

MEDICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FOTOMETRICAS DE SISTEMAS DE ILUMINACION NATURAL

A. Pattini¹, C de Rosa², C. Kirschbaum³

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Instituto Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (LAHV INCIHUSA)
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas – CRICYT C.C.131 C.P. 5500 – Mendoza
Tel. 0261-4288797 – Fax 0261-4287370 e-mail: apattini@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN: La calidad de la iluminación en espacios interiores depende en gran medida, de las propiedades luminosas de los sistemas de iluminación natural empleados. Las características fotométricas de éstos, especialmente de los sistemas innovativos, que interceptan la luz solar para difundirla y/o redistribuirla, están determinadas por su diseño y por las propiedades de sus materiales. En el presente trabajo se exponen las tareas de acondicionamiento de un dispositivo experimental para mediciones de distribución de intensidades luminosas de tres alternativas de sistema de iluminación natural (uno opaco y dos traslúcidos) colocados en el interior de una ventana. Se comparan los resultados de las mediciones de distribución de intensidades luminosas efectuadas. Éstas muestran direcciones predominantes opuestas entre los difusores de tablillas opacas y los dos de tablillas traslúcidas (tela y policarbonato), permitiendo una mayor homogeneidad luminosa del espacio el caso medido de las tablillas de policarbonato.

Palabras clave: Iluminación natural, ensayos de distribución de intensidades luminosas. Luz solar. Mediciones.

INTRODUCCION

La iluminación natural de espacios ha recobrado en la última década un interés importante, ya sea porque a través de ella se proponen ahorros energéticos en electricidad de espacios interiores durante las horas diurnas, o por sus aportes a la calidad ambiental interior y al confort y beneficios en el comportamiento de los ocupantes de los edificios. (Boyce, P. 1998). Una de las primeras consideraciones a realizar cuando se decide utilizar luz natural en el interior de los espacios, es conocer la disponibilidad de la iluminación exterior en la localidad donde se emplazará el edificio, esto ayudará a definir, en la etapa de prediseño, la estrategia mas adecuada para cielo nublado predominante o cielo claro predominante, y la presencia estacional del sol, según las necesidades de ahorro esperado y calidad ambiental. En el caso particular de Mendoza, (SMN,1992), El mayor problema es la radiación directa, que puede ocasionar deslumbramientos, ya que los días con sol y con cielo parcialmente nublado alcanzan aproximadamente al 83% del año, correspondiendo sólo un 15% a los días anuales con cielo completamente nublado.

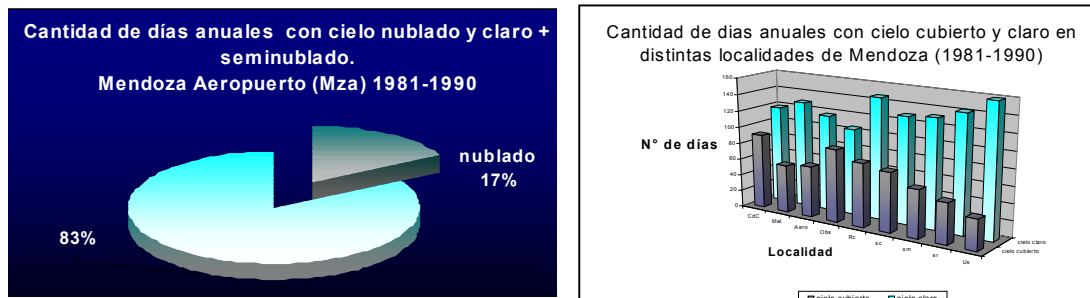


Figura 1- Izquierda: porcentaje de días nublados y soleados en el año en Mendoza, Aeropuerto. Derecha: n° días anuales con sol (color celeste) y nublado (color gris) en distintas localidades de Mendoza.

