

DISEÑO Y COMPORTAMIENTO DE UN LUMIDUCTO VERTICAL PARA AULAS

Candia, R., Ferrón, L., Ríos Vera, G., Sota, A.-Facultad de Artes y Diseño - UNCuyo. Parque Gral. San Martín, (5500) Mendoza.
 Teléfono: 061-494059 - E-mail: ramirounix@hotmail.com

Pattini, A., Esteves, A. - LAHV-INCIHUSA-CRICYT-CONICET- CC 131 (5500) Mendoza.
 Teléfono: 061- 288797 - E-mail: apattini@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo muestra los resultados del estudio de un lumiducto vertical que permite el ingreso de iluminación solar en aulas de un edificio escolar en la Provincia de Mendoza.

El concepto constructivo del lumiducto se basa en un colector que capta la mayor cantidad de luz solar posible, un elemento conductor que transporte la luz con la mínima cantidad de reflexiones y con una boca de salida para direccionar el haz de luz solar hacia el cielorraso que aportará luz difusa evitando el deslumbramiento de las personas.

La longitud total del lumiducto está condicionada por la arquitectura.

Los resultados obtenidos tanto en los cálculos analíticos como en las mediciones en modelo a escala, nos hacen suponer un funcionamiento eficiente del lumiducto diseñado, asegurando condiciones lumínicas interiores dentro de rangos esperables de confort, ingresando al espacio interior luz solar controlada.

INTRODUCCIÓN

Los edificios escolares presentan una de las mejores oportunidades para aplicar estrategias de iluminación natural, esto es debido a que las tareas visuales que se realizan en sus espacios principales (lecto-escritura) necesitan, para ser realizadas eficientemente, valores relativamente altos de iluminación interior; por otra parte, el horario de funcionamiento de las escuelas coincide principalmente con los horarios en que la disponibilidad de la luz natural exterior está presente. Finalmente, pero no menos importante, son los aspectos positivos que, desde el punto de vista psicológico-perceptuales, brindan los ambientes interiores iluminados con luz solar.

Es posible obtener los mismos valores de luminancia de dos fuentes luminosas diferentes. En esta situación, y cumpliendo con los requerimientos de niveles mínimos de iluminancia interior en cuanto a cantidad, la percepción de los colores puede ser diferente, ya que los colores que vemos dependen de la distribución espectral de la luz.

La iluminación natural prevista en el diseño de la Escuela de Medrano, Mendoza, presenta una oportunidad de aplicar estrategias de iluminación que, combinadas, aseguren no solo la cantidad y distribución necesarias en aulas, sino además una buena respuesta de color. Para ello se prevé la colocación en aulas de planta baja de dos lumiductos verticales que tomarán luz solar norte y la conducirán con el menor número de reflexiones internas hacia el cielorraso, para desde allí distribuirla mejorando la respuesta de color que proveen las ventanas sur por sí solas. Por otra parte se logrará un ambiente luminoso interior similar al provisto en las aulas de planta alta (iluminación natural bilateral) (Fig. 1).

