

## **ILUMINACIÓN NATURAL Y CONFORT TÉRMICO PARA UNA ESCUELA EN JUJUY**

Silvana Paula Basile y John Martin Evans  
Escuela de Posgrado, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, UBA.  
Ciudad Universitaria, Pabellón III, 4to. piso, (1428) Capital Federal.  
Fax: 576-3205 E-mail : evans @ fadu.uba.ar

### **RESUMEN**

El presente trabajo tiene por objeto el estudio de las opciones más ajustadas a las necesidades de iluminación natural y confort térmico para escuelas situadas en zonas de climas fríos y alta radiación solar. Para ello se han analizado diferentes alternativas determinado en cada caso el nivel de iluminación y las pérdidas globales de calor resultantes. En este tipo de climas, donde las condiciones son aptas para el uso de sistemas solares pasivos, es aconsejable que las aberturas destinadas a la iluminación, estén orientadas hacia el sur, procurando controlar sus dimensiones para evitar grandes pérdidas de calor y disponiendo así de las superficies con orientación norte para la utilización de los sistemas anteriormente mencionados.

### **INTRODUCCIÓN**

Un adecuado nivel de iluminación natural es un requerimiento fundamental cuando se trata de espacios destinados a la actividad escolar. Dadas las características del clima de Jujuy, el punto más crítico es optimizar la captación de energía solar, reducir las pérdidas de calor y evitar la incidencia directa del sol sobre los planos de trabajo y el efecto de deslumbramiento. Para el estudio de cada una de las propuestas se ha realizado, en primera instancia, un análisis de la distribución de luz y de los niveles de iluminación resultantes en cada caso utilizando el programa "Daylight". Posteriormente, se han calculado las pérdidas globales de calor mediante el "Método del Cociente Carga Colector" (Fabris y Yarke, 1985). Finalmente se han confeccionado maquetas con el fin de evaluar la calidad de iluminación obtenida en cada una de las propuestas.

### **EL CLIMA COMO CONDICIONANTE**

La región noroeste de nuestro país, se caracteriza por sus bajas temperaturas (1234 grados días) y por contar con un alto grado de radiación solar. La gran amplitud térmica representa uno de los mayores problemas a solucionar y para reducir el impacto de esta última, se debe recurrir a la utilización de sistemas solares pasivos, tales como muros colectores y ganancia solar directa, y a materiales con gran inercia térmica, a la vez que se debe controlar el tamaño de los vanos. Las mejores orientaciones para lograr un mejor confort, son N, NE y NO (Evans y de Schiller, 1994) (también se recomiendan E y SE) (IRAM, 1978). Por lo tanto, como primera aproximación al tema, se desprenden las siguientes conclusiones:

- Al utilizar sistemas como el muro colector, se debe tener en cuenta que la mejor orientación para su óptimo funcionamiento, es la orientación norte, y que, cuanto mayor sea la superficie de captación, mayor será el aporte para mejorar las condiciones de confort. Por ende: el espacio destinado a los vanos de iluminación en el muro norte, será escaso.
- La ganancia solar directa puede incidir sobre el plano de trabajo, generaría un problema de deslumbramiento. Por este motivo, a pesar de ser una solución conveniente desde el punto de vista térmico, en este caso debe ser minimizada.
- El uso de grandes superficies conformadas por materiales de gran inercia térmica y las limitaciones en cuanto al tamaño de las aberturas, combinados con el hecho de que las mejores orientaciones son N, NE y NO nos llevan a determinar que se deberá controlar las dimensiones de los vanos ubicados al sur, procurando equilibrar sus proporciones y su ubicación con respecto al nivel de piso para optimizar la captación de la luz.

### **DISPOSICIÓN DE VANOS E ILUMINACIÓN CENTAL**

Según las normas de iluminación en escuelas (IRAM, 1974), es aconsejable que las ventanas sean continuas y se extiendan tan cerca del cielorraso como sea posible. Por otro lado, la orientación de los vanos hacia el sur es lo más conveniente ya que se evita la incidencia directa del sol, y de esta manera, también el efecto de deslumbramiento. En cuanto a los vanos cenitales, si bien es una opción que aporta un buen nivel de iluminación, no es muy recomendable desde el punto de vista del mantenimiento que requiere para lograr un adecuado funcionamiento. Sin embargo, no se debe olvidar que los recursos utilizados para el acondicionamiento térmico en estos climas, no permiten destinar suficiente superficie vertical para la iluminación natural. Además, los resultados obtenidos en la práctica demuestran que la iluminación bilateral es más conveniente que la proveniente de un solo lado del local, ya que los niveles de iluminación alcanzados son más uniformes, y se

evitan los contrastes de intensidad de la misma (Savioli, 1993). Por lo tanto, en este caso, una solución viable es recurrir a la iluminación cenital con orientación norte, utilizando elementos que ayuden a controlar y difundir la luz que ingresa al local a través del mismo.