Para los casos en que se utilice como premisa de diseño de un edificio el acondicionamiento interior de sus espacios mediante energía solar pasiva, una estrategia posible de iluminación natural para iluminar, durante las horas diurnas, es a través de la misma superficie de ganancia directa prevista para calefaccionar. (Moore, 1985). (Lam, 1986). El problema de diseño al que nos enfrentamos ante esta decisión es disminuir o eliminar los riesgos de posibles deslumbramientos tanto fisiológicos (que afectan la visión de objetos) como psicológicos (que resultan molestos) en el interior de locales; principalmente si dentro de estos espacios se realizarán tareas visuales con cierto nivel de exigencia como en las aulas de escuelas, oficinas, industrias y edificios comerciales en general. Conceptualmente, la luz solar directa no es adecuada para la iluminar interiores, esto es por los elevados contrastes que se producen entre las superficies que son iluminadas con luz directa y las superficies en sombra (entre 10.000 a 100.000 lux) y las que son iluminadas indirectamente (por reflexión, entre 50 a 1.000 lux). todo esto dentro de nuestro campo visual, con el consiguiente sobre-esfuerzo de nuestros ojos para realizar en confort las tareas visuales (Aizlewood, M., 1998).

¹ Investigadora LAHV-INCIHUSA-CONICET

² Investigador LAHV-INCIHUSA-CONICET

³ Investigador Dpto. Luminotecnia Luz y Visión -Fac. Ccias. Exactas y Tecnológicas-UNT-CONICET

En general, los diseños bioclimáticos que utilizan la ganancia directa (superficies vidriadas orientadas al norte) como estrategia para calefactar, no contemplan los anteriormente mencionados riesgos de deslumbramientos, correspondientes al ingreso de luz solar durante los meses de invierno, mientras sí se asegura el bloqueo de la radiación directa en los meses de verano a través del uso de aleros exteriores, evitando de este modo el sobrecalentamiento en el período estival. Un modo de trabajar conjuntamente las posibilidades de acondicionamiento natural, desde el punto de vista térmico y lumínico, principalmente en espacios donde se recomienda evitar deslumbramientos, es dejar ingresar la radiación directa para calefacción durante el invierno y controlarla desde el interior con sistemas diseñados a tal efecto. En este trabajo se expone el estudio de un sistema de aprovechamiento adecuado de la luz natural, que consiste en un difusor interior con componentes verticales. (Pattini, A., Kirschbaum, C., 1998) (Basso y col., 1999) .

El concepto de diseño utilizado está especificado en la siguiente figura 2, puede variarse su dimensionamiento para proveer distintas soluciones según la necesidad particular de cada espacio. Para realizar sus ajustes dimensionales así como los materiales constitutivos de las distintas alternativas posibles, se propone la evaluación mediante mediciones de iluminación interior alcanzado y distribución de intensidades luminosas para cada sistema propuesto y su comparación con las mediciones de la misma ventana sin difusores y así conocer sus efectos luminosos y seleccionar el que se adapte mejor a cada propuesta de iluminación.

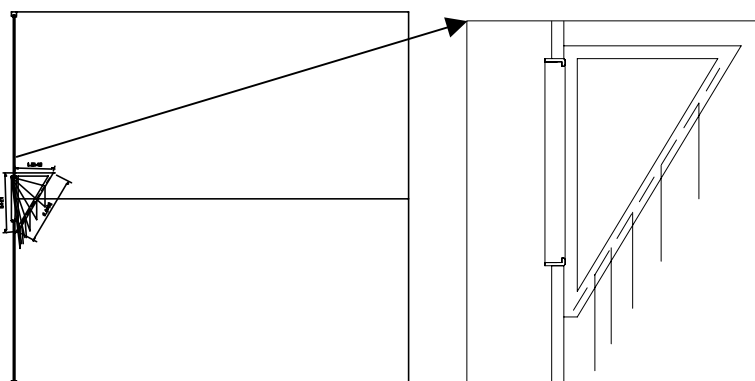


Figura 2. Difusor interior a una ventana compuesto por tablillas verticales fijas.