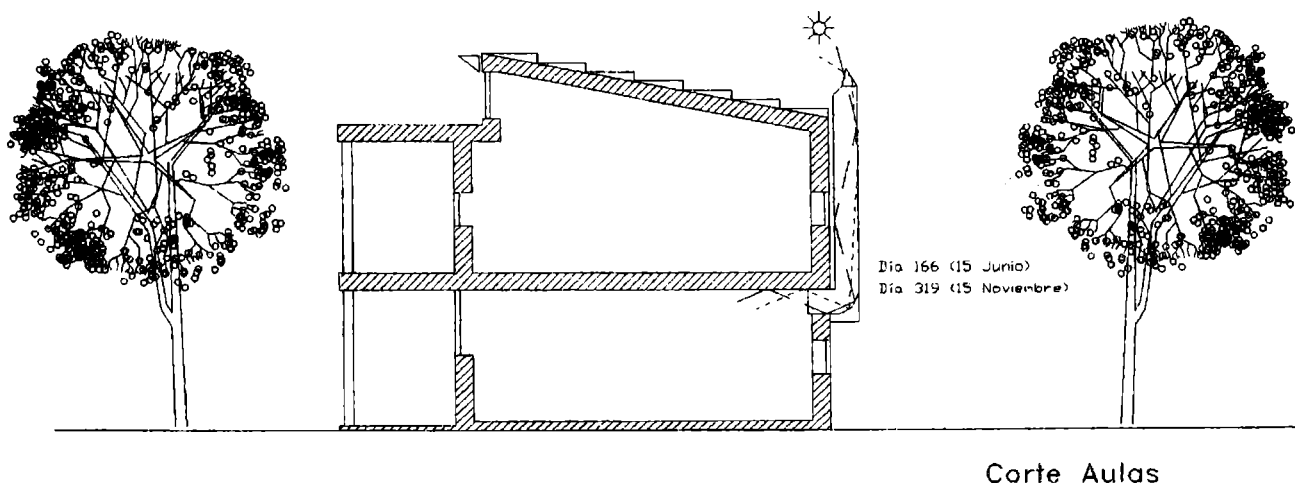


Figura 1. Corte del bloque de aulas. Ubicación y comportamiento estacional del lumiducto.

DISEÑO DEL SISTEMA

El concepto constructivo del lumiducto se basa en un *colector* que capta la mayor cantidad de luz posible, un elemento *conductor* que transporte la luz con la mínima cantidad de reflexiones y con una *boca de salida* para direccionar el haz de luz solar hacia el cielorraso que aportará luz difusa evitando el deslumbramiento de las personas.

Se trata de un lumiducto vertical en el que las dimensiones de la boca de salida no exceden a las de un módulo de las ventanas sur. La longitud total del lumiducto está condicionada por la arquitectura.

Superficie colectora:

El colector se configuró a partir del análisis de la latitud (-33°) de la zona, la cual define la carta solar de la localidad donde se emplazará el edificio. Las inclinaciones de las superficies reflectoras se determinaron teniendo en cuenta dos ángulos diferentes, el de altitud y de azimut, con los cuales incide el rayo solar en las épocas del año consideradas.

Se tomaron como referencia los meses de invierno para la mayor efectividad del lumiducto, debido a que es el período de menor ingreso de iluminancia exterior al aula. A tal efecto se confeccionaron gráficos de rendimiento de las superficies colectoras según las horas del día para los meses anteriormente mencionados (1). El número mínimo óptimo de las superficies colectoras es de tres (Mañana, mediodía y tarde), se comprobó gráficamente que dichas superficies se complementan en las horas intermedias. Por otra parte, para los meses de verano el colector no bloquea la entrada de radiación directa (Fig. 1).

El área de las superficies colectoras queda definida por las sombras que se producen a distintos horarios y por limitaciones geométrico-constructivas.

Superficie conductora:

En un principio se comenzaron los estudios con un conductor prismático de sección cuadrada de 0,5m de lado y de una longitud mínima de 5m, dada por la altura de techo del aula de planta alta. El análisis gráfico y las posteriores comprobaciones en modelo a escala arrojaron como resultado que la forma óptima para esta aplicación es cilíndrica de sección circular obteniéndose de esta manera un menor número de reflexiones internas.

Boca de salida:

La luz colectada y conducida hacia el interior del aula debe ser dirigida hacia el cielorraso que actúa como difusor, para evitar deslumbramientos en docentes y alumnos. Para ello se utilizó un concentrador parabólico lineal que direcciona todos los haces que llegan a él hacia el techo. (Fig. 1).

Elección de los materiales

Se tomaron en cuenta los coeficientes de reflexión de diferentes materiales, la accesibilidad económica, la facilidad constructiva y las características estructurales de los mismos.

Materiales	Coefficientes de reflexión de luz visible
Acero inoxidable	0,45
Aluminio	0,9
Espejo	0,72

Se trabajó con chapa de aluminio curvada con el interior pulido a espejo, debido a que el rayo reflejado es controlable cuando las superficies presentan este tipo de acabado.

Para asegurar a través del tiempo la capacidad reflectora del lumiducto se prevé su cierre hermético con vidrio.

