

## DETERMINACION DE NIVELES DE ILUMINACION EN AULAS MEDIANTE MEDICIONES EN MODELOS A ESCALA

Andrea Pattini\*, Jorge Mitchell\*\*, Carlos de Rosa\*\*\*

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Centro Regional de  
Investioaciones Cientificas y Tecnológicas (CRICYT-ME)  
C.C.131 - 5500 Mendoza

### RESUMEN

En el marco del Convenio entre el Ministerio de Obras y Servicios Públicos (MOSP) y el Centro Regional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CRICYT) para el desarrollo de escuelas rurales aisladas de la provincia de Mendoza, se llevaron a cabo determinaciones de niveles de iluminación en el interior de aulas mediante mediciones en modelos a escala.

Este trabajo presenta los datos obtenidos en mediciones de iluminancia en aulas del proyecto de la Escuela Federico Palacios ubicada en el departamento de San Rafael, Provincia de Mendoza.

Los resultados finales indican que los niveles de iluminancia cumplen con los requerimientos de normas en el 90% de los valores registrados, de 300 lux sobre el plano de trabajo aún en situaciones de cielo cubierto.

### INTRODUCCION

Los edificios no residenciales, en particular los edificios escolares primarios que se construyen en la provincia de Mendoza, con diseños y tecnologías tradicionales prestan muy poca atención a aspectos de confort higrotérmico y lumínico en relación con los consumos energéticos correspondientes. Como consecuencia, según el caso de que se trate se gastan importantes cantidades de energía en acondicionamiento térmico e iluminación artificial, o bien se somete a los ocupantes a condiciones ambientales degradadas ya sea por la necesidad forzada de ahorrar energía en edificios públicos o ante la imposibilidad de contar con energías tradicionales.

Este trabajo está enmarcado en un Convenio de Cooperación establecido entre el Ministerio de Obras y Servicios Públicos de la provincia de Mendoza (MOSP) y el Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT), con el objetivo de transferir tecnologías innovativas a edificios de escuelas primarias rurales aisladas, en sus aspectos de: conservación de energía, calefacción solar pasiva, iluminación natural, calentamiento solar de agua y provisión de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos.

El análisis de la iluminación natural presentado en detalle corresponde al desarrollo de un edificio escolar nuevo ubicado en la localidad de Los Parlamentos, en el departamento de San Rafael, provincia de Mendoza.

---

\* Becaria de Perfeccionamiento CONICET

\*\* Técnico Asociado CONICET

\*\*\* Investigador Independiente

## Geografía y clima

La localidad de Los Parlamentos se encuentra a una latitud de  $-35.03^\circ$ , Longitud  $69.33^\circ$  y una altitud de 1420 m.s.n.m.

Iluminancia exterior: en la provincia de Mendoza no se dispone de datos de iluminación diurna exterior por lo que para su predicción se utilizó un modelo analítico de iluminación natural exterior para superficies horizontales y verticales (1) obteniendo con el mismo valores horarios para el día tipo de los meses de junio, setiembre y noviembre.

El rango de valores extremos de iluminancia exterior horizontal para cielo claro es:

junio	8,00 hs	9.674 lux
	12,00 hs	50.546 lux
noviembre	8,00 hs	57.529 lux
	12,00 hs	105.520 lux

Las condiciones de cielo claro representan el 56,85 % del total de los días de invierno.

### - Edificio escolar

El proyecto consta de dos componentes: el edificio escolar, con dos aulas para 30 alumnos, patio cubierto, comedor y servicios. Y la vivienda del maestro (Fig.1).

El edificio escolar tiene una superficie de 229,50 m<sup>2</sup>, responde a un esquema compacto rectangular. Las aulas y el patio cubierto están alineados en la fachada norte. El proyecto responde en general a severas limitaciones económicas (Fig.2).

### - Aulas

Las aulas tienen una superficie de 29,40 m<sup>2</sup>, compuestas por módulos de 7,00 m x 4,20 m, permitiendo una posterior división, están orientadas en su mayor longitud al norte. Esta disposición responde a un mejor aprovechamiento de la penetración de la luz diurna cuando son utilizadas ventanas unilaterales.

-Fachada norte: en la fachada norte de las aulas se han ubicado los dispositivos de regulación y control que posibilitan el balance de los aspectos térmicos y lumínicos deseados para obtener situaciones de confort.

Aventanamiento superior: La principal fuente de iluminación natural es provista por un aventanamiento superior de 7,00 m de longitud por 1,40 m de alto dividido en dos paños de 0,70 m.