DISEÑO DEL ENSAYO

Con el objetivo de conocer la distribución de intensidades luminosas efectuada por tres materiales distintos a evaluar en los componentes verticales para el mismo tipo de sistema de iluminación natural, se diseñó un dispositivo de medición mediante la ubicación de sensores distribuidos en dos planos, horizontal y vertical, para medir la distribución de los niveles de iluminación resultantes en cada uno de los casos (ver figura 4). Estos resultados se comparan con la abertura sin difusor o elemento de control.

El dispositivo de ensayos acondicionado para este fin permite además de evaluar los resultados para este caso particular, realizar evaluaciones fotométricas de distintas estrategias de iluminación natural posibles de ser diseñadas.

El dispositivo del LAHV está ubicado en terrenos del CRICYT sin obstrucciones considerables en su perímetro y tiene unas dimensiones aproximadas de 3 x 3 x 3 m, está montado sobre una plataforma giratoria que le permite un giro de 360°. (Fig. 2)



Figura 2. Vista exterior del dispositivo de ensayos, ubicado en el predio del CRICYT, en su estado inicial.

Sobre su lateral abierto se colocó un panel de cierre con una abertura central de 0.3 x 0.3 m. Desde el interior se montó la estructura que sostiene a los componentes de los difusores a ensayar. (Figura 1. Foto derecha).

Para evitar los aportes de iluminación correspondientes a la componente reflejada del interior en las mediciones, se revistieron todas las superficies internas (piso, muros y techo) de color negro. Se controló que no hubiese infiltraciones de luz en el interior del recinto a través de las uniones de los paneles entre sí en los muros, entre los muros y pisos, y entre los muros y techo, asegurándonos que la única fuente de luz a registrar solo ingrese por la ventana (Figura 3).

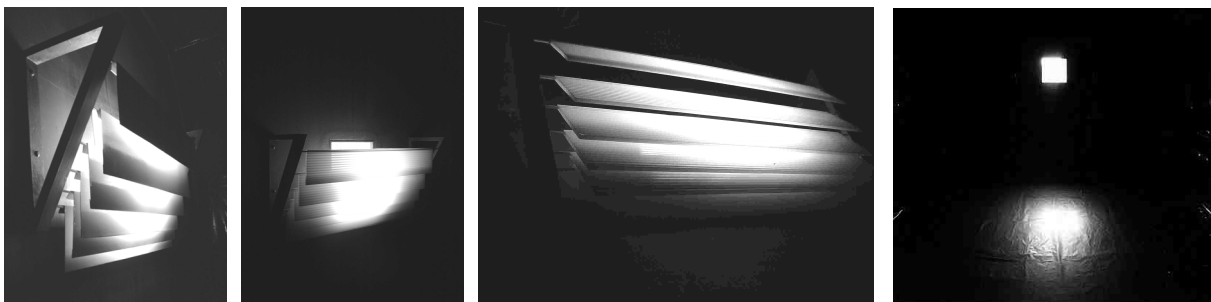


Figura 3. Vista interior del dispositivo con los difusores colocados, opacos blanco, tela, policarbonato y ventana sin difusor respectivamente.

Mediciones y primeros resultados

En el interior del muro de cierre se montaron las ménsulas que sostienen los componentes verticales sobre las que se efectuaron perforaciones que posibilitan la rápida instalación e intercambio de los tres materiales utilizados, como también a la estructura que sostiene los dos semicírculos con los sensores (Figura 3).

