

## **MEDICIONES Y SIMULACION DE ILUMINACION NATURAL EN EDIFICIOS CON PATIO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES**

María Eugenia Kralj <sup>(1)</sup>, María Leandra González Matterson <sup>(1)</sup>, John Martin Evans <sup>(2)</sup>  
CIHE, Centro de Investigación Hábitat y Energía, SICyT- FADU - UBA  
C.C. 1765 Correo Central (1000), Cap. Fed. o Pabellón 3, 4to. piso Ciudad Universitaria  
Fax: 54 011 4782 8871. E-Mail:evans@fadu.uba.ar

**RESUMEN** - Este trabajo es el avance de la investigación "Optimización de condiciones lumínicas y energéticas en edificios: ensayos en el cielo artificial, mediciones y simulaciones". El objetivo es la obtención de información a partir de mediciones de iluminación natural "in situ" en edificios con locales iluminados a través de patios en la Ciudad de Buenos Aires, y su comparación con los resultados que surgen del programa de simulación de iluminación natural Daylight y de ensayos con maquetas en el Cielo Artificial. Se observan diferencias entre los resultados de las mediciones y los de las simulaciones. Se intenta ampliar y verificar las herramientas de diseño para lograr una mejor calidad de iluminación natural en los espacios interiores.

**PALABRAS CLAVES:** Iluminación natural, Patios, Buenos Aires, Simulaciones, Mediciones in situ.

### **INTRODUCCION**

La tipología de edificios con patio tiene larga trayectoria en la ciudad de Buenos Aires. A través del tiempo se ha utilizado para diferentes usos, constituyendo una manera más de proveer iluminación natural a los espacios interiores del edificio. Tanto en patios que pertenezcan a un mismo edificio o casa, o patios de aire y luz, la ciudad está colmada de ellos. Depende de cómo se diseñen o modifiquen tanto los patios como los locales que den a éstos, la calidad de luz que se logre.

El propósito es estudiar características de iluminación natural en espacios iluminados a través de patios, comparando y verificando las mediciones "in situ" con las simulaciones hechas con el programa Daylight (Frame & Birch, 1991), y maquetas utilizadas en el Cielo Artificial. Se consideran como factores importantes la reflectancia de las superficies y la transmitancia lumínica de los vidrios. Entre los edificios que se estudian, se pueden citar el Centro Cultural Recoleta, el edificio Santa María de la Universidad Católica Argentina en Puerto Madero, el Museo Sívori, el Colegio Nacional de Buenos Aires y el Pabellón 3, FADU-UBA, en Ciudad Universitaria. Aquí se hará referencia específicamente a los dos primeros, que son los que presentan mayores avances. En los dos casos, los edificios actuales resultaron del reciclaje y restauración de construcciones ya existentes que tenían usos diferentes a los que poseen en la actualidad.

### **MEDICIONES Y SIMULACIONES**

La metodología de estudio es similar a la usada en el trabajo (González Matterson et al, 2000). Se utilizan fotómetro y luxómetro para las mediciones in situ, fotografías de los espacios estudiados y el programa de simulación Daylight. Al utilizar este programa, aparecieron algunas dificultades para representar con precisión un espacio a estudiar:

- No se permiten diferencias en el ancho de una misma pared.
- Las aberturas no pueden tener formas que contengan curvas o arcos.
- No se permite introducir el tamaño de los marcos de las aberturas, ni travesaños, elementos que son significativos en el aumento o disminución de la iluminación interior.
- No se permite representar salto en niveles de cielorraso o darle pendiente a éste.
- No se permite dar niveles diferentes de reflectancia a las paredes interiores.

Comparando con los datos obtenidos a partir de la simulación en el Daylight y las mediciones, se verificaron diferencias importantes. Generalmente, el programa arroja resultados donde el factor de luz diurna es más elevado que en la realidad. Para obtener el mismo resultado, se tuvo que disminuir el factor de transmitancia lumínica de los vidrios o la reflexión de superficies interiores.