Es importante mencionar que todos los aspectos tenidos en cuenta para la configuración final se basaron en la economía de construcción y en la facilidad operativa (Uso, ajustes estacionales, mantenimiento, etc.).

RESULTADOS ANALÍTICOS

Las normas IRAM -AADL recomiendan valores mínimos de iluminación sobre plano horizontal de trabajo en aulas de 500 lux. Se trabajó con un valor nominal de 1000 lux llegando a una superficie horizontal a 0.8m de altura (plano de trabajo) como resultado final después de las reflexiones interiores, para obtener el mencionado valor final, se consideró un valor mínimo de cantidad de luz a la salida del lumiducto de 3000 lux, tomando un valor de iluminancia exterior global sobre superficie vertical de 30000 lux (valor mínimo de un día de invierno, y promedio de un día de verano, ambos con cielo claro).

Coefficientes de reducción de flujo luminoso

Se consideraron los siguientes coeficientes de reducción:

- Transmitancia del vidrio (TV): 0,8. (un vidrio a la entrada del lumiducto y otro a la salida)
- Coeficiente de reflexión del aluminio (RA): 0,9.

$$TV1 \times RA1 \times RA2 \times TV2 = 0,8 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,8 = 0,5184$$

El máximo porcentaje posible a la boca de salida del lumiducto es del 51,84% del total exterior (15552 lux). Esto corresponde a una conducción con sólo dos reflexiones (espejo colector y espejo concentrador). Por cada reflexión adicional en el interior del lumiducto este porcentaje decrece, llegando a un mínimo aceptable del 10% ($0,1 \times 30000 \text{ lux} = 3000 \text{ lux}$).

cuando se producen 14 reflexiones adicionales. La verificación gráfica dio como resultado que en ningún momento el número de reflexiones adicionales sería mayor a 6, por lo que el rendimiento será óptimo.

Día 166			
hora solar	altitud sol	azimut	lux vert.
7.08	0	241.84	0
8	9.76	233.8	32670
9	19.21	223.45	61670
10	26.84	210.97	78270
11	31.9	196.96	87740
12	33.69	180	91260
13	31.9	173.74	87740
14	26.84	149.03	78270
15	19.21	136.55	61670
16	9.76	126.2	32670
16.92	0	118.16	0

Día: 319			
hora solar	altitud sol	azimut	Lux vertical
5.13	0	293.02	640
6	10.29	286.24	4420
7	22.56	278.84	8800
8	35.08	271.25	12460
9	47.63	262.43	24480
10	59.86	250.15	35410
11	70.72	227.78	44240
12	76.15	180	49810
13	70.72	132.22	44240
14	59.86	109.85	35410
15	47.63	97.57	24480
16	35.08	88.55	12460
17	22.56	81.16	8800
18	10.29	73.76	4420
18.87	0	66.98	640

Tablas comparativas de la geometría solar e Iluminancia Vertical Exterior de Cielo Claro de 15 de junio y 15 de noviembre

RESULTADOS CON MODELO A ESCALA

La escala utilizada para el modelo es de 1:5 y con toda la estructura realizada en chapa de aluminio pulida de 1mm de espesor.

Se colocó el lumiducto con entrada a una caja pintada de negro mate para no introducir en las mediciones aportes adicionales de iluminación reflejada por las superficies interiores. Se utilizó un sensor fotométrico para maquetas, con corrector de coseno marca Li-cor con rango de 0 - 150.000lux, que posibilitó las mediciones interiores y exteriores (Cielo claro).

Las mediciones en modelo resultaron con un grado de ajuste de +/- 5% con respecto a las determinadas analíticamente, por lo que el rendimiento del lumiducto se verificó positivamente.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos tanto en los cálculos analíticos como en las mediciones en modelo a escala, nos hacen suponer un funcionamiento eficiente del lumiducto diseñado, asegurando condiciones lumínicas interiores dentro de rangos esperables de confort, ingresando al espacio interior luz solar controlada.

Es importante mencionar que el edificio escolar ya ha sido licitado y se prevén trabajos de seguimiento, verificación y ajustes en obra, como así también estudios cualitativos (evaluaciones subjetivas de los usuarios) y cuantitativas (campañas de mediciones) que nos aporten mayores datos acerca de la eficiencia y aceptación de la utilización de estrategias de iluminación natural.