El paño superior de la ventana es el que permite el ingreso de la luz natural a los puntos más alejados de la ventana. Para evitar deslumbramiento por radiación directa se prevé la colocación de vidrios difusores compuesta por una capa de vidrio arenado exterior y un paño interior de policarbonato hueco.

### Estantes de luz interiores:

El segundo paño aloja vidrios transparentes, por lo que para el control de los contrastes excesivos de luminancia ocasionados por la radiación directa, se diseñaron dos estantes de luz interiores móviles previstos para dos posiciones (invierno y estaciones

intermedias) Fig.3. Estos permiten:

- 1- Mejorar la distribución de los niveles de iluminación interior a través de la reflexión y la redistribución de la luz sobre su superficie clara y brillante (estantes metálicos pintados con esmalte sintético brillante).
- 2- Evitar que el sol que ingresó en el interior (utilizado para calefacción en los meses de invierno) llegue a los distintos puntos del plano de trabajo, impidiendo el discomfort visual por deslumbramiento fisiológico.

Iluminación suplementaria:

Para elevar los niveles de iluminación sobre los muros laterales (zona de pizarrones) se colocan dos ventanas en los extremos de la fachada. Por otra parte estas ventanas posibilitan una vinculación visual con el exterior desde el aula, situación que contribuye a mejorar la calidad del ambiente interior.

Dispositivos de sombra exteriores:

Para los meses de verano se diseñaron aleros horizontales fijos exteriores (tanto para el aventamiento superior como para el muro trombe). Obteniéndose plena sombra desde el 5 de noviembre al 4 de febrero y pleno sol desde el 7 de mayo al 5 de agosto.

- Mediciones de iluminancia

Las iluminancias y su factor de luz diurna (relación entre la  $I_e/I_i$  en el mismo momento) sobre el plano de trabajo fueron medidas en un modelo a escala 1:20 del aula, utilizando materiales interiores de igual reflectividad que la superficies reales (reflectividad de piso, muros, techos, pizarrón y pupitres), (2).

Este método de evaluación permite un análisis cualitativo y cuantitativo no solo de los niveles de iluminancia interior alcanzados, sino también de la distribución de la misma, de la relación de contrastes y de los posibles deslumbramientos sobre el plano de trabajo del aula considerada.

En las distintas etapas de diseño los dispositivos de control fueron analizados, ajustando los mismos, la cantidad de superficie vidriada y su distribución según los resultados obtenidos en cada test. También permitió la verificación de las fechas límites precalculadas de sombreado y asoleamiento arrojado por los aleros.

Las mediciones fueron tomadas sobre una grilla a la altura del plano de trabajo de 9 puntos interiores (plano horizontal) para situación de cielo claro y cielo cubierto.

Además se midió la iluminancia exterior al comienzo y al final del test, si ésta tenía una variación de  $\pm 5\%$  la medición no era considerada (3).

## RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos de las mediciones, registrando los valores máximos y mínimos horarios para cielo claro y cubierto respectivamente, sobre el plano de trabajo en los tres meses mencionados. El 90 % de los registros cumple con el mínimo nivel de iluminancia, 300 lux sobre el plano de trabajo y 1000 lux sobre pizarrón (superficie vertical) establecido en la Norma AADL-IRAM J 2004.

Los factores de luz diurna calculados para los puntos máximos y mínimos niveles de iluminancia interior y su correspondiente exterior están representados en los histogramas de la tabla II para condiciones de cielo claro y cubierto.

En la figura 4 se han graficado las curvas de los FD correspondientes a las dos posiciones de los estantes de luz interior.

## CONCLUSIONES

- El balance entre el aprovechamiento térmico y lumínico de la energía solar exige un cuidadoso diseño de los dispositivos de regulación y control, y la correcta predicción de sus comportamientos.
- El éxito del funcionamiento de los sistemas de control dependerá de su simplicidad para operarlos y de su mantenimiento.
- La utilización de ventanas laterales en fachada norte garantiza el ingreso de altos niveles de iluminación requeridos en aulas, aún en días nublados, pero debe asegurarse que la radiación directa no incida sobre el plano de trabajo (ni siquiera en los meses de invierno) porque se convertiría en una fuente de deslumbramiento fisiológico.
- Los valores obtenidos en mediciones son muy satisfactorios, por lo que el aprovechamiento del recurso de iluminación natural en el diseño de edificios escolares debería ser tenido en cuenta tanto desde el punto de vista de la calidad visual del ambiente que se obtiene con iluminación natural, específicamente en zonas de aprendizaje donde la agudeza visual es medida en términos de niveles relativamente altos de iluminación (500 lux)(4), como del ahorro de energía, ya que estos edificios tienen requerimientos funcionales en extensos periodos diurnos.

