

METODOLOGÍA DE ANALISIS PARA EVALUAR MEJORAS EN EL CONFORT INTERIOR MODIFICANDO LA ENVOLVENTE EN UN EDIFICIO DE PERIMETRO LIBRE

C.Delbene¹, J.M.Evans²

Centro de Investigación Hábitat y Energía (CIHE),
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU), Universidad de Buenos Aires (UBA)
Ciudad Universitaria – Pabellón 3 – C.P. 1428 – Cdad Autónoma de Buenos Aires
Tel. 011-4789-6274 e-mail: cladel2002@yahoo.com.ar – evansjmartin@gmail.com

RESUMEN: El agotamiento de recursos energéticos generados a través de fuentes no renovables exige una rápida respuesta desde distintos ámbitos. Siendo la arquitectura, un importante usuario de estas fuentes para lograr niveles de confort y funcionamiento, es necesario producir o reacondicionar edificios con diseños que disminuyan el consumo o utilicen recursos renovables para suplir sus necesidades energéticas.

Se presenta una metodología de análisis para reacondicionar un edificio existente de perímetro libre en la Ciudad de Buenos Aires, con problemas de confort y alta demanda energética. Los resultados de simulaciones físicas y virtuales del comportamiento térmico y lumínico, permiten comparar y obtener información sobre el aporte del diseño y modificación de la envolvente, en las condiciones de confort interior de un espacio idéntico expuesto a distintas orientaciones.

El análisis y la metodología desarrollada demuestran que una arquitectura creativa que optimice los recursos naturales, es uno de los caminos que permite reducir consumos energéticos para acondicionamiento de edificios.

Palabras clave: confort interior, diseño bioambiental, envolvente edilicia, fuentes renovables.

INTRODUCCIÓN

El uso de estrategias de diseño bioclimático, aplicados en la resolución de la morfología y la definición de la materialidad de la envolvente como control climático, permiten lograr condiciones de confort interior favorables, reduciendo el consumo de fuentes no renovables para el acondicionamiento artificial auxiliar del espacio.

El presente trabajo desarrolla una metodología de análisis que permite evaluar, las condiciones de confort interior logradas con distintas envolventes edilicias, como elemento de control de las condiciones climáticas locales y el uso de sistemas de acondicionamiento pasivo, aplicadas a un edificio existente de perímetro libre en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Como aporte adicional, la posibilidad de incorporar en la resolución de la nueva envolvente, elementos generadores de energía que utilizan fuentes renovables, contribuye a reducir el consumo de las fuentes de energía de uso actual.

El diseño original del edificio seleccionado, prevé sistemas de acondicionamiento artificial y requiere una alta demanda energética convencional y de gran impacto para su adecuado funcionamiento. Sus características generales y de uso responden a un importante número de edificios existentes del patrimonio urbano con inconvenientes en su uso, mantenimiento y durabilidad.

Para el análisis se eligieron 4 módulos representativos de iguales características dimensionales y de uso, con distintas orientaciones, en el edificio de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) de la Universidad de Buenos Aires (UBA), ubicado frente a la costa del Río de la Plata, Buenos Aires, Argentina.

Se analizaron, evaluaron y procesaron resultados del comportamiento interior de los módulos en la situación actual y se compararon con los resultados de aplicar las distintas alternativas de diseño y materialización de la envolvente, lo que permitió estimar los beneficios al aplicar cada uno de dichos recursos.

La crisis energética a nivel mundial y regional y el agotamiento de las fuentes de energía convencional hace necesario adoptar medidas que reduzcan los consumos actuales y den relevancia al acondicionamiento natural y a la aplicación de recursos renovables de bajo impacto ambiental, que tiendan a generar un hábitat construido más sustentable.