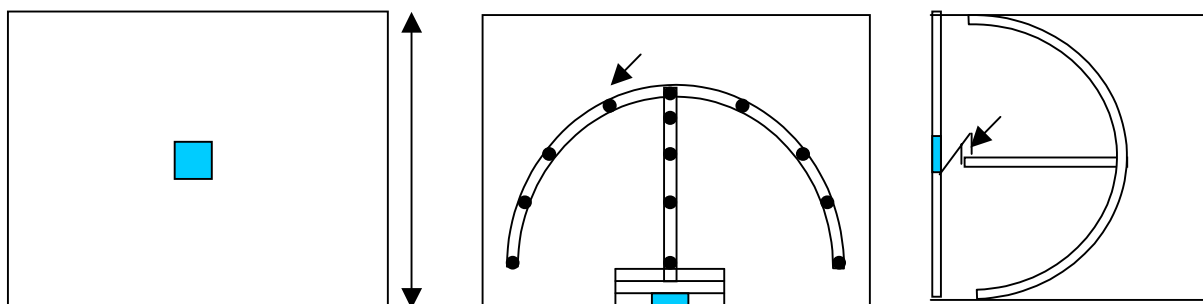


Figura 4. Esquema de fachada, planta y corte del dispositivo de ensayo y los semicírculos que contienen los 9 sensores del plano vertical y los 9 del plano horizontal respectivamente.

Los ensayos correspondieron a: ventana sin control solar (1), difusor de lienzo acrílico color natural, tensado (2), policarbonato alveolar lechoso de 8mm colocado con los alvéolos horizontales (3) y de chapa metálica pintada con esmalte sintético blanco brillante (4). Figura 5.

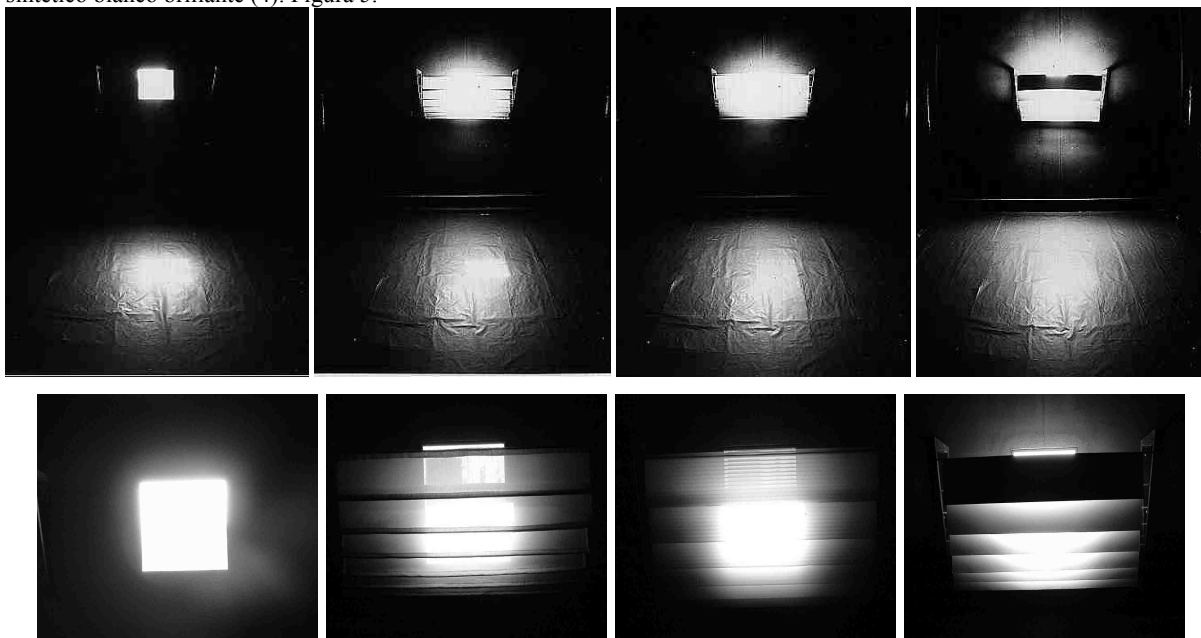


Figura 5. Foto de las cuatro situaciones medidas. (1) ventana sin control solar, (2) difusor de tela, (3) difusor policarbonato, Difusor opaco (4)

Equipamiento fotométrico

La distribución de luminancias en el interior del dispositivo se determinó mediante un luxímetro multicanal (International light). Los sensores poseen corrector de coseno y un rango de medición de 1 a 100.000 lux. Se colocaron 9 sensores equidistantes entre sí, sobre el semicírculo vertical y 9 sobre el semicírculo horizontal como indica la figura 6.

