: estudios parametricos con Energy-10*, pp 8.165-8.170, Avances en Energías Renovables y medio Ambiente, Vol 3, N°2, INENCO, Salta.
- Evans, J. M. y Torres, S. (2000), *El recurso de iluminación natural en Buenos Aires, resultados de un año de mediciones*, pp 5.59 - 5.64, Avances en Energías Renovables y medio Ambiente, Vol 4, N°1, INENCO, Salta.
- Evans, J. M. (2001), *Evaluador Energético*, Avances en Energías Renovables y medio Ambiente, Vol 4, N°2, INENCO, Salta.
- Hawkes, D., McDonald, J., y Steemers, K. (2002), *The selective environment: an approach to environmentally responsive architecture*, Spon Press, Londres.
- Instituto Argentino de Normalización (1998), Norma IRAM 11.504, *Coficiente volumétrico G de pérdidas de calor: cálculo y valores limites*, IRAM, Buenos Aires.
- Serra, R. y Coch, H. (1995), *Arquitectura y energía natural*, Ediciones UPC, Barcelona.

ENERGY IN BUILDINGS: IDENTIFICATION OF DESIGN ALTERNATIVES WITH MINIMUM IMPACT.

ABSTRACT: This paper presents results of a parametric study undertaken to identify and visualise design alternatives that reduce the required capacity of cooling systems in buildings and overheating problems on hot days. The results of the maximum energy demand and peak internal temperatures complement the data provided by the LT Method or numerical simulations using programs such as Energy-10 or Energy-Plus, which verify the total annual energy demand of buildings. The variables analysed include the proportion of glazing in the facade, orientation, thermal inertia of the building, use of horizontal shading and type of glass. The results shown in the graphs identify design variables that reduce costs and improve user comfort. The conclusions also evaluate the influence of double glazing and density of building elements.

Key words: Air conditioning systems, overheating, energy demand in buildings, offices, thermal simulation.