¹ Investigador CIHE-FADU-UBA

² Director CIHE-FADU-UBA

METODOLOGIA

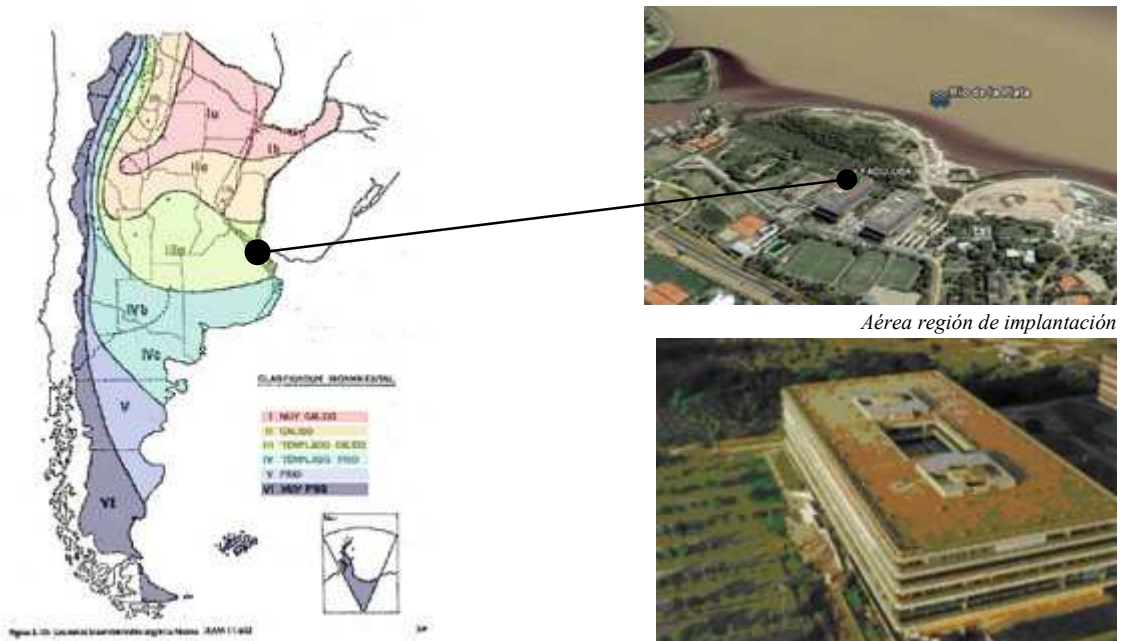
El estudio de las condiciones climáticas y la geometría solar del lugar de emplazamiento del edificio, permitió analizar las pautas y estrategias más convenientes, aplicables al proceso de diseño y que optimicen el uso de recursos naturales para acondicionar el edificio.

Durante el desarrollo del trabajo se aplicaron distintas variables que permitieron evaluar los cambios relativos en el confort interior de los módulos elegidos, estudiando temas como el diseño de elementos para protección o aprovechamiento solar, sistemas activos y pasivos para calefacción solar, uso de fotovoltaicos incorporados al diseño de las fachadas y técnicas de conservación de energía aplicadas a la envolvente.

Esta metodología permite evidenciar la influencia de los distintos recursos de diseño en las condiciones de confort interior de un espacio y cómo actúan variables como la orientación, la materialización de la envolvente y el estudio de protecciones entre otras.

Análisis del contexto de implantación del edificio

El edificio está ubicado en la latitud 34° 34' Sur y, según la Norma IRAM 11603 [IRAM, 1996] que divide al país en 6 Zonas Bioambientales con 10 subzonas, se encuentra en la zona IIIb (templada - cálida), (Figura 1).



Zonas bioambientales de la Rep. Argentina – Norma IRAM 11603

Edificio en estudio

Figura 1. Ubicación del edificio en estudio - Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires - Ciudad Universitaria – Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Se utilizaron para este análisis los datos meteorológicos de temperatura, humedad, precipitación, nubosidad, condiciones de cielo y frecuencias y velocidad de viento registrados en la Estación Meteorológica que depende de la Fuerza Aérea Argentina (FAA) de la estación Aeroparque, ubicada a 2 km del lugar de emplazamiento del edificio.

Estos datos se ingresaron en el programa e-clim desarrollado en el Centro de Investigación Hábitat y Energía (CIHE) de la FADU de la UBA y se obtuvieron distintos diagramas que permiten obtener las condiciones disponibles naturalmente relacionadas con el confort como diagrama con zona de confort según temperatura media y amplitud [Evans, J. M., 2003, 2007], diagrama de grados días y temperatura de diseño, diagrama psicrométrico relacionando temperaturas y humedad, gráfico de Fanger [Fanger P.O., 1973; Fanger P.O. 2001].

