

ILUMINACIÓN NATURAL EN EDIFICIOS SOLARES. EL CASO DEL CONTROL Y DISTRIBUCIÓN LUMÍNICA EN AULAS DE UN EDIFICIO ESCOLAR CONSTRUIDO EN MENDOZA.

A.Pattini¹, C.Kirschbaum²

Instituto Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA) – Unidad Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda
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: Los edificios solares tienen entre una de sus estrategias de diseño, el acondicionamiento térmico o *ganancia directa* a través de ventanas orientados al norte. Esto permite el ingreso de sol en invierno para calefacción solar, buscando independencia o minimización de calefacción por otras energías fósiles. Pero cuando se trata de edificios donde en los ocupantes realizan tareas con altas exigencias visuales como las escuelas, el acondicionamiento lumínico es un requisito primordial a resolver. Las recomendaciones apuntan a evitar contrastes de luminancia y a obtener uniformidad de iluminancias. El presente trabajo compara la respuesta lumínica de dos aulas con aprovechamiento de energía solar de un edificio escolar diseñado en Mendoza. Los resultados muestran la importante diferencia de distribución de intensidades luminosas entre dos aulas en el periodo de invierno y la autonomía energética anual al superar los valores mínimos recomendados de iluminancia en planos de trabajo para aulas.

Palabras clave: energía solar, iluminación natural en aulas

INTRODUCCION

En el sector residencial, las condiciones de habitabilidad dominantes son las establecidas por los parámetros de temperatura y humedad durante el ciclo diario, en los edificios del sector no residencial, se agregan a aquellas las condiciones lumínicas del ambiente. Siendo estas fundamentales para la adecuada realización de las tareas visuales.

En el caso de las escuelas, el local de mayor factor de ocupación es considerado el aula, en el mismo las actividades que se desarrolla se basan en la lecto-escritura. Estas tareas fundamentalmente definen uno de los principales aspectos a tener en cuenta en estos edificios, en cuanto a acondicionamiento se refiere: el ambiente visual interior. Los requisitos básicos a cumplir se refieren a asegurar niveles mínimos de iluminancia sobre plano de trabajo y distribución homogénea de los mismos en el espacio útil. (Wu, W.; Ng, E. 2003)

ESTACIONALIDAD y CLIMA

En los edificios para la educación, la estacionalidad ocupacional y el clima regional influyen significativamente en cuanto a los consumos de energía para su acondicionamiento. En general son de uso diurno y discontinuo, es decir no necesitan acondicionamiento en las horas de la noche.

Como respuesta a la crisis energética-ambiental se diseñan y construyen en la actualidad edificios que tienen como objetivo ser acondicionados con energías renovables, particularmente con energía solar. Estas aplicaciones edilicias fundamentalmente apuntan a lograr aprovechamiento de energías renovables para acondicionamiento higrotérmico. En el caso de los edificios escolares se suma a éstas la posibilidad de ahorrar energía eléctrica consumida al iluminar artificialmente sus espacios.

ILUMINACIÓN DE ESCUELAS SOLARES

La forma más sustentable de utilizar la luz natural, es usarla para “iluminar” un espacio. De este modo podemos lograr ahorros en energías e impactos ambientales positivos a la vez que generamos tecnología endógena.

En el presente trabajo se analiza la iluminación natural en edificios escolares que utilizan estrategias de energía solar pasiva. Para ello se comparan los niveles de iluminación alcanzados y su distribución en el interior de la crujía de dos aulas de una escuela construida en Mendoza, debido al diseño de reflectores de luz solar directa ubicados en el interior de las ventanas cenitales norte. Se trata de la escuela Alicia Moreau de Justo, ubicada en el departamento de Lavalle. La misma fue diseñada

¹ Investigadora CONICET

² Investigador CONICET

en el LAHV para viabilizar la transferencia de proyectos de demostración de edificio escolar secundario, energéticamente eficiente y construido por la Dirección General de Escuelas de la Provincia. (Basso, M. y col. 1999).

