

DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y CONSUMO DE ENERGÍA ESTUDIOS PARAMÉTRICOS CON ENERGY-10

Santiago Torres y John Martin Evans
Centro de Investigación Hábitat y Energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad de Buenos Aires, Pabellón 3, Piso 4, Ciudad Universitaria, Nuñez, Capital Federal
Fax: +011 4576-3205 e-mail: evans@fadu.uba.ar

RESUMEN

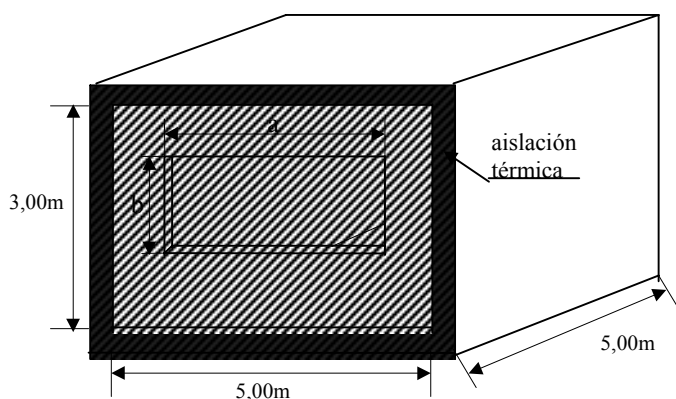
Se presenta un análisis de la incidencia del diseño del aventanamiento en el consumo de energía de un edificio con un programa de simulación del comportamiento energético. Se considera un edificio de oficinas en Gran Buenos Aires, por representar una tipología con una importante demanda de energía. Las variables consideradas incluyen la orientación, la inercia térmica de la envolvente, la presencia de protección solar y la capacidad instalada de los equipos de refrigeración.

INTRODUCCIÓN

El tamaño de las aberturas vidriadas influye en la cantidad de iluminación natural disponible en espacios interiores y, directa e indirectamente, en la cantidad de energía utilizada para su acondicionamiento térmico. Sin embargo, la diversidad de variables implicadas en el comportamiento energético de un edificio determina la dificultad de predecir los efectos de distintas decisiones de diseño. Para analizar la incidencia que tiene el diseño del aventanamiento en el consumo energético de un edificio se utilizó el programa Energy-10 (PSIC, 1996, Rapallini y Yarke, 1998), el cual realiza simulaciones de comportamiento energético, incluyendo la influencia directa e indirecta de la iluminación natural. Los resultados indican el consumo anual de energía discriminado por rubros: calefacción, refrigeración, iluminación y ventilación.

Como matriz de estudio se utilizó el concepto desarrollado por el Prof. N. Baker para generar el método LT (Baker N, 1991) de cuantificación del consumo energético. Este método se basa en una serie de gráficos que relacionan el porcentaje de superficie vidriada sobre el total de la fachada, con el consumo de los distintos rubros (calefacción, refrigeración e iluminación) y el consumo total generado por dicha fachada y un área de influencia de 6m hacia el interior. Distintos gráficos dan los valores para las distintas orientaciones y usos del edificio (oficina, educación, etc.). Los gráficos LT indican el consumo anual por metro cuadrado (Mwh/m²) según orientación (N, S, E/W y Horizontal), % de vidrio (de 5 a 90%), tipo de edificio y ubicación geográfica. Con los datos presentados en cuatro gráficos, se puede realizar una estimación inicial de la demanda total anual de un edificio según sus características arquitectónicas, discriminada en rubros (Baker y Koen, 1994).