### **DOS CASOS DE ESTUDIO**

Resulta de interés comparar los valores resultantes obtenidos a partir de las mediciones en el Centro Cultural Recoleta con los del edificio de la UCA. Aunque los espacios interiores de ambos edificios son diferentes y poseen usos diversos, exposiciones en el primero y, oficinas y biblioteca en el segundo, hay situaciones similares, como por ejemplo, espacios que dan a patios y galerías que influyen en la iluminación interior. Pero se denotan diferencias importantes en cuanto a los materiales, colores y terminaciones de los pisos, paredes y cielorrasos, como así también en el coeficiente de transmitancia lumínica de los vidrios, lo que genera diferencias en los resultantes niveles de iluminación interior.

(1) Becarias, Agencia de Promoción de Ciencia y Tecnología

(2) Director del Proyecto PICT 1623

Para ambos casos, se presentan cortes con la curva del factor de luz diurna (FLD), plantas con la distribución de la iluminación y cuadros con valores representativos de las características del edificio (materiales y reflectancia de las superficies, transmitancia lumínica de los vidrios, etc).

Las mediciones “in situ” se realizaron durante los meses de julio y agosto, en días de cielo nublado.

Para el análisis, se toman los datos obtenidos de las mediciones de iluminación que se realizan en el CIHE-FADU (Evans et al, 1999b), en los cuales se observa que la variación del nivel de iluminación, entre las 10 y las 16 hs, está entre 5.000 y 30.000 lux en días nublados, llegando a 70.000 lux en días soleados durante el invierno, y a más de 100.000 lux en verano. A partir de estos valores y del factor de luz diurna, se estudian las características lumínicas de los espacios interiores.

### CENTRO CULTURAL RECOLETA

Este complejo posee varios patios que proveen de iluminación natural a los locales interiores. El nivel de iluminación es por lo general bastante bueno, a veces un poco elevado. Los espacios estudiados están orientados al Sur, por lo cual no poseen iluminación solar directa. La existencia de paredes blancas exteriores e interiores, y aberturas generosas, son factores que generan un aumento en el nivel de iluminación natural. Se estudian 3 sectores del complejo, dos pasillos de exposiciones que dan a un patio, y un hall de acceso a otro espacio de exposiciones, que recibe iluminación a través de un patio también.

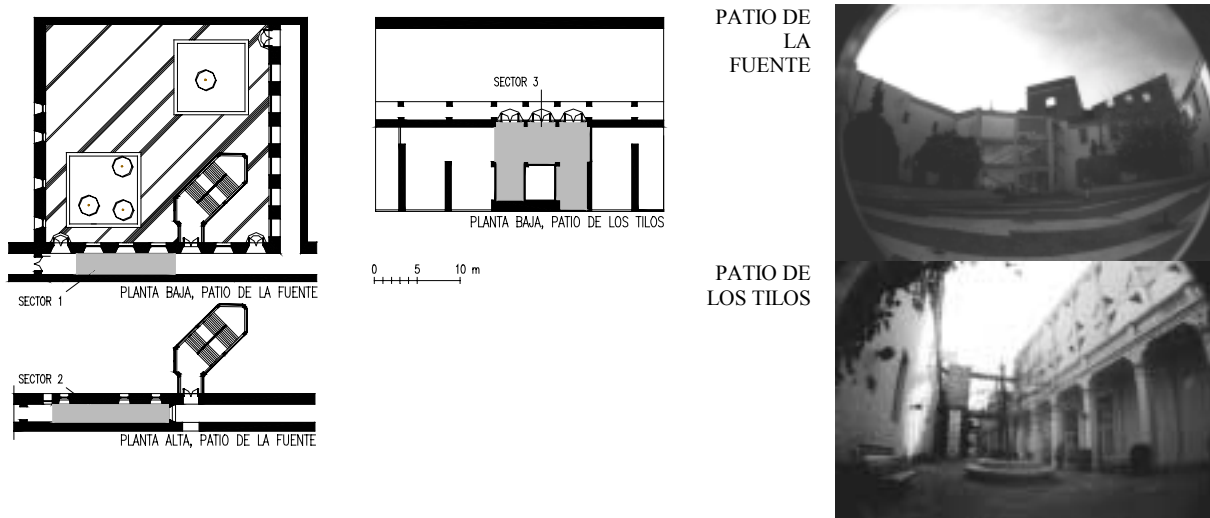


Figura 1. Planta e imágenes del Centro Cultural Recoleta.