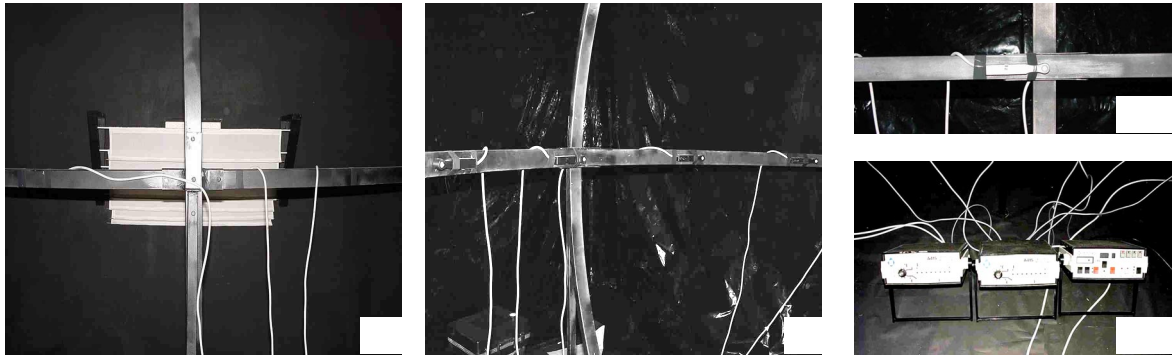


Figura 6. A) Vista posterior de los sensores midiendo el difusor de tela, B) Vista Frontal de los semicírculos con los sensores, C) Vista del sensor central, D) Multicanal registrando los datos.

Por otra parte, un sensor registraba la iluminación exterior horizontal, para controlar que no se modifique significativamente la fuente luminosa ($\pm 5\%$) durante las mediciones; si esto ocurría la medición se iniciaba de nuevo.

En las imágenes de la figura 5 puede observarse las diferencias de distribución de luz natural ingresada al dispositivo de ensayos para cada una de las cuatro situaciones durante las mediciones. La mancha solar es neta y con contornos bien definidos, dándose una situación de máximo contraste en el caso de la ventana sin difusor (2), sigue siendo bastante importante el contraste en el ensayo de difusor de tela (2) es mas difusa en el caso de policarbonato (3) y tiene una difusión "inversa" (por múltiples reflexiones) para el caso de utilizar material opaco (4).