En el mencionado edificio se aplicaron las siguientes estrategias tecnológicas innovativas:

1. Medidas no convencionales de conservación de energía: Aislación adicional de cubiertas livianas y pesadas, aislación térmica de muros perimetrales, aplicada en la cara exterior de los mismos, con protección externa de alta resistencia mecánica y durabilidad. Carpinterías de chapa plegada de dobles contactos con burletes compresibles integrados al diseño. Cerramientos vidriados de baja transmitancia térmica, utilizando según los casos: policarbonato alveolar, dobles vidrios transparentes, o una combinación de ambos materiales en dos capas.
2. Calefacción Solar Pasiva: Provisión de aberturas de ganancia solar directa para todos los espacios principales: aulas, talleres, Sala de Uso Múltiple y oficinas. La experiencia ganada en la evaluación de los edificios escolares existentes, en condiciones de uso; indicó que, para los espacios de ocupación masiva, con altos aportes internos de calor, el área colectora neta de ventana solares se limitara al 12,5% del área de piso respectiva.
3. Iluminación Natural de Ámbitos de Trabajo: La iluminación natural de todos los ámbitos de trabajo se ha obtenido a través de las mismas aberturas que aportan ganancia solar directa, configurándose la situación de iluminación lateral para aulas y talleres y de iluminación cenital en SUM y oficinas. Se han diseñado y provisto dispositivos interiores a las ventanas para mejorar la distribución del flujo luminoso y evitar la incidencia de radiación directa (particularmente en la estación invernal) sobre planos de trabajo,
4. Ventilación Natural: Se ha dotado a todos los espacios principales de los edificios de ventilación natural, por circulación cruzada. Ventilación higiénica, utilizando las ventanas superiores al norte y removiendo el aire estratificado en la parte superior de los espacios. Ventilación de confort, utilizando las ventanas inferiores del lado norte y permitiendo que el flujo de aire se desplace a través de la zona ocupada. En los casos en que los esquemas de crujiás de aulas no permitían ventilación cruzada, se recurrió a “captoreos” de viento sobre los techos.
5. Enfriamiento Natural de verano: El enfriamiento convectivo nocturno resulta la estrategia más compatible con las configuraciones espaciales de aulas y la distribución de aberturas operables.

Desde el punto de vista tecnológico y considerando la situación social y económica de la región, los proyectos elaborados se desarrollaron dentro de los siguientes objetivos:

- Utilizar al máximo la tecnología disponible regionalmente, incorporando las innovaciones necesarias.
- Reducir al mínimo la dependencia de materiales o componentes importados.
- Priorizar las tecnologías intensivas en mano de obra sobre las intensivas en capital. Casos paradigmáticos son, en este aspecto, la protección exterior de la aislación de muros y el aventamiento exterior.
- Utilizar al máximo la mano de obra disponible regionalmente, incorporando las acciones de capacitación necesarias.

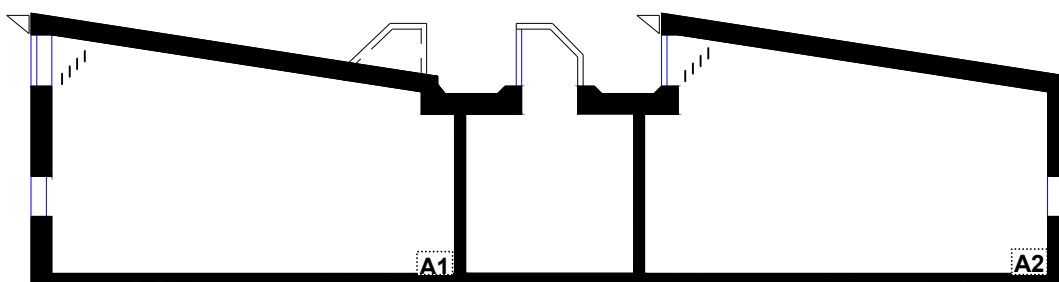


Figura 1. Corte de la crujía de aulas. Aula A1 y A2 con ventanas cenitales al norte y diseño de apantallamiento interior para control de luz solar directa en los meses de invierno. Las ventanas bajas están orientadas al norte en A1 y al sur en A2 (ventilación y vista al exterior).

METODOLOGIA DE ANÁLISIS

Se realizaron mediciones de iluminancia interior al mediodía solar el día 21 de junio y 21 de diciembre sobre una grilla de puntos a 0.8 m del piso con sensores fotométricos Internacional Light conectados a un radiómetro multicanal comandado por una notebook (figura 2) en el aula 1 y aula 2 cuya configuración en corte se muestra en la figura 1. Se pretende realizar una comparación de los niveles de iluminancia alcanzados y su distribución en ambas aulas. Los valores obtenidos en las mediciones fueron procesados con el software SURFER, con el método Krigin para la graficación de isolux en planta y superficie. Para completar los meses de ocupación de las aulas, se simuló los valores de iluminancia interiores en ambas aulas con el programa de cálculo LUMEN MICRO 2000.