- **Sectores 1 y 2: Pasillos de exposiciones en PB y PA, Patio de las Fuentes**

Tabla 1. Coeficientes de reflexión y transmitancia lumínica.

Superficies interiores	material	Reflectancia
Piso	mosaico granítico gris claro	33%
Cielorraso	pintura látex blanca	83%
Paredes	pintura látex blanca	83%
Superficies exteriores	material	Reflectancia
Piso	baldosas perimetrales grises	44%
	adoquines	21%
	Pasto y plantas	13%
Paredes	pintura látex blanca	81%
Superficie	transmitancia	
Vidrio	87%	



Figura 2. Imágenes sectores 1 y 2

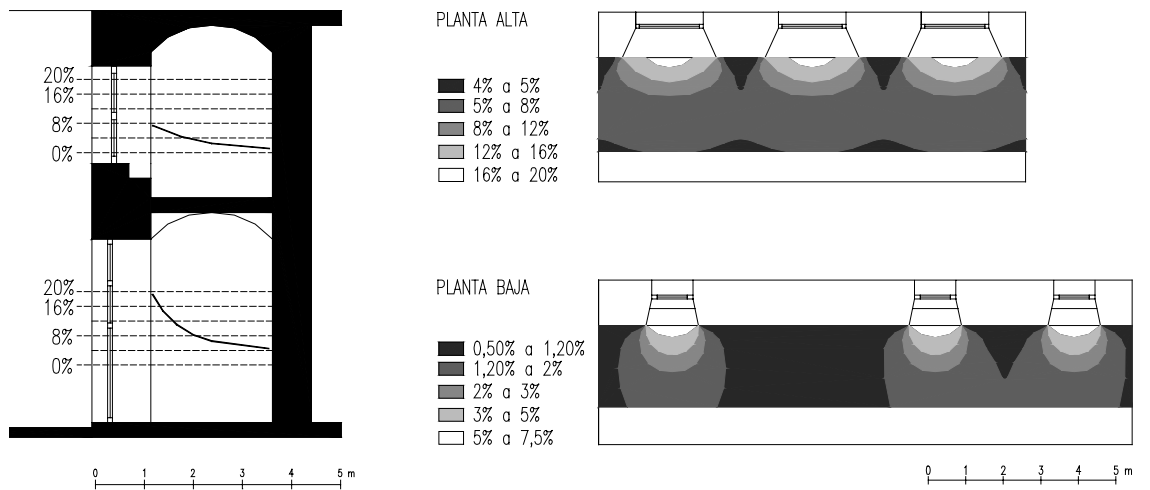


Figura3. Corte con curva de iluminación según FLD y plantas con distribución de la iluminación según FLD.

La planta baja tiene un alto nivel de iluminación natural. El FLD alcanza el 19% cerca de la ventana, el 7% en el punto medio y el 5% contra la pared. En un día nublado de alrededor de 4.500 lux exteriores, estos valores corresponden a 855, 315 y 225 lux respectivamente. Estos porcentajes pueden resultar excesivos en días soleados donde la iluminación exterior llega a 70.000 lux, en los cuales ascenderían a 13.000, 4.900 y 3.500 lux. Los elementos que contribuyen al elevado nivel de iluminación, son las grandes aberturas en relación a la pequeña superficie a iluminar, los vanos que se abren hacia el interior haciendo de difusores y el hecho de que todas las paredes sean blancas, tanto en el interior como en el exterior. Hay problemas de reflejos sobre los vidrios de los cuadros expuestos, siendo esto molesto a la vista además de no permitir visualizar bien el trabajo. No hay mecanismos para pueda disminuir o graduar el nivel de iluminación interior. En cuanto a la planta alta, sus ventanas son más pequeñas y la iluminación está más controlada, siendo el FLD de 7,5% cerca de la ventana, 2,8% en el medio y 1,7% contra la pared, y en las zonas donde no hay aberturas este valor desciende a 0,5%.

• **Sector 3: Hall de acceso a salas de exposiciones, Patio de los Tilos**

Tabla 2. Coeficientes de reflexión y transmitancia lumínica.