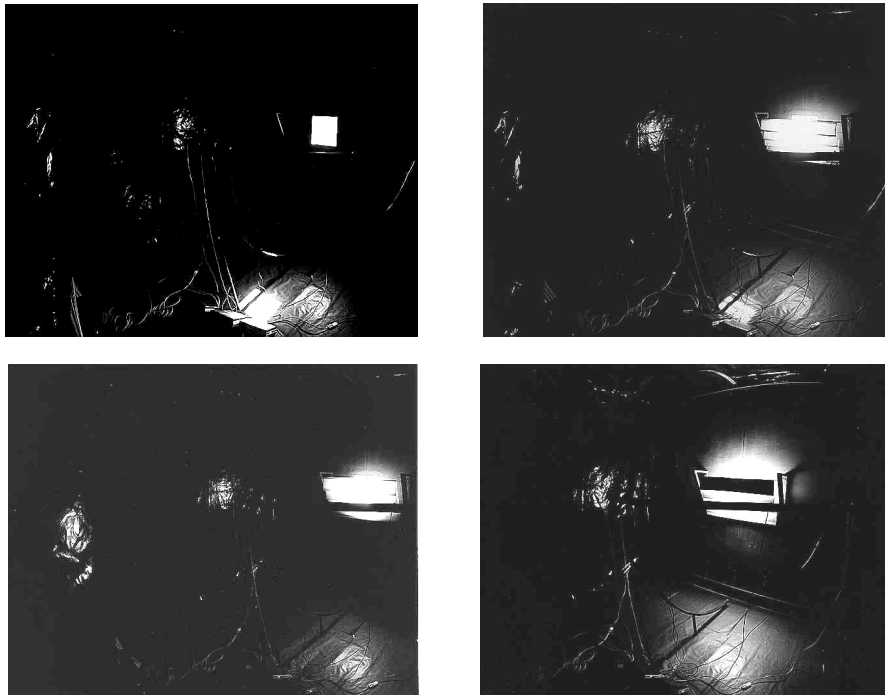


Figura 7. Fotos de las cuatro situaciones durante las mediciones.

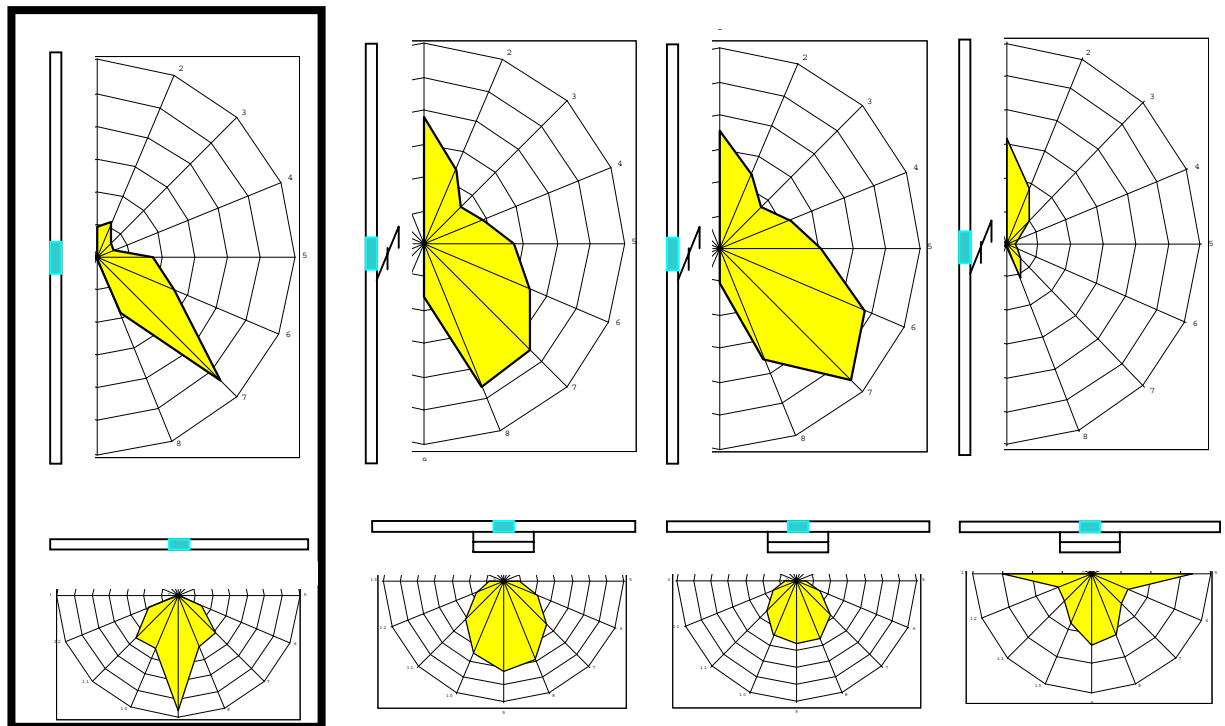
PRIMEROS RESULTADOS:

Cada uno de los tres materiales del sistema fue medidos siguiendo el protocolo del ensayo, al medio día solar, partiendo por la medición de control, correspondiente a la ventana sin difusores (1), siguiendo por la medición con difusores de tela (2), luego con los difusores de policarbonato (3) y por último los difusores opacos (4). La posibilidad de giro del dispositivo, junto con el sensor que mide la iluminancia exterior permitió controlar la cantidad y dirección de iluminación incidente durante el periodo completo del ensayo.