Para realizar los estudios de asoleamiento y la influencia del sol en cada caso, se obtuvieron los ángulos de altura y azimut en la proyección estereográfica para la latitud 34° 34' correspondiente a la ciudad de Buenos Aires.

Pautas y estrategias de diseño

Con los resultados obtenidos en el análisis del contexto, el estudio de datos climáticos y analizando los parámetros de confort disponibles en forma natural, se determinaron pautas y estrategias a utilizar para obtener con el diseño mejoras de estas condiciones en los espacios a proyectar.

Estas variables permiten conseguir mejoras considerables en el interior de los módulos de estudio, reduciendo el uso de energía para acondicionamiento y por consiguiente reducen el consumo de fuentes auxiliares convencionales y contaminantes, y en algunos momentos del año obviar el uso de la fuente auxiliar.

Relevamiento de la situación actual y alternativas.

Una vez analizada la situación de emplazamiento y seleccionados los 4 módulos de estudio de idéntica superficie, volumetría y diferentes orientaciones (Figura 2), se realizó un relevamiento de temperaturas simultáneo con registradores de temperaturas, para evaluar el comportamiento térmico durante un año.



Figura 2. Detalles del módulo de estudio

Se obtuvo como resultado de esta etapa la influencia de la orientación en el comportamiento térmico interior de cada módulo original y luego se analizó mediante simulaciones el comportamiento al intervenir en los cambios de envoltente como la incorporación de aleros, cambios en los materiales de los elementos de cerramientos o el uso y manejo del edificio.

A su vez se estudió la influencia de estas variables en la iluminación interior y el rendimiento potencial al emplear un sistema fotovoltaico incorporado a la modificación de la envoltente.

Registro de resultados

Mediante el uso de mini-data logger, tipo HOBO H08 001-01 de Onset Computer Corporation, se relevó la situación existente en cada módulo obteniendo los datos necesarios para comparar la situación real con programa de simulación y determinar la variabilidad o no de los datos obtenidos. A su vez, se analizaron mediante simulaciones físicas y virtuales, los resultados al aplicar las modificaciones en estudio, empleándose para ello maquetas en el Heliodón [Evans J.M. et al. 1988] (figura 3), mediciones de iluminación natural en el Cielo Artificial [Evans J.M. 1997] (figura 4), y programas informáticos, como el Quick [Richards y Matthew, 1994], para simular temperaturas interiores en edificios con acondicionamiento natural.



Figura 3. Simulador del Movimiento del Sol

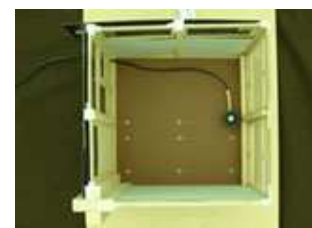


Figura 4. Cielo Artificial

Los datos de radiación utilizados para este análisis fueron obtenidos en un data logger Modelo LI-COR 1800, con fotómetro y piranómetro, en la estación de mediciones ubicada en la terraza del mismo edificio.

DESARROLLO

Estudios de la situación actual

Analizada la situación actual y con los resultados obtenidos de los registros se obtuvieron los primeros graficas que evidencian la influencia de la orientación en un día específico (Figura 5).

De estas gráficas se puede observar que las variaciones más importantes entre los módulos, suceden durante el día, por lo que se deduce que la influencia del sol sobre las fachadas es uno de los factores que influye directamente.

COMPARATIVA COMPORTAMIENTO TERMICO 28-03-06

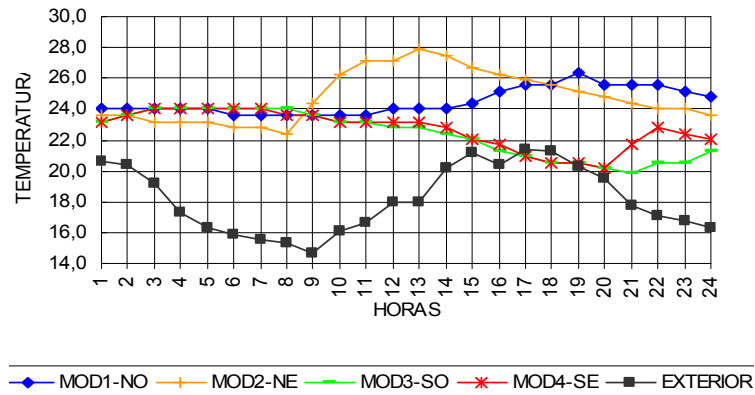


Figura 5 Variaciones de temperatura para un día específico según orientación.