Superficies interiores	material	reflectancia
Piso	mosaico granítico beige claro	45%
Cielorraso	pintura látex blanca	83%
Paredes	pintura látex blanca	83%
Superficies exteriores	material	reflectancia
Escalones acceso	Mármol de Carrara blanco	48%
piso patio	adoquines	21%
Pared de enfrente	pintura látex blanca	81%
Pared propia	pintura látex amarilla	62%
Pared lateral	pintura látex roja	20%
Superficie	transmitancia	
Vidrio		87%



Figura 4. Imagen del Sector 3.

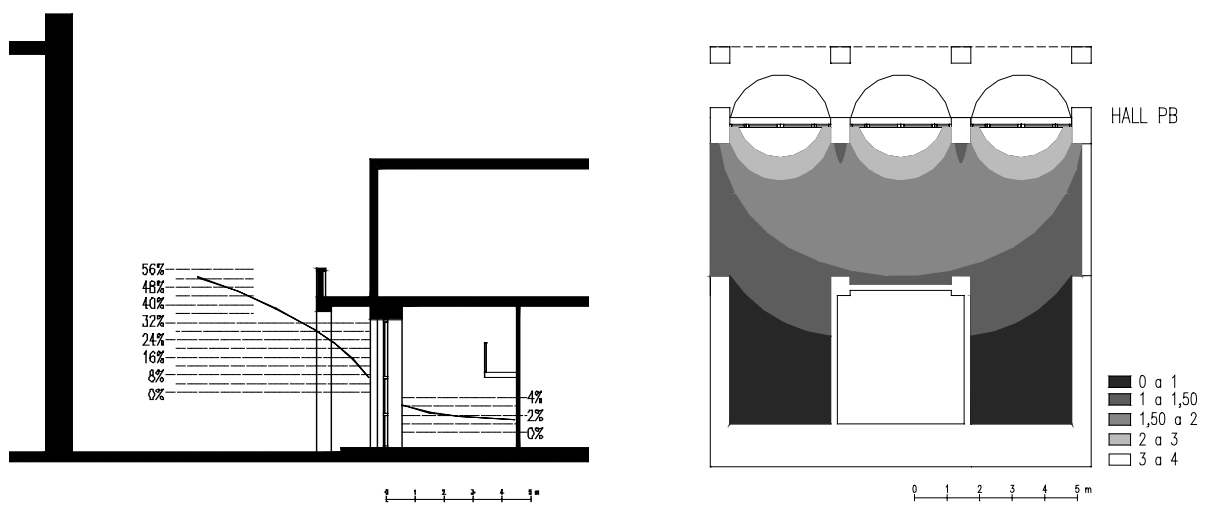


Figura 5. Corte con curva de iluminación según FLD y planta con distribución de la iluminación según FLD.

La iluminación es bastante pareja y agradable. La galería actúa como atenuante del contraste exterior y del nivel de iluminación interior. Por otro lado, la pared blanca exterior orientada al norte, enfrentada a la galería, genera un aumento de la iluminación al tener una alta reflectancia. El FLD varía entre 3,15% y 1,55% en una profundidad de 4 metros en el caso donde hay una pared de fondo blanca, como se ve en la parte central de la planta. En este caso se ve cómo al colocar un elemento de alta reflectancia en la profundidad del local no sólo aumenta la iluminación de éste, sino que a la vez la emparea, siendo menor la variación de los FLD.

### UCA- EDIFICIO SANTA MARÍA

El edificio es un antiguo dock reciclado, en el cual se introdujo un patio con uno de sus lados abiertos. Con este elemento, se intentó proveer de mayor iluminación natural a los locales del edificio, ya que se caracteriza por una acentuada profundidad en las plantas. El patio ilumina la biblioteca, que también tiene aberturas a la avenida, y por otro lado, oficinas. Los espacios de biblioteca tienen 19 metros de profundidad, lo cual hace muy difícil lograr una iluminación natural suficiente.

En el edificio existen dos tipos de vidrio diferentes en cuanto al factor de transmitancia lumínica: 23% y 83%. En el segundo piso se colocaron ventanas con vidrios de 23% de transmitancia en las aberturas que dan al patio y a la avenida. Es el caso del sector de la biblioteca que se estudia y de la oficina del mismo nivel. En cuanto al primer piso, sólo las ventanas que dan a la avenida tienen vidrios de 23% de transmitancia. En el resto de los vidrios, este factor es de 83%. Es el ejemplo de la oficina del primer piso que da a la galería del patio.