Este caso resulta de particular relevancia, debido a que se podrán evaluar por separado los resultados de las aulas de planta alta y planta baja y efectuar estudios comparativos.

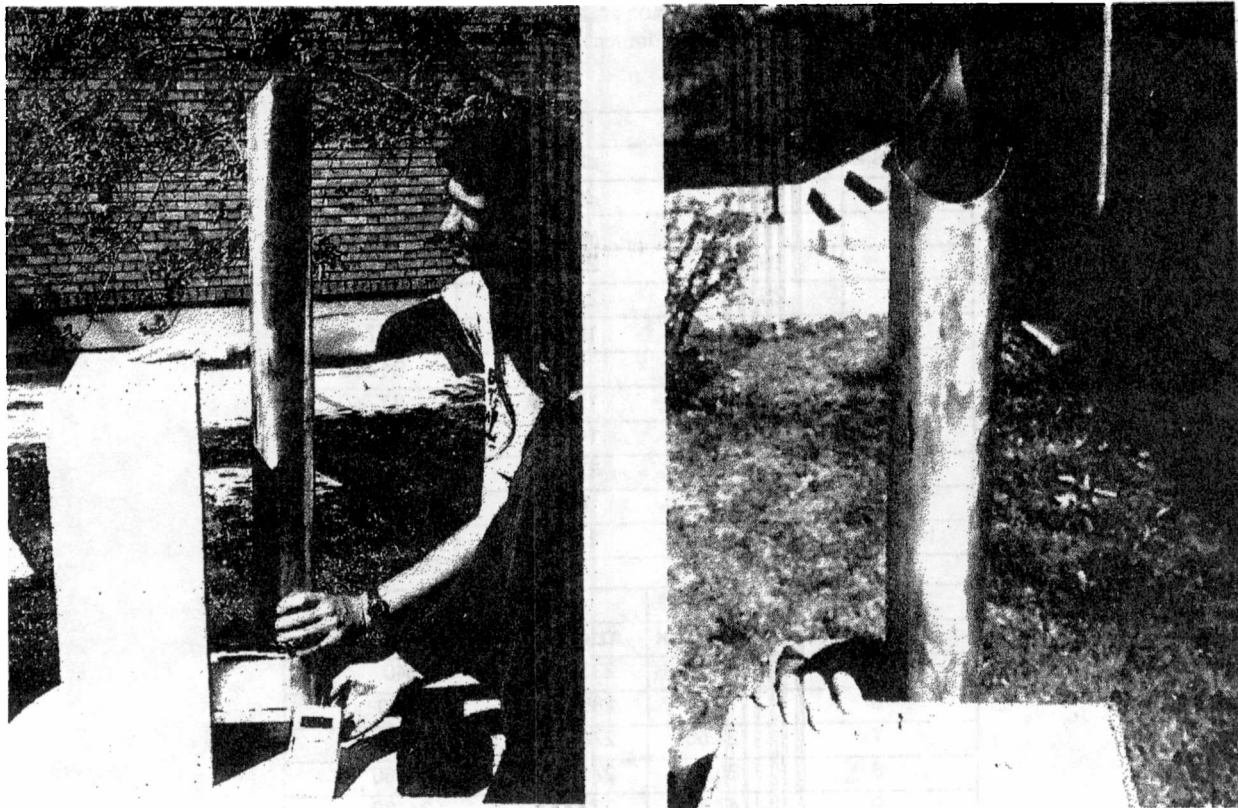


Figura 2. Mediciones en Modelo a Escala.

REFERENCIAS

- Lighting Technologies. Inc. (1993): "Lumen Micro". Boulder, Co. USA. Versión 6.0.
- Schiler, M. Editor. (1989): "Simulating Daylight with Architectural Models". U.S. DOE. USA.
- Balcomb, J.D. et al. (1983): "Passive Solar Design Handbook". ASES. Boulder, Co. USA. Vol. 3
- Robbins, C. (1986): "Daylighting". Van Nostrand Reinhold Co. New York, NY. USA. Chapter 14.