Para visualizar la influencia del sol sobre las fachadas, se realizaron estudios en el Heliodón donde se registraron las fotos de la Figura 6 y se obtuvieron resultados similares mediante el uso de programas informáticos de simulación.

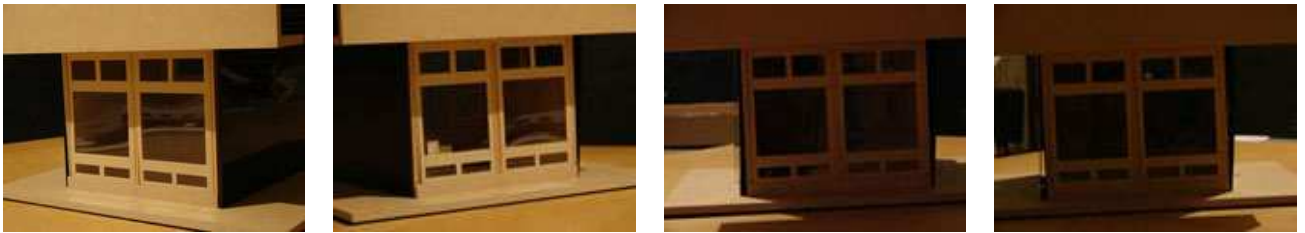


Figura 6 Equinoccios 12 hs módulo NO, NE, SO y SE

Estudios sobre variables de diseño

Para valorar la influencia de distintas variables se realizaron estudios donde se analizaron cambios tales como:

- Estudios de ajuste de orientación.
- Incorporación de aleros para aumentar la protección solar.
- Cambios en la materialización de la envolvente.
- Variables en las condiciones de iluminación natural para un día nublado, como consecuencia del diseño.
- Modificaciones de uso con ventilación diurna y nocturna.
- Rendimiento de un sistema fotovoltaico incorporado en la nueva envolvente.

Se procesaron los datos obtenidos en situaciones existentes y modificadas mediante el uso de programas informáticos a fin de corroborar y comparar resultados para establecer un parámetro de análisis factible a ser usado durante el proceso de diseño en obra nuevas.

Cada variable analizada, influye en distinta medida respecto a su eficacia, y demuestra que las decisiones de diseño tienen un valor relevante respecto a las otras variables.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este trabajo, permiten verificar como las decisiones de diseño y los componentes que materializan el proyecto influyen sobre los aspectos térmicos y lumínicos de los espacios interiores.

El primer resultado, evidencia la influencia de la orientación en las condiciones de confort interior, como se demuestra en Delbene, Evans (2006)

Los resultados registrados en las simulaciones físicas y virtuales, permitieron evaluar las variables estudiadas, y para estimar el aporte de cada una, se dividieron en 3 grupos:

- De diseño: orientación, superficies vidriadas, aleros y bandejas de luz.
- Manejo y uso del edificio: ventilación, cortinas.
- Materialización: tecnología, vidrios especiales, densidad.

Una síntesis de los resultados obtenidos en el estudio del módulo NO respecto al módulo original comparado con el agregado de 40 cm de parasol, cambio del material de la envolvente edilicia, o uso de ventilación diurna o nocturna, se encuentran volcados en la Tabla 1 y Figura 7