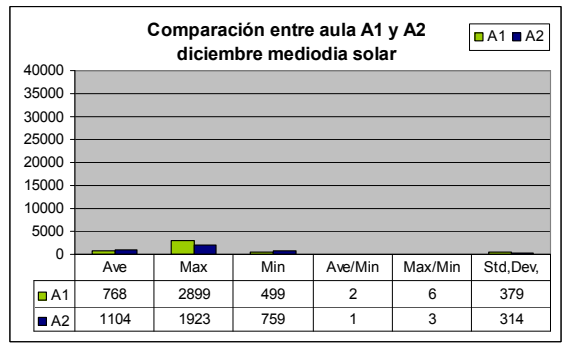
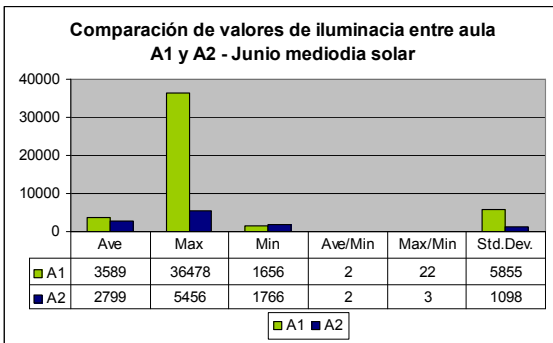
Figura 2- foto de aula A1 (ventanas bajas al norte) pasillo de circulación y aula A2 (ventanas bajas al sur)

RESULTADOS

Los valores medidos para el mes de junio (Figura3) muestran una distribución que los niveles de iluminación natural sobre plano de trabajo útil de las aulas (0.80m de altura) son considerablemente distintos en ambos casos. Particularmente si se consideran los valores máximos que en el caso del aula A1, las ventanas inferiores permiten el ingreso de sol (ganancia térmica directa) y las ventanas equivalentes en el A2 por efecto de la orientación (sur) ingresa sólo radiación difusa.

Fig. 3- valores de iluminancia junio

Fig. 4- valores de iluminancia diciembre



Para la situación de verano al tener previsto los aleros de sombra estacional (sombra total sobre las superficies vidriadas al norte) los valores de iluminancia máxima no presentan diferencias significativas entre ambas aulas. (Figura4) siendo los valores relevados más uniformes que en el caso de invierno.

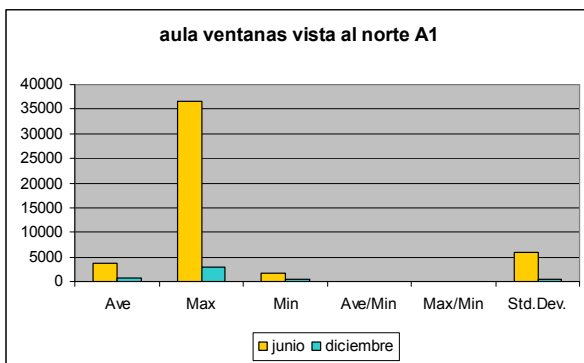


Figura 6- Aula A1 comparación junio-diciembre

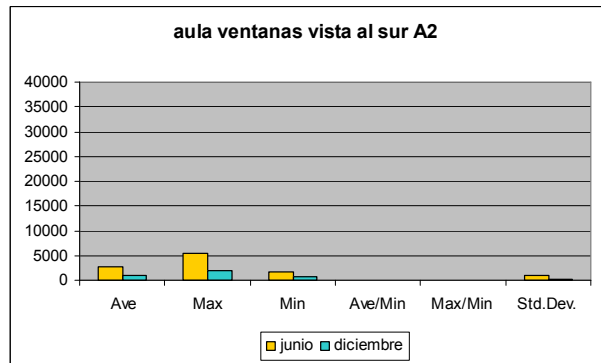


Figura 7- Aula A2 comparación junio-diciembre

Si comparamos la iluminancia interior de una misma aula para la situación de invierno y verano, como muestran las figuras 6 y 7 respectivamente podemos decir que son considerablemente distintas las condiciones de los valores máximos en el aula A1 respecto al aula A2.

La representación superficial de los isolux permite observar la distribución espacial de los niveles de iluminación para el mes de junio (máximos contrastes). (Figuras 8 y 9).