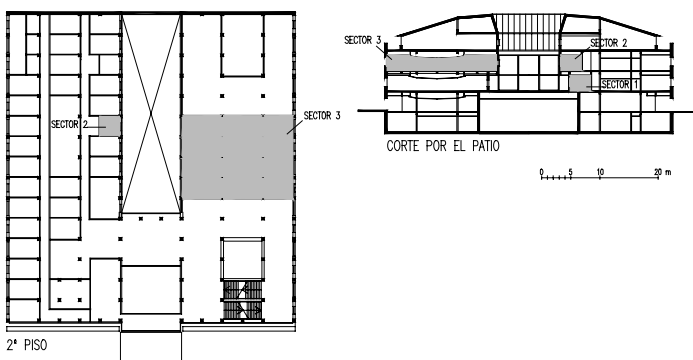


Figura 6. Planta y corte del edificio de la UCA



Figura 7. Imágen del patio

- **Sectores 1 y 2: Oficinas primero y segundo piso**

Tabla 3. Coeficientes de reflexión y transmitancia lumínica.

<b>superficies interiores</b>	material	<b>reflectancia</b>
Piso	alfombra beige	21%
Cielorraso	pintura látex blanca	83%
Paredes	pintura látex blanca	83%
Equipamiento	madera	36%
<b>superficies exteriores</b>	material	<b>reflectancia</b>
piso patio	adoquines	23%
Paredes	Revestimiento simil piedra color crema	40%
Canteros	Mármol de Carrara blanco	55%
<b>Superficie</b>	transmitancia	
Vidrio	23%	

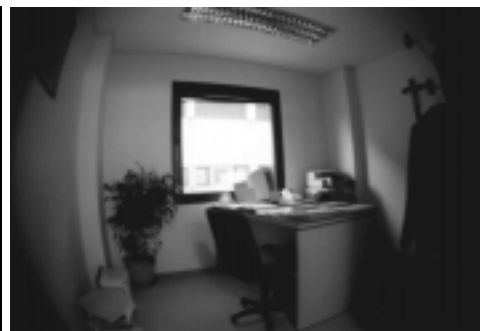


Figura 8. Imágen de una oficina

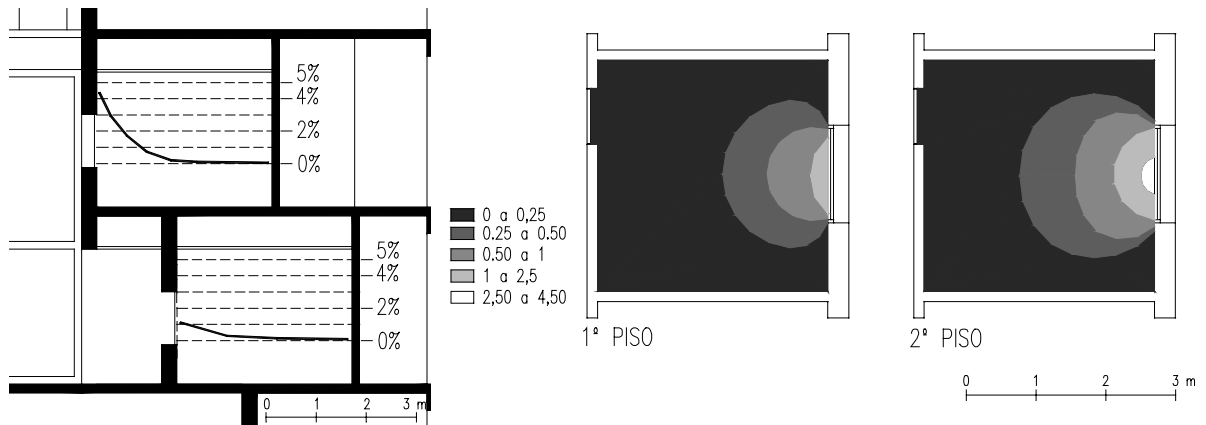


Figura 9. Corte con curva de iluminación según FLD y plantas con distribución de la iluminación según FLD.