MODULO NO

hora	Exterior		original		c/alero 40cm		c/alero 40cm c/vidrio 25% trans.		c/alero 40cm c/ventilac. diurna		c/alero 40cm c/ventil. nocturna	
	outdoor temp		indor temp		indor temp		indor temp		indor temp		indor temp	
	hot	cold	hot	cold	hot	cold	hot	cold	hot	cold	hot	cold
1	24,5	8,4	38,2	20,2	37,0	19,7	35,8	17,4	36,1	14,0	34,7	14,0
2	24,0	7,9	37,6	19,6	36,5	19,1	35,2	16,9	35,5	13,5	34,1	13,5
3	23,6	7,6	37,0	19,1	35,9	18,6	34,7	16,5	35,0	13,0	33,5	13,0
4	23,3	7,3	36,4	18,6	35,4	18,1	34,2	16,0	34,5	12,5	33,0	12,5
5	23,0	7,2	36,0	18,0	35,0	17,6	33,9	15,6	34,1	12,1	32,6	12,1
6	22,8	7,2	35,8	17,6	34,8	17,2	33,7	15,3	34,0	11,8	32,4	11,8
7	23,2	7,1	35,8	17,2	34,9	16,8	33,8	15,0	34,0	11,5	32,4	11,5
8	24,0	7,1	36,1	17,1	35,2	16,7	34,2	14,8	34,4	11,4	32,8	11,4
9	26,0	7,9	36,7	17,3	35,8	16,9	34,8	15,0	35,1	11,7	33,6	11,7
10	28,0	10,1	37,8	18,0	36,8	17,6	35,8	15,7	35,3	12,9	35,4	12,9
11	30,0	11,8	38,9	19,2	37,8	18,7	36,8	16,5	36,4	14,1	36,5	14,1
12	32,0	12,8	40,2	20,7	39,0	20,1	37,8	17,7	37,6	15,5	37,7	15,5
13	32,7	13,4	41,4	22,6	40,0	22,1	38,7	19,0	38,6	16,9	38,7	16,9
14	33,0	13,9	42,3	24,1	40,8	23,6	39,5	20,0	39,4	18,2	39,6	18,2
15	32,7	14,3	43,0	24,4	41,5	24,0	40,0	20,4	39,9	18,6	40,3	18,6
16	32,0	13,8	43,4	24,3	41,8	23,9	40,2	20,5	40,1	18,5	40,6	18,5
17	31,0	13,3	43,0	24,1	41,5	23,6	39,9	20,4	39,7	18,2	40,4	18,2
18	30,0	12,7	42,4	23,6	41,0	23,2	39,4	20,1	39,1	17,7	39,8	17,7
19	28,5	12,0	41,8	23,1	40,3	22,7	38,8	19,7	38,3	17,1	39,2	17,1
20	27,0	10,6	41,1	22,6	39,7	22,2	38,2	19,3	38,7	16,4	37,4	16,4
21	26,5	10,2	40,4	22,1	39,1	21,7	37,7	18,9	38,1	15,9	36,8	15,9
22	26,0	9,9	39,8	21,5	38,5	21,2	37,2	18,5	37,6	15,4	36,2	15,4
23	25,5	9,8	39,1	20,9	37,9	20,6	36,6	18,0	36,9	14,9	35,6	14,9
24	25,0	9,8	38,4	20,4	37,3	20,0	36,0	17,5	36,4	14,5	34,9	14,5