En la figura 8 se han graficado las curvas de distribución de intensidades, correspondientes a las mediciones del plano vertical y horizontal respectivamente. Para representar las mediciones del plano Vertical correspondientes a las cuatro situaciones medidas, se ha modificado la escala del gráfico (1) llevando su máximo a 1200 lux, y en los tres resultados graficados de las mediciones de los difusores, el valor máximo de la escala utilizada es 600 lux, de esta manera se puede apreciar comparativamente las "formas" de las curvas de distribución resultantes.

Como puede notarse la distribución varía considerablemente para el caso de material opaco reflector (4), invirtiendo la dirección predominante hacia arriba, concentrando las intensidades próximas al muro que contiene la fuente luminosa; mientras para (1), (2) y (3) la dirección principal es hacia abajo. La mayor semejanza en cuanto a las distribuciones de intensidades se encuentra en las mediciones efectuadas con policarbonato (3) y tela (2), mientras que la menor dispersión de luz se encuentra para el caso medido sin difusores (1) como sería de esperar

En cuanto a las curvas de distribución en el plano vertical, el caso de material opaco reflector muestra un comportamiento diferente al resto de los casos medidos, produciendo una difusión inversa (cambiando la dirección del rayo solar directo que ingresa por la ventana) por efecto de las múltiples reflexiones entre los componentes opacos, pintados con esmalte sintético blanco brillante. En los otros dos difusores la luz difusa se corresponde con la dirección del rayo incidente mostrando una distribución muy similar entre ambas (poli carbonato blanco lechoso y tela, lienzo sintético natural) Una menor dispersión se obtiene obviamente para el caso de la ventana sin difusores.



(1) Sin difusor (2) difusor de tela (3) difusor policarbonato (4) difusor opaco
 Figura 8. Resultado de las mediciones en plano vertical y horizontal respectivamente. Curvas de distribución de iluminancia.

Este comportamiento tan diferenciado de los materiales utilizados en los difusores permite evaluar para cual de las aplicaciones se adapta mejor cada uno de ellos. Por ejemplo en el caso que se trate de un local con ventanas norte superiores, emplazadas en un muro claro (reflector) y ventanas a la altura del campo visual en el muro opuesto (sur). La mejor distribución de la iluminación natural en el interior la logrará un difusor con componentes opacos reflectores, que bloquean el ingreso de la componente solar directa en los meses de invierno y aumentará el coeficiente reflejado del interior (CRI) en el muro que contiene al difusor. (Figura 9).

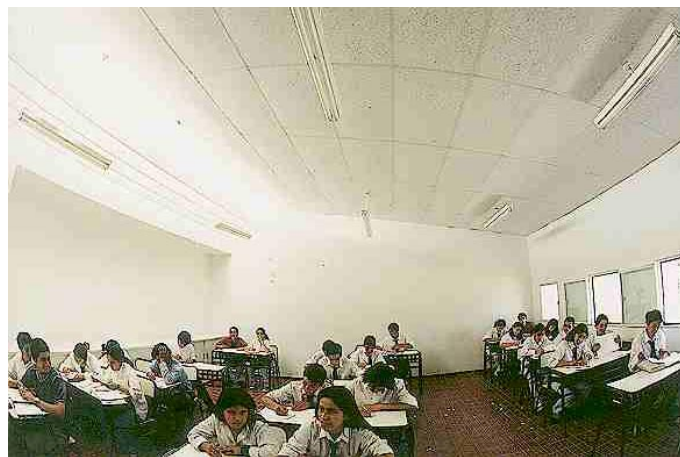


Figura 9. Interior de un aula con difusores opacos en el interior de la ventana superior norte. Escuela Marcelino Blanco, La Paz, Mendoza.