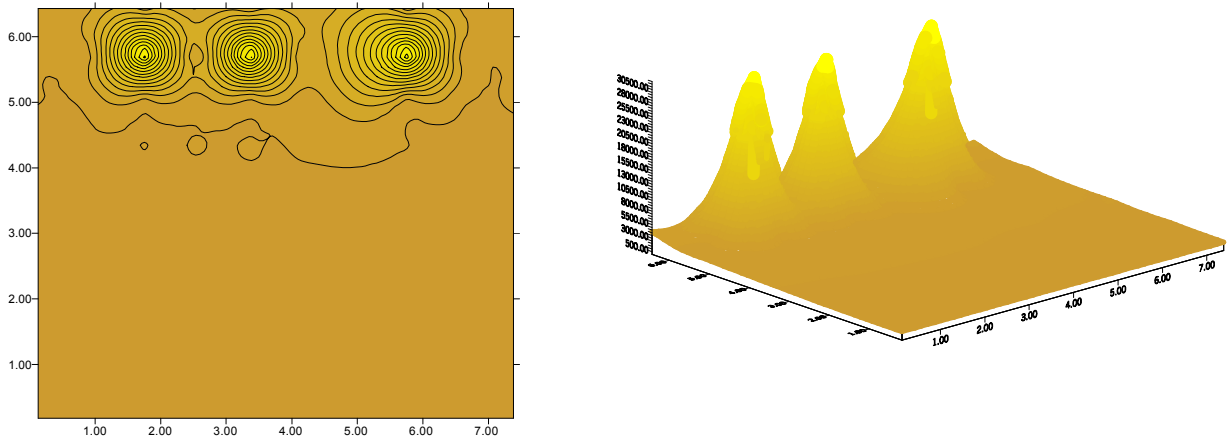


Figura 8 – Distribución en planta y vista ortogonal de isolux aula A1.

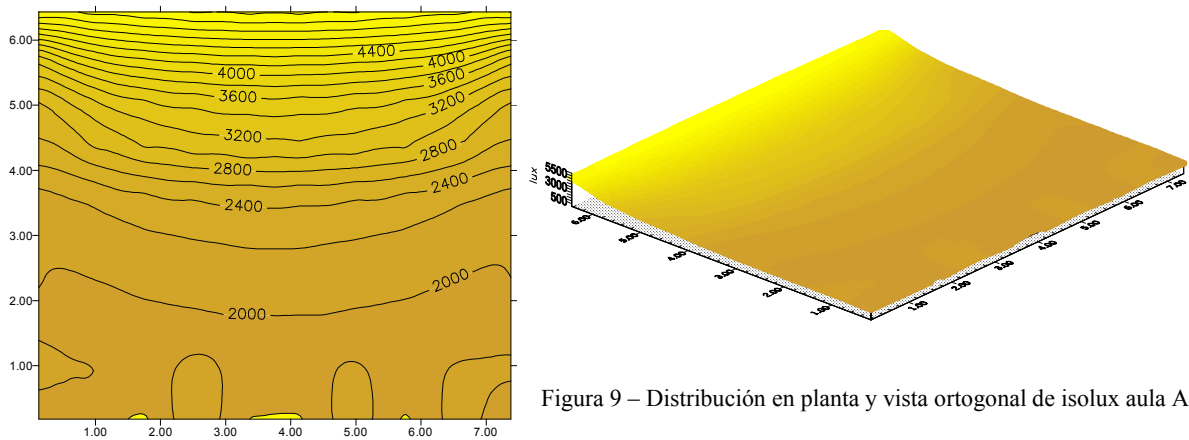


Figura 9 – Distribución en planta y vista ortogonal de isolux aula A2.

Las simulaciones mensuales permiten predecir el comportamiento dinámico de los niveles (cantidad y distribución). Las figuras 10 y 11 muestran los niveles y su distribución en corte donde puede observarse que en ambas aulas los valores siempre superan los 500 lux mínimos recomendados, con distribuciones mas homogéneas en el aula A2 (fig. 11) debido a que la iluminacia directa proveniente de la ventana cenital norte esta controlada por el sistema de apantallamiento interior. Los importantes contrastes que se presentan en los meses de invierno en aula A1 se deben a la directa que ingresa por las ventanas bajas al norte. (fig. 10).