Tabla 1. Comparativa en la aplicación de modificaciones en el módulo NO

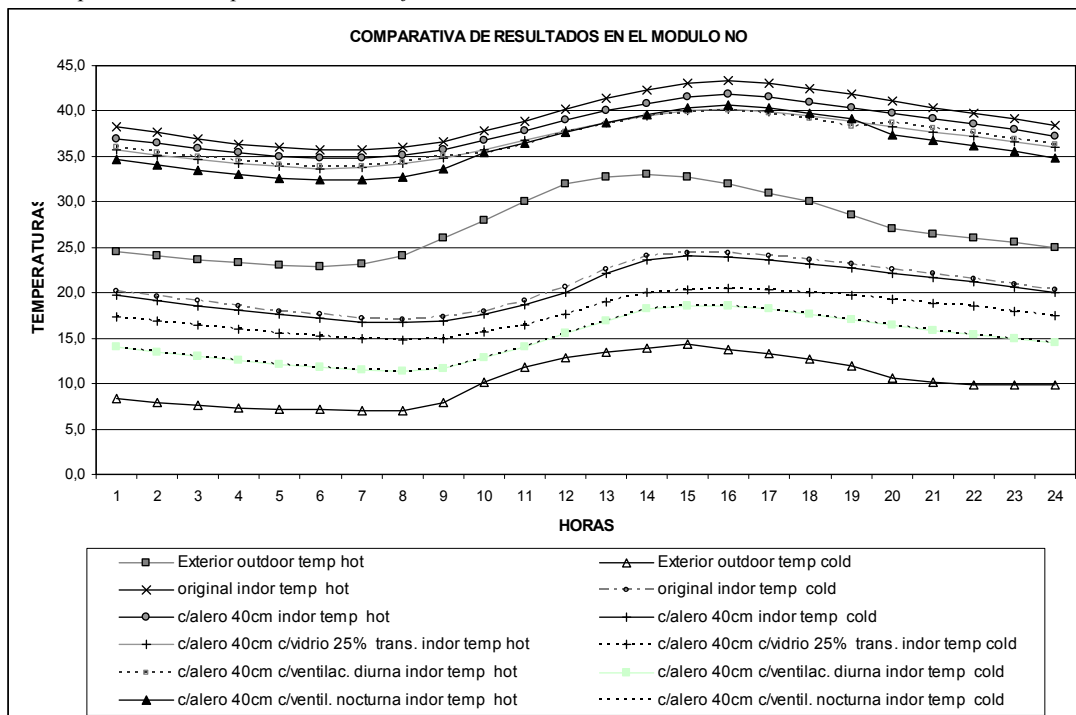


Figura 7. Gráfica de resultados de tabla 1

Resultados de las variables de diseño

Se estudiaron los cambios producidos en el comportamiento del módulo de estudio al aplicar cambios en la morfología incorporando aleros verticales, horizontales o bandejas de luz (Figura 8) y en las distintas orientaciones del módulo en el edificio existente; esto permitió ver claramente como en algunas orientaciones, la protección solar disminuye los problemas de sobrecalentamiento interior, en cambio debido a las orientaciones de las fachadas de este edificio en particular, en otras, no favorece la protección en verano, disminuyendo a su vez la posibilidad de ganancia solar en invierno.



Figura 8. Módulo original, con alero horizontal y alero vertical

Se observa que cada variable estudiada produce mejoras que influyen en mayor o menos medida en el comportamiento del módulo en estudio, y se evidencia que el estudio y combinación entre ellas optimiza el comportamiento del espacio interior.

Con el fin de ver otros impactos producidos con las modificaciones propuestas, se realizó un análisis de la variación de la iluminación natural interior respecto a la situación actual, empleando una maqueta en escala en el Cielo Artificial del CIHE de la FADU de la UBA (Evans et al, 1997).

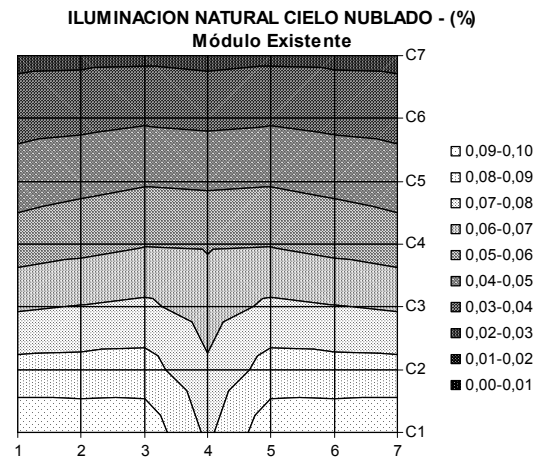
Se registró en general una disminución promedio del 15% en los valores de iluminación obtenidos entre el módulo existente y el modificado, y se verifica además que los porcentajes de iluminación interior respecto a la disponibilidad exterior, indicados en la Tabla 2 y 3 cumplen con el 2% de la iluminación disponible exterior, valor recomendado en el Manual de Luminotécnica, de la Asociación Argentina de Luminotecnia (IRAM AADL 1996) y (AADL, 2001).

Si bien la ley de Seguridad e Higiene en el trabajo exige 500 lux sobre el plano de trabajo para estas funciones, indica que puede efectivizarse con luz artificial; en este caso el fin del estudio permite evaluar la reducción de la iluminación natural al aplicar las modificaciones en el módulo en estudio respecto a la disponible en el módulo original.