La iluminación natural resulta insuficiente en ambas oficinas. En la oficina del primer piso, el FLD cerca de la ventana es 1,1%, y al metro de distancia ya cae a 0,3%. A estos valores contribuyen varios factores, tales como el no tener un ángulo de apertura al cielo, la galería, y el hecho de que la pared de enfrente tenga una reflectancia de 40%, que no es baja, pero sí, en relación a la reflectancia de una pared blanca. La oficina del segundo piso está en mejores condiciones en cuanto a su ubicación en el patio, pero el vidrio de 23% de transmitancia disminuye mucho el nivel de iluminación interior. Cerca de la ventana el FLD es de 4,1%, y al metro 0,69%. Con un vidrio de 83%, estos valores se elevarían a más del triple.

- **Sector3: biblioteca, primero y segundo piso**

Las características de los materiales son similares a las del sector 1.



Figura 10. Imágen biblioteca lado patio.



Figura 11. Imágen biblioteca lado avenida.

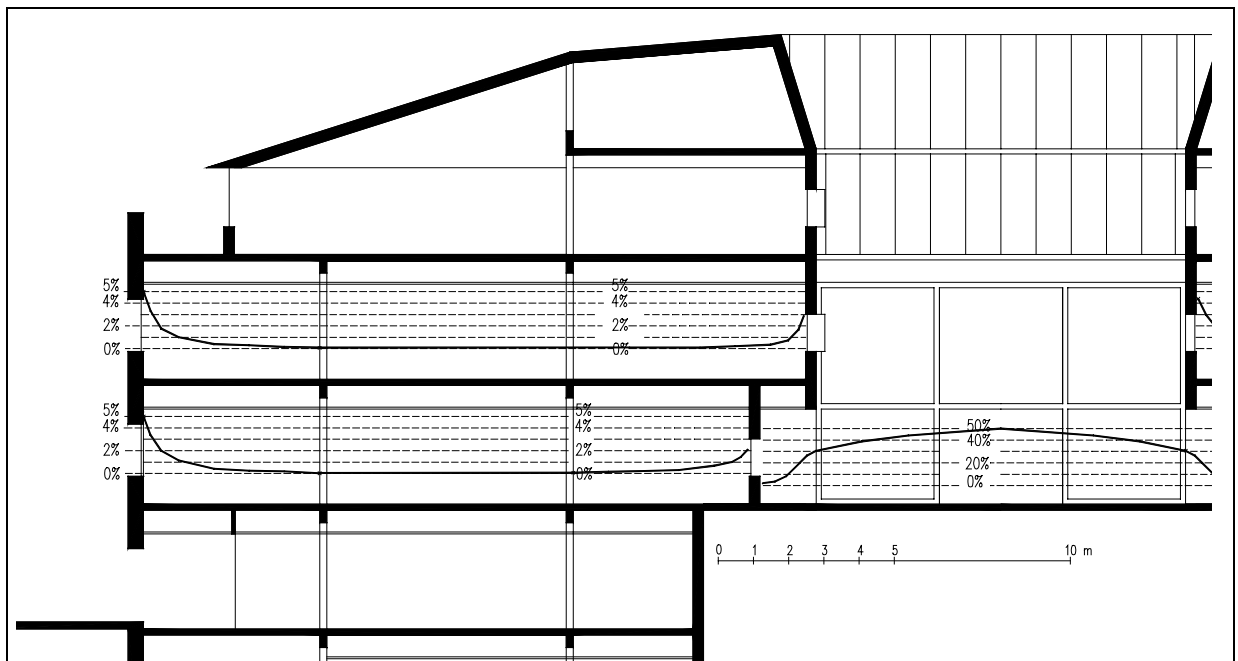


Figura 12. Corte con curvas de iluminación según el FLD.

Para la biblioteca también se han utilizado vidrios con un coeficiente de 23%, salvo en el primer piso del lado del patio. Se puede observar en el gráfico que los FLD son bajos también. En el segundo piso sobre la avenida, el FLD es 5%, al metro, 1% y a los dos metros, 0,4%. Sobre el patio, los valores son 3%, 0,2% y 0,17%. Existe el problema del sol del oeste en el sector que da a la avenida; razón por la cual se deben haber utilizado los vidrios con bajo coeficiente de transmitancia. Los rayos del sol se reflejan sobre las superficies de lectura de todas maneras, siendo insuficiente protección solar. No existe otro tipo de protección solar, como parasoles o cortinas. Del lado del patio, quizás hubiese sido mejor utilizar vidrios de 83%, y agregar un pequeño parasol para el sol del verano.