CONCLUSIONES

Es fundamental considerar los posibles deslumbramientos ocasionados por las ventanas que vinculan un espacio con el exterior en cualquier tipo de edificio, particularmente en los casos de superficies vidriadas, con ingreso de radiación solar directa, como lo es en los edificios bioclimáticos en los meses de invierno. El diseño de sistemas de iluminación natural debe ser cuidadosamente evaluado en su comportamiento fotométrico.

El presente trabajo muestra que la metodología de evaluación lumínica para conocer y predecir los efectos de difusión y/o reflexión de la luz solar directa, sobre una abertura, de los prototipos de distintos sistemas a ser utilizados es adecuado.

Las mediciones y registros fotográficos permitió determinar que de los tres tipos de difusores evaluados, el de tablillas opacas (blanco brillante) produce una difusión inversa, bloqueando la radiación directa y dirigiendo por múltiples reflexiones en sentido inverso a la radiación incidente (hacia el muro que contiene la ventana) mientras los dos difusores traslúcidos generan una distribución en la dirección del rayo solar incidente, disminuyendo los contrastes. El difusor de policarbonato posee una distribución más homogénea que el de tela con formas similares.

Futuras evaluaciones se realizaran en el dispositivo de ensayos sobre las estrategias innovativas de iluminación natural de aplicación regional como lo son estantes de luz, lumiductos y nuevos diseños de difusores.

REFERENCIAS

SMN (1992) Estadísticas climatológicas 1981-1990 serie b n° 37 - Fuerza Aérea Argentina comando de regiones aéreas Servicio Meteorológico Nacional. Buenos Aires

Krochmann, J. (1998) Measurement of reflectance and transmittance. CIE 130

Boyce, P.R. (1998). Why Daylight?. Daylighting'98. International Conference on Daylighting Technologies for Energy Efficiency in Buildings, 359-366.

Moore, F. (1985). Concepts and practice of Architectural Daylighting. Vand Nostrand Reinhold , New York.

Lam, W. (1986). Sunlighting as formgiver for architecture Van Nostrand Reinhold, New York.

Aizlewood, M. (1998). Measuring The Performance of Advanced Daylighting Systems. Daylighting'98. International Conference on Daylighting Technologies for Energy Efficiency in Buildings, 239-246.

Basso, M., de Rosa, C., Esteves, A., Pattini, A., Mitchell, J. Cantón, A., Mesa, A., Fernández, J. C. y Cortegoso, J. L. (1999). Un edificio escolar energéticamente eficiente en el centro-oeste de Argentina. ENCAC 99. Conforto no ambiente construido, 223.

Pattini, A., Kirschbaum, C., 1998. Evaluación subjetiva de aulas iluminadas con luz natural. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 2, I, 03.63-03.66.

ABSTRACT

The quality of illumination in interior spaces depends largely on the luminous properties of the lighting systems utilized. The photometric characteristics of these systems, specially the innovative ones, that intercept the sun light diffusing and/or redistributing it, are determinate by their material's properties and design. This paper describes the design of a testing device to measure the luminous intensity distribution on three alternatives of daylighting systems (one with opaque louvers, and other two with translucent louvers) installed on a window's inner side. The results obtained from the different diffusing baffles show distributions with opposite light directions between opaque diffusing baffle and translucent diffusing baffles (with fabric and polycarbonates louvers), performs a better luminous homogeneity on the room in the case of the polycarbonates louvers.

Keywords: sun light diffusion, luminous intensity distribution, test box measurements.