ILUMINACION NATURAL - DIA NUBLADO

Centro			Porcentaje respecto Iluminación exterior			
			1	2	3	
0,10	0,10	0,10			0,10	
0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08
0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
0,05	0,06	0,06			0,06	
0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
0,03	0,03	0,03			0,03	

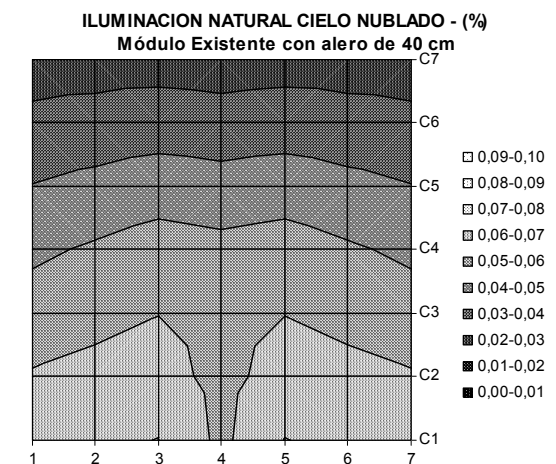
Tabla 2
Porcentaje de iluminación natural respecto a la disponibilidad exterior en módulo existente, medidas en el Cielo Artificial.



ILUMINACION NATURAL - DIA NUBLADO

Centro			Porcentaje respecto Iluminación exterior			
			1	2	3	
0,07	0,07	0,07			0,07	
0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05
0,05	0,05	0,05			0,05	
0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03
0,02	0,03	0,03			0,03	

Tabla 3
Porcentaje de iluminación natural respecto a la disponibilidad exterior en módulo con alero de 40 cm medidos en el Cielo Artificial.



Resultados del manejo y uso del edificio

El modificar la forma de funcionamiento y uso del edificio, como por ejemplo regular las ventilaciones diurnas o nocturnas es otra de las variables estudiadas que permitieron regular la temperatura y amplitud interior.

En este caso, se simularon con el programa Quick (Richards y Matthews, 1994) dos módulos iguales con variables respecto a la ventilación diurna y nocturna para evaluar la incidencia de este recurso y los resultados obtenidos fueron de una reducción de 2,2°C en la temperatura promedio interior con la ventilación nocturna y solo 1.5°C con la diurna en un día cálido.

Resultados de cambio de materialización

En el caso de modificación de la materialidad de la envolvente, se logra reducir 1,6°C cambiando el vidrio simple por DVH y la misma variación al colocar un filtro solar exterior con transmitancia del 25% sobre el vidrio común.

Resultado final

Se elaboró un cuadro resumen general con variables que implican decisiones de diseño, de uso y de materialidad y con los resultados obtenidos en los grupos analizados en los puntos anteriores, se volcaron los resultados de las variables estudiadas, verificando en forma directa los resultados al aplicar cada variable y su valoraron cuantitativa.

En este caso, se aplicaron los siguientes parámetros y se volcaron los resultados al cuadro resumen (Tabla 4):

- Influencia de la orientación, la diferencia de temperatura promedio diaria, entre módulo NO y SE.
- Utilización o no de aleros para una misma orientación con temperaturas promedio.
- Diferencia entre aplicar o no un alero vertical para orientación NO.
- Instrumentación de ventilación diurna.
- Instrumentación de ventilación nocturna.
- Diferencia entre uso de vidrio común y DVH
- Uso de filtro solar exterior (transmitancia de 25%).

TIPO DE DECISIÓN	ALTERNATIVA	EFICACIA
DISEÑO	Orientación (día cálido / día frío)	- 2 °C / - 3,8 °C
DISEÑO	Alero o parasol horizontal	- 1 °C
USO	Ventilación diurna	-1,5 °C
USO	Ventilación nocturna	-2,2 °C
MATERIAL	Tecnología doble vidrio DVH	-1,6 °C
MATERIAL	Filtro solar exterior	-1,6 °C

Tabla 4 - Tabla de variables simuladas en base al módulo 1(NO) y eficacia de cada alternativa.

CONCLUSIONES

La incidencia solar sobre la envolvente varía según la orientación, pero en general en los módulos originales sin modificación, se observa que las condiciones de confort interior en un día cálido están por encima del límite buscado y la temperatura interior es mayor que la máxima exterior, en cambio en un día frío, salvo en la orientación NO, el resto a pesar de estar por encima de la mínima exterior, está igualmente por debajo de los valores de confort buscados.

El uso de parasoles horizontales o verticales, dependiendo de la orientación, permite el control del asoleamiento estival y el aprovechamiento invernal en cada caso.