## REFERENCIAS

- 1- Alejandro Mermet, Andrea Pattini. "MODELO DE ILUMINANCIA NATURAL EXTERIOR PARA SUPERFICIES HORIZONTALES Y VERTICALES". Presentado en la XV Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES). Catamarca 3-6 de noviembre de 1992.
- 2- Joel Loveland. "SIMULATING DAYLIGHT WITH ARCHITECTURAL MODELS". Cap. II, pp. 17-36.
- 3- Claude L. Robbins. "DAYLIGHTING ANALYSIS". Cap. 11, pp 221-234.
- 4- Ito, K. "AUGENHYGIENISCHE STUDIEN ÜBER DIE SCHULZIMMERBELEUCHTUNG". Actas de la Sociedad Oftalmológica del Japón 1938.



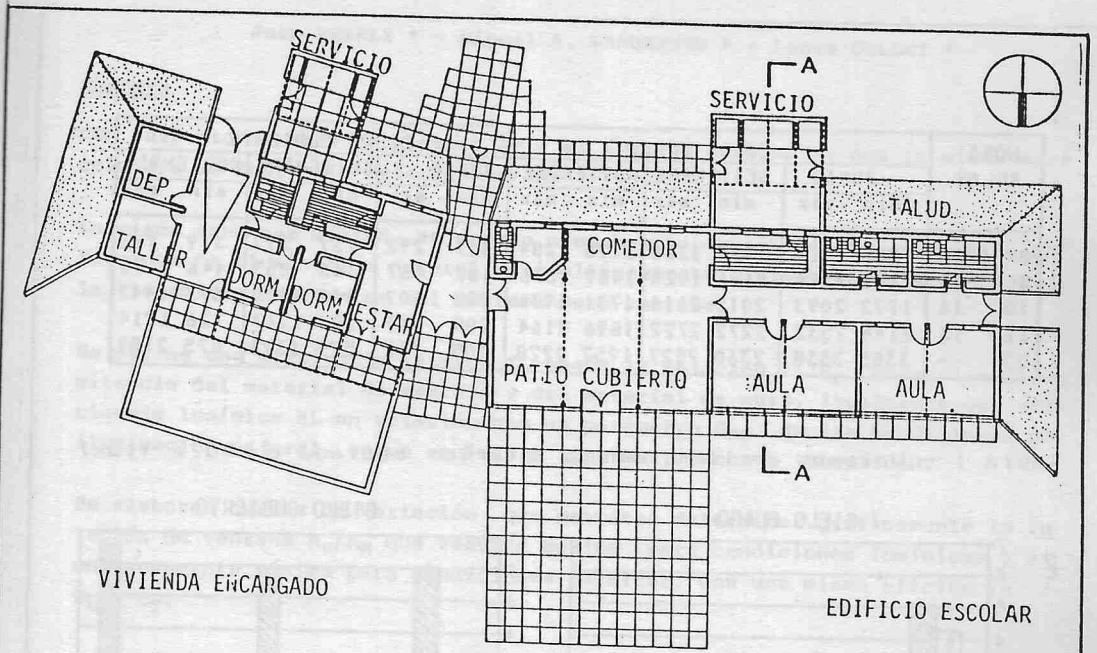


FIGURA 1

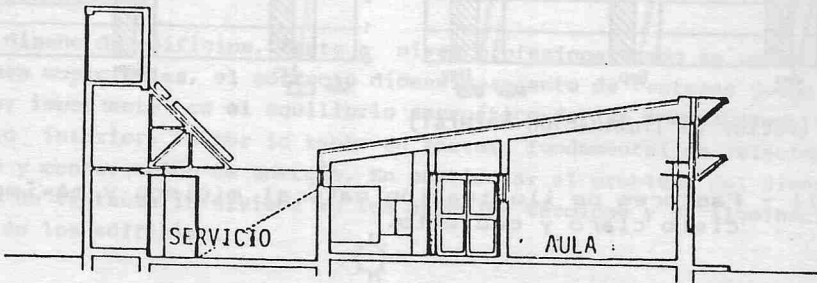


FIGURA 2

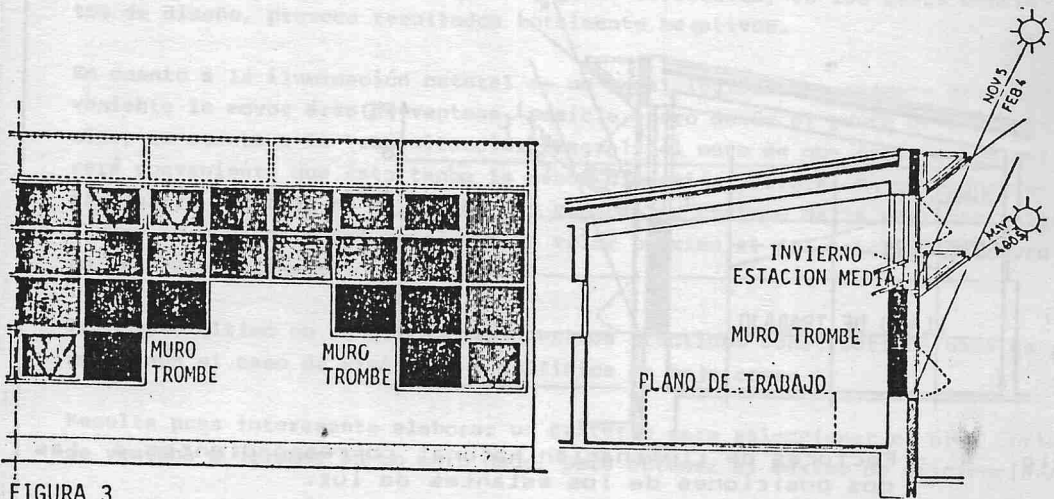
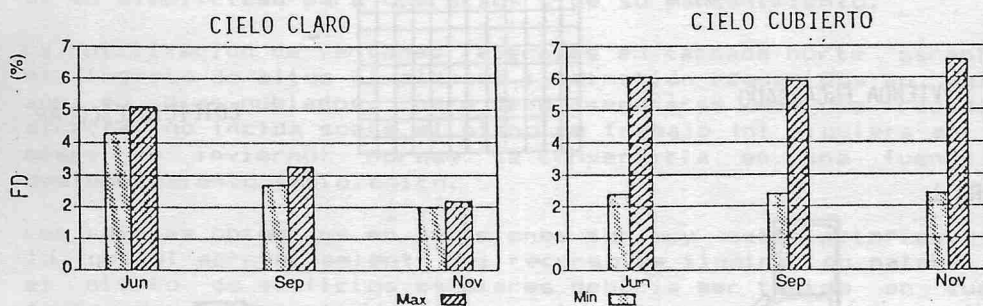


FIGURA 3

HORA SOLAR		CIELO CLARO						CIELO CUBIERTO					