Fig. 1 Esquema del modelo estudiado



Para el caso de estudio se tomó una habitación tipo, aislada en todo su perímetro con excepción de la fachada, para considerar únicamente las influencias del paramento exterior donde se ubica la ventana. Tanto el piso como el techo se aislaron manteniendo la inercia térmica usual de los mismos. En las paredes interiores, en cambio, se ubicó aislamiento sin otro elemento que genere inercia térmica. De esta forma se simulan las condiciones de una oficina abierta, detrás de una fachada continua. La habitación es cuadrada de 5m de lado, por ser esta la profundidad máxima que es tomada en cuenta por el programa Energy-10 para el cálculo de iluminación natural. Para este cálculo se determinó en principio, una demanda de 300 lux. En el caso de aberturas cenitales, los porcentajes se tomaron en relación con la superficie de fachada, para poder equipararlos con los de las otras orientaciones.

RELACIÓN ENTRE CONSUMO ENERGÉTICO Y PORCENTAJE DE AVANTANAMIENTOS

Las primeras evaluaciones corresponden a la orientación norte del hemisferio sur y condiciones climáticas características de la Pampa Húmeda con una latitud de 34° S. Se considera que los resultados son representativos de una zona amplia de la Pampa Húmeda de 33° a 37° S. Al analizar la variación del consumo energético total se observa (fig. 2) que el aumento en la superficie de ventana de 5% a 100%, en pasos de 5%, genera un aumento en el consumo energético prácticamente desde el 10% en adelante. Si bien la mayor superficie de ventana disminuye la demanda de energía para iluminación artificial, también provoca mayores pérdidas en invierno y excesivas ganancias solares en verano, como se observa en las figs. 3 y 4 respectivamente. En cuanto al consumo en iluminación artificial, se observa que desciende significativamente hasta el 40%, luego de lo cual el ahorro es prácticamente despreciable (fig. 5).

Fig. 2 Consumo total de energía en un año, según porcentaje de la fachada con vidrio (5-100% cada 5%)

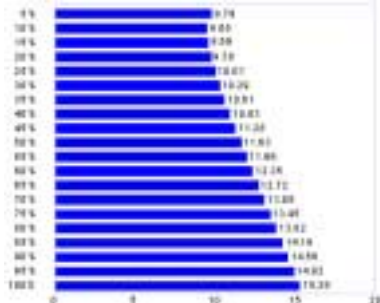


Fig. 4 Consumo anual de energía de refrigeración en kilowatt horas.

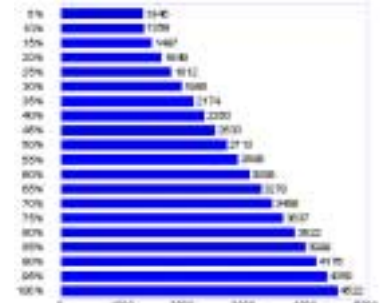


Fig. 3 Consumo anual de energía de calefacción en Megawatt horas.

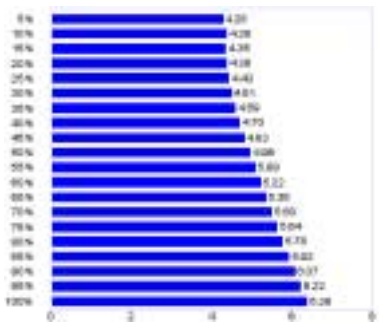
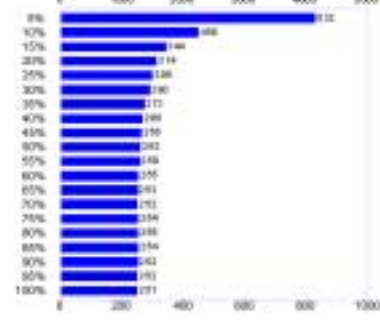


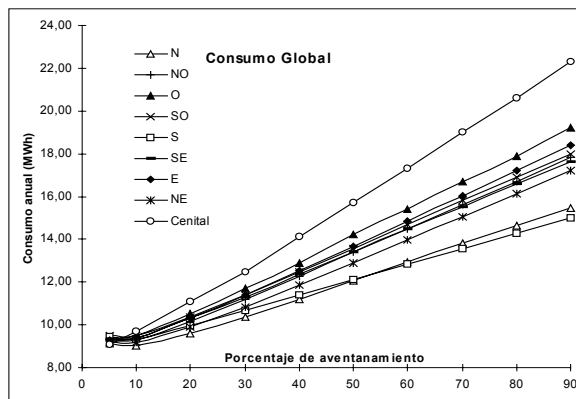
Fig. 5 Consumo anual de energía correspondiente a la iluminación artificial interior en kilowatt horas.



INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN DE LA FACHADA

El paso siguiente fue repetir el procedimiento para otras orientaciones de la fachada, rotando el edificio 45° por vez. Los resultados comparativos de los consumos globales se muestran en la fig. 6. Se observa que las orientaciones más desfavorables son la Este y Oeste, mientras que las Norte y Sur generan los consumos más bajos. Los valores mínimos, en general, corresponden al 10% de aventanamiento, excepto para las orientaciones Este y Oeste que crecen desde el 5%. Las aberturas cenitales demostraron ser inconvenientes para porcentajes mayores del 5 al 8% de la superficie de la fachada.

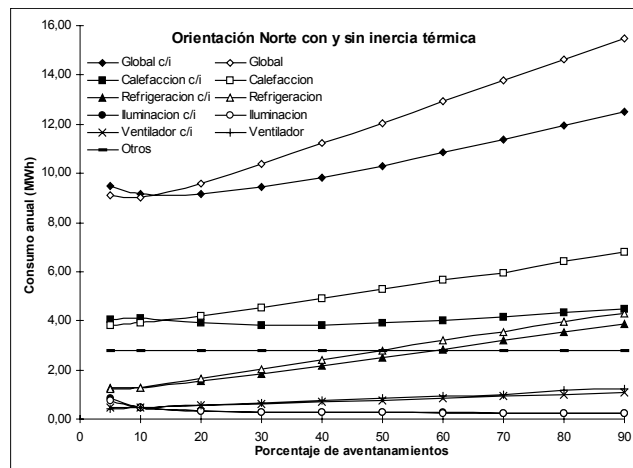
Fig. 6. Consumos globales según porcentaje de aventanamiento, y según orientación.



INFLUENCIA DE LA INERCIA TÉRMICA

En una tercera etapa se agregó masa interior para generar inercia térmica. Se agregaron 7,5cm de ladrillo común a las paredes interiores para simular una pared divisoria interna de 15cm, sin flujo de calor. Luego se compararon los resultados con los obtenidos sin inercia. En general, los consumos son menores, salvo para las aberturas de menor superficie, manteniéndose la incidencia relativa de cada rubro en el total (fig. 7). Las diferencias son más significativas para los consumos de calefacción y refrigeración, mientras que los de iluminación y ventilación, son prácticamente coincidentes.

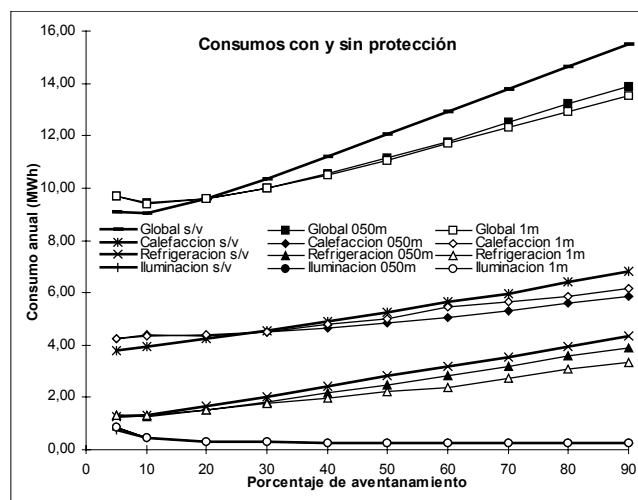
Fig. 7 Consumos para la orientación Norte con y sin inercia térmica.