Las bandejas de luz permiten mejorar las condiciones de iluminación natural, especialmente en espacios profundos, pero disminuye la iluminación sobre los sectores más cercanos a la ventana.

Las mejoras conseguidas al aplicar cada medida estudiada, permiten estimar que las decisiones aplicadas en el diseño permiten mejoras más eficaces sobre los resultados finales del confort interior, que al aplicar al uso o cambios tecnológicos de materialización de la envolvente.

La integración en el rediseño de las envolventes, de sistemas energéticos a base de fuentes renovables permite reducir el consumo de fuentes convencionales, reemplazándolas por otras generadas por un sistema más sustentable. Con el estudio de la radiación incidente sobre dichos sistemas de generación, permiten evaluar el rendimiento del sistema, su aporte y compararlo con el uso del sistema tradicional existente en el edificio dentro del contexto energético actual argentino.

Este trabajo demuestra que la búsqueda de una arquitectura que optimice los recursos naturales, permite reducir los consumos energéticos para acondicionar edificios, es una solución para minimizar el impacto al medio y poder regenerar recursos.

El edificio en estudio corresponde a un gran número de edificios de envergadura que por su magnitud y representatividad institucional, constituyen un grave problema en el uso, aptitud, mantenimiento y durabilidad de un importante sector del patrimonio edilicio urbano.

La incorporación de estos conceptos en la práctica profesional, junto con la implementación de políticas y medidas de racionalización de energía a nivel nacional y regional es un punto de partida de suma importancia para dar respuesta a una necesidad que tiende a preservar las energías existentes y promover la utilización de recursos renovables.

REFERENCIAS

- Delbene C.A., Evans. J.M. (2006). Comportamiento de la envolvente edilicia en fachadas con distintas orientaciones: impactos y mejoras. ENTAC 2006, Florianópolis, Brasil. Págs. 268-274.
- Evans, J. M., (2003) Green Triangles, Energy & Buildings, Vol. 35, pp. 87-93.
- Evans, J. M. (2007) The comfort triangles, a new tool for bioclimatic design, PhD Thesis, Universidad Tecnológica de Delft, Delft.
- Evans J.M. et al. (1988). Estado de avance. Equipamiento del Laboratorio de Estudios Bioambientales. Actas de la XIII reunión de ASADES, Salta, Pág. 231-235
- Evans J. M. et al, 1997. Diseño y construcción de un cielo artificial tipo espejo. AVERMA. Vol.1, 1997, N°2, 121-124.
- Fanger, P. O., (1973) Thermal Comfort: analysis y aplicaciones in environmental engineering, McGraw Hill Book Company, Nueva York.
- Fanger P. O., (2001). Ajuste de VMP propuesto en el Seminario sobre Confort, Windsor, 2001
- IRAM, 1996. Norma IRAM 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Instituto de Racionalización Argentino de Materiales, Buenos Aires, Argentina.
- Richards, P. G. y Matthews, E. H. (1994) A thermal design tool for buildings in ground contact, Building and environment, 29:73-82.
- IRAM AADL 1996, Norma IRAM AADL J 20-02, Luminotecnia: Iluminación natural de edificios. Condiciones generales y requisitos especiales. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Asociación Argentina de Luminotecnia, Buenos Aires.
- AADL (2001), Iluminación: Luz, Visión, Comunicación, Asociación Argentina de Luminotécnica, Buenos Aires, 2001

ABSTRACT

The depletion of energy generated in from non-renewable sources requires a quick response in various areas, as architecture is an important user of these sources to achieve levels of comfort and performance, it is necessary to produce or refurbish buildings whit designs that reduce consumption or use renewable resources to meet their energy needs.

This paper presents an analysis method to refurbish an existing freestanding building in the city of Buenos Aires with poor comfort conditions and high energy demand. Results from physical and virtual simulations of heat and light behaviour allow a comparison and learn about the contribution of design and envelope on the comfort conditions and energy demand in spaces with identical facades and various orientations.

The analysis and developed methodology shows that a creative architecture to optimise natural resources is one of the ways that reduce energy consumption for conditioning of buildings.

Keywords: Internal comfort, bioclimatic design, building envelope, renewable sources.