		JUNIO		SETIEMBRE		NOVIEMBRE		JUNIO		SETIEMBRE		NOVIEMBRE	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
8	16	438	517	1073	1286	1125	1284	117	292	237	592	319	972
9	15	1183	1397	1606	1924	1469	1676	187	467	345	863	446	1175
10	14	1772	2093	2015	2414	1731	1976	243	607	444	1110	573	1442
11	13	2144	2532	2272	2722	1896	2164	288	719	507	1267	726	1914
12	--	3385	3538	2360	2827	1952	2228	305	762	529	1323	875	2189

Tabla I - Valores de iluminancia interior mediada en aula (lux)



FD (Factor de Iluminación Natural)

Tabla II - Factores de iluminación natural mínimos y máximos para cielo claro y cubierto.

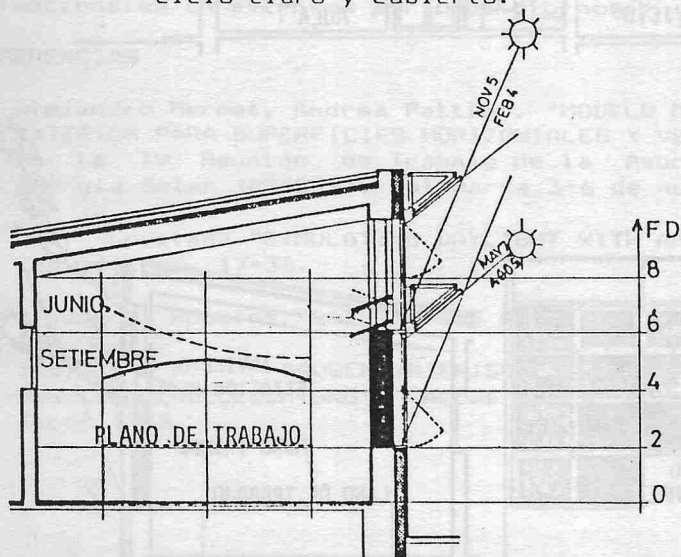


Fig. 4 - Factores de iluminación natural correspondientes a las dos posiciones de los estantes de luz.