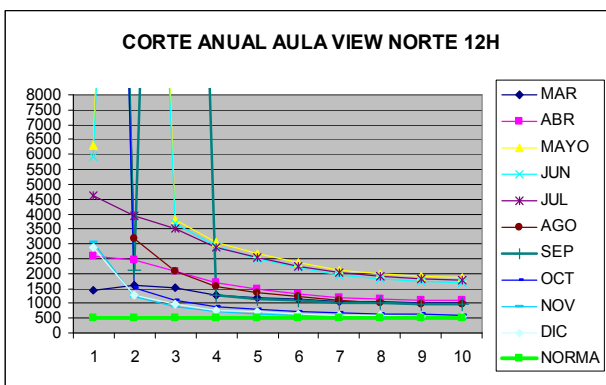


Figura 10- distribución en corte de iluminación (lux) aula A1

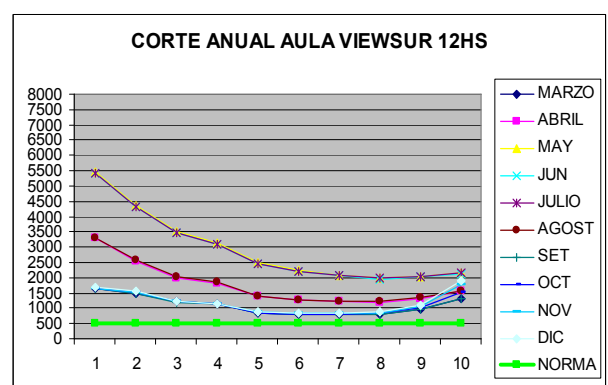


Figura 11- Distribución en corte de iluminación (lux) A2

CONCLUSIONES

La iluminación natural de aulas de edificios solares, que utilizan como principal estrategia la ganancia solar directa para calefacción en los meses de invierno, puede ser optimizada siempre y cuando se prevean elementos de control interior de la iluminacia directa, ya que en regiones con predominancia de cielo claro, los contrastes de luminancia, producidos por los parches de sol ingresado pueden provocar deslumbramientos, con posibles dificultades en la realización de tareas. Por otra parte cabe destacar que los importantes niveles de disponibilidad exterior para los meses de verano, permiten valores

interiores suficientes aún teniendo los elementos de apantallamiento interior en las ventanas al norte. Como se muestra en la distribución de las curvas de isolux, la marcada diferencia entre las condiciones de iluminación entre ambas aulas, para la situación de invierno, podría ser aún mejorada con la inclusión de cortinas móviles interiores en el aula A1, que tengan como función realizar una difusión interior de los valores máximos. De esta manera se obtendrán valores y distribuciones similares para ambas tira de aulas.

REFERENCIAS

- Wu W. y Ng E. (2003). A REVIEW OF THE DEVELOPMENT OF DAYLIGHTING IN SCHOOLS. *Lighting Research and Technology*, Volume 35, Number 2, pp. 111-125.
- Basso, M. , de Rosa, C., Esteves, A., Pattini, A., Mitchell, J. , Cantón, A., Mesa, A., Fernández, J. C. y Cortegoso, J.(1999) UN EDIFICIO ESCOLAR ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE EN EL CENTRO-OESTE DE ARGENTINAL. *Actas del V Encuentro Nacional de Conforto no Ambiente Construido, ANTAC'99, Fortaleza - Brasil.*
- Lombardozi, V. y colaboradores. (1995) *Uso Racional de energía en sector Gobierno. Proyecto N°91. Gobierno de Mendoza. Tomo IV: Escuelas.*
- F. Moore. *Concepts and practice of Architectural Daylighting.* (1985). Editor Vand Nostrand Reinhold Company New York. USA.
- E. Betman. Eficacia luminosa en Mendoza. (2001) *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente,5,No.2,pp.08.19-08.24.INENCO. SALTA, Argentina.*
- Andrea E. Pattini, Alejandro P. Arena (2004) *7 Congreso Panamericano de Iluminación. Luxamérica. Lima, Perú. Impacto energético - ambiental de la iluminación artificial de aulas en escuelas de uso diurno. Potenciales beneficios de iluminar con luz natural.*

ABSTRACT

The solar buildings have between one of its principal strategies of design the thermal conditioning named direct gain. The principal rooms have windows orientated in the south, with direct Sun in the winter period to assure the thermal load necessary for solar heating, looking for independence or minimization of heating for other fossil energies. This strategy is used in solar constructions, since it allows controlling easily the direct radiation in summer months by means of the placement of an exterior overheat. But in buildings where the principal work is visual, like the schools, the light levels and uniformity are a challenge for solar building design.

All the recommendations in this respect point to avoid high places contrasts of luminance and obtain the uniform distribution of illuminance in order to guarantee the accomplishment of the visual task with efficiency, efficacy and satisfaction. The present work compares the light response of two classrooms with utilization of passive solar school building designed in Mendoza. The results show the important difference of distribution of luminous intensities between two classrooms in the winter period and the energetic annual autonomy on having overcome the minimal levels recommended of illuminance in work plane in classrooms.

Keywords: solar schools, daylighting classroom,