**DESARROLLO DE PROPUESTAS: ANÁLISIS GENERAL DE LAS MISMAS**

En base a lo ya expuesto, se proponen los siguientes opciones:

**CASO "A"** En este caso se han combinado la iluminación cenital y las ventanas ubicadas hacia el norte.

Se ha ponderado aquí, la reducción de las pérdidas de calor, y es por esto que se ha seleccionado para todas ellas dicha orientación, a la vez que, la mayor parte de la iluminación provendrá del vano cenital

**CASO "B"** En este caso, similar al anterior, se ha buscado evitar el uso de dispositivos para controlar el ingreso de luz directa, reduciendo así, las dificultades de mantenimiento y logrando a la vez, una distribución más pareja de los niveles de iluminación en días nublados ya que la misma proviene de lados opuestos.

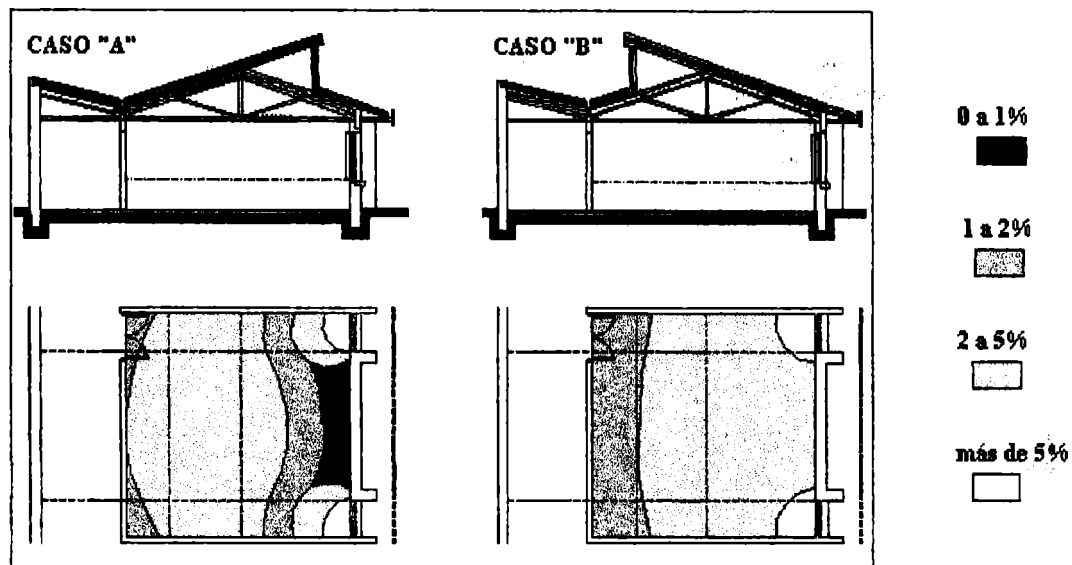


Figura 1. Curvas de iluminación para casos "A" y "B"

**CASO "C"** En esta propuesta, lo que se ha buscado es que la totalidad de la envolvente funcione como difusora de la luz , para ello se han ubicado las ventanas muy próximas a los muros laterales y dos vanos cenitales, el primero sobre el muro que contiene a las ventanas, con inclinación norte y el segundo sobre el muro opuesto también ubicado hacia el norte.

**CASO "D"** En este último caso, se ha tratado de lograr una mayor uniformidad, ubicando las ventanas hacia el sur, con un desarrollo casi continuo y elevando a la vez la altura del antepecho, lo cual contribuye a mejorar el nivel de iluminación en días nublados, y un vano cenital orientado hacia el norte, sobre el muro opuesto al muro que contiene las ventanas.