INFLUENCIA DE LA PROTECCIÓN SOLAR

Por último se consideró el caso de un voladizo ubicado sobre la ventana, para estudiar su influencia en los distintos consumos. Se tomó como variable la profundidad del voladizo, manteniendo la orientación Norte. Al aplicar el voladizo al modelo, se observa un descenso significativo de los consumos de refrigeración y, en menor medida, de los de calefacción, sin registrarse aumentos del consumo de iluminación (fig. 8). En el caso del voladizo de 1,00m, el descenso del consumo de refrigeración es mayor, sin embargo el consumo de calefacción para algunos porcentajes supera al del caso sin voladizo. Esto es explicable porque el voladizo de 1,00m impide parcialmente la captación solar en invierno.

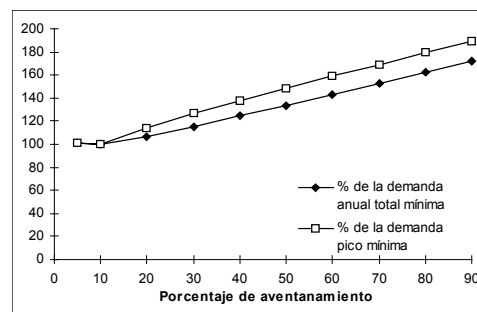
Fig.8 consumos con voladizos de 0,50m y 1,00m, y sin voladizo.



EFFECTO DE LAS VARIABLES EN EL EQUIPO ACONDICIONADOR

El costo de operación de un edificio y el impacto ambiental son directamente proporcionales a la demanda anual de energía, valor usado para comparar alternativas. Sin embargo, las variables de diseño también afectan la demanda energética pico, la cual determina la potencia y el costo del equipo de calefacción y refrigeración. La figura 9 muestra la proporción de crecimiento de la demanda anual y la demanda pico, comparadas con las demandas mínimas respectivas, que corresponden a un 10% de aventanamiento para la orientación norte. El aumento de la superficie de las ventanas produce un efecto mayor en el costo del equipo que en el costo energético. Dado que el inversor usualmente está más interesado en el costo inicial que en el costo de operación, este puede ser un argumento más convincente que la conservación de la energía o la reducción del impacto ambiental.

Fig. 9 Variaciones en la demanda anual y demanda pico, orientación norte.



CONCLUSIONES GENERALES

El manual de Energy-10 pone especial énfasis en la contribución de la iluminación natural al ahorro de energía en edificios y el programa incorpora algoritmos que contemplan esta variable. Sin embargo Buenos Aires, latitud de 34°S, posee más luz natural que las latitudes mayores del norte de Europa y los Estados Unidos, mientras que las temperaturas y la intensidad de la radiación solar son mayores. Estos factores tienden a favorecer ventanas de menor tamaño. Es interesante notar que los edificios tradicionales y coloniales tenían ventanas mucho más pequeñas que los edificios de hoy en día (típicamente un 10-20%), y eran también considerablemente más confortables en verano.

Pueden extraerse algunas conclusiones adicionales:

- Edificios sin ventilación o refrigeración artificial, podrían lograr importantes ahorros. Debe señalarse al respecto que los resultados obtenidos en este estudio sólo se refieren a edificios acondicionados de manera totalmente artificial.
- De acuerdo con los resultados, los espacios interiores sin iluminación natural directa requieren más energía que espacios naturalmente iluminados ubicados a menos de 5 metros de la fachada. Sin embargo, estos espacios internos requieren menos energía que espacios cercanos a las fachadas con aventanamientos superiores al 25%.
- Los resultados asumen instalaciones de iluminación, artefactos y controles eficientes que evitan luces encendidas cuando la iluminación natural es suficiente.
- Los resultados también asumen que las ventanas están correctamente colocadas. Ventanas con alturas inapropiadas también producirán incrementos en las cargas de iluminación y refrigeración.
- Aunque superficies de ventanas de 10-20% de la superficie de la fachada son energéticamente eficientes, esto no implica necesariamente que sean deseables. Existen otros factores como las visuales, imagen, o niveles de iluminación natural que pueden requerir ventanas de mayor tamaño, aceptando el costo energético involucrado.
- Otro criterio importante para el diseño moderno de oficinas es el de evitar deslumbramiento y reflejos en las pantallas de computadoras. Tamaños de ventanas menores minimizarían la penetración de luz solar directa y reducirían el costo de controles ajustables (p. ej. persianas).
- La orientación más desfavorable es Oeste y, en menor medida, Este. Aberturas cenitales generan grandes consumos, y sólo aparecen como convenientes para porcentajes menores del 7%. El consumo de iluminación incide poco en el consumo global para porcentajes mayores del 10%, valor que coincide con el consumo mínimo. Al aumentar la superficie de aventanamiento, disminuye el consumo de iluminación pero aumentan los de calefacción y refrigeración.
- Cuando la iluminación pierde significación, la curva de consumo global crece irremediamente. El descenso del consumo de refrigeración que se da hacia el 10% también puede ser atribuido al aporte de la iluminación natural, ya que al faltar ésta, el excesivo consumo de iluminación artificial genera ganancias internas que aumentan las cargas de refrigeración.
- Al incluir inercia térmica, se observa que los consumos son mayores para pequeñas superficies de aberturas, pero enseguida se hacen menores que cuando no hay inercia térmica. Por esto, los consumos globales mínimos corresponden a porcentajes de aventanamiento mayores (cerca del 15%).
- Con un voladizo sobre la ventana, se observa una situación similar al caso de inercia térmica. Para bajos porcentajes de aventanamiento los consumos aumentan, pero a partir del 20% los consumos son inferiores.

Estos resultados son tentativos y deben ser tratados con cierta precaución ya que fueron obtenidos de ejecuciones preliminares de una nueva versión de Energy-10. El programa resultó simple de utilizar, una vez que fueron comprendidas las principales características, y los cálculos anuales fueron muy rápidos. Sin embargo, los cálculos repetitivos implicados en un estudio paramétrico toman considerable tiempo. Los resultados no deben ser aplicados a regiones climáticas más frías en latitudes más altas. La precisión del programa también debe ser considerada. Durante el estudio fue encontrado un error relativo a los factores de conversión de unidades métricas de las ventanas ubicadas en el techo. La presente versión del programa también tiene algunas dificultades calculando ángulos solares en el hemisferio sur. Se espera que estos problemas sean solucionados en versiones futuras. Aunque es difícil verificar los resultados obteniendo datos de edificios reales, los resultados son razonablemente consistentes con los gráficos LT. Aún si existieran variaciones considerables entre los resultados simulados y los reales, las conclusiones principales obtenidas de las figuras son confiables, ya que las tendencias generales son claras y consistentes.

NOTA

El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación "Optimización de condiciones lumínicas y energéticas: ensayos en el cielo artificial, mediciones y simulaciones" de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

REFERENCIAS

- Baker N. (1991). Strategic design tools for non domestic buildings. *En Proceedings of the Ninth International Passive & Low Energy Architecture PLEA 91*, pp. 431-439, Sevilla, España.
- Baker N. Y Steemers K.(1994). *The L.T. Method 2.0, An Energy Design Tool for Non-Domestic Buildings*. General Information Report, Best Practice Program, Building Research Conservation Unit (BRECSU), BRE, UK.
- PSIC, (1996). *Designing Low-Energy Buildings: Passive Solar Strategies & Energy-10. Software 1.0 Manual*. Passive Solar Industries Council, Washington D.C.
- Rapallini A. y Yarle E. (1998). La adaptación de Energy-10 para la Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 2, N° 2, 06.9-06.12.