## CONCLUSIONES

A partir de este análisis se pueden obtener algunos conceptos de diseño para mejorar la calidad de iluminación natural en espacios que iluminan a través de patios.

La utilización de terminaciones con altas reflectancias en paredes y pisos de los patios, es una herramienta para elevar el nivel de iluminación de los locales. Lo mismo es beneficioso en los interiores, en cuanto a las terminaciones de paredes, cielorrasos y equipamiento. Es interesante el caso del Centro Cultural Recoleta, donde las áreas de exposiciones y el hall estudiados, tienen orientación sur, lo que evita la radiación directa, pero a la vez, aumentan el nivel de iluminación a través de las paredes blancas exteriores.

El tema de la transmitancia lumínica de los vidrios es de suma importancia, ya que los niveles de iluminación pueden tener una variación muy importante de acuerdo al vidrio que se utilice. En el caso de los patios, donde la iluminación exterior es menor de por sí, no es conveniente utilizar vidrios con bajo factor de transmitancia. Es preferible agregar algún tipo de protección solar para cuando sea necesario.

En los casos donde la iluminación es muy alta, elementos como galerías atenúan el nivel de iluminación y evitan contrastes molestos.

En cuanto al programa Daylight, es de utilidad para saber cómo se distribuye la iluminación en un local aunque los valores resultantes difieran sensiblemente de los obtenidos de las mediciones "in situ".

Se proyecta en el futuro próximo empezar a hacer los ensayos con maquetas en el cielo artificial, a partir de los cuales se tendrá otro elemento más de estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo cuenta con el apoyo económico de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 1623).

## REFERENCIAS

- Evans, J.M; Baroldi, G.M., Marmora, M.I. (1997). Diseño y construcción de un cielo artificial tipo espejo. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Volumen 1, N. 1, Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Volume 1, pp. 121-124.
- Evans, J.M; Bogatto, M., Marmora, M.I., San Juan, G.A. (1998). Iluminación en maquetas y espacios con iluminación natural. Recomendaciones para su medición. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Volumen 2, N. 2, Salta, Argentina. Volume 2, pp. 37-40.
- Evans, J.M, Bogatto, M., Eguía S., Baroldi G., (1999a). Uso de modelos a escala en el Cielo Artificial. Características de reflexión de los acabados superficiales interiores y exteriores. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Volumen 3, N. 2, Tucumán, Argentina. Volume 3, pp. 169-172.
- Evans JM, de Schiller S, Fernández A, Delbene C, Sartorio J. (1999b). Iluminación en Arquitectura. Eficiencia energética y calidad ambiental en latitudes intermedias, Proyecto UBACyT TA12. XIV Jornadas de Investigación de la SICyT, 1999, FADU-UBA, Buenos Aires.
- Fontoynt, M. (1999). Daylight performance of building. (James & James) for European Commission Directorate General XII for Science, Research and Development. Lyon, France.
- Frame, I & Birch, S. (1991). Daylight Version 4.1, Dept. of Built Environment, University of East Anglia.
- González Matterson, M. L., Kralj, M. E., Evans, J. M. (2000). Evaluación de Condiciones de Iluminación Natural con Luz Cenital. Mediciones en Edificios de la Ciudad de Buenos Aires. Trabajo enviado a Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente.
- IRAM-AADL J20-02 (1969) Iluminación natural en edificios. Condiciones generales y requisitos especiales.

## MEASUREMENT AND SIMULATION OF DAYLIGHT IN PATIO BUILDINGS IN THE CITY OF BUENOS AIRES

**ABSTRACT** - This paper presents the advances of the research 'Optimisation of luminous conditions and energy in buildings, tests in the artificial sky, measurements and simulations'. The object is to obtain information using measurements on natural lighting in situ in interior spaces illuminated by patios in the City of Buenos Aires, and comparisons with the results obtained with simulation programs and model studies in the artificial sky. There are differences between measurements and simulations. In this way, improved tools for obtaining a better quality of daylight can be developed for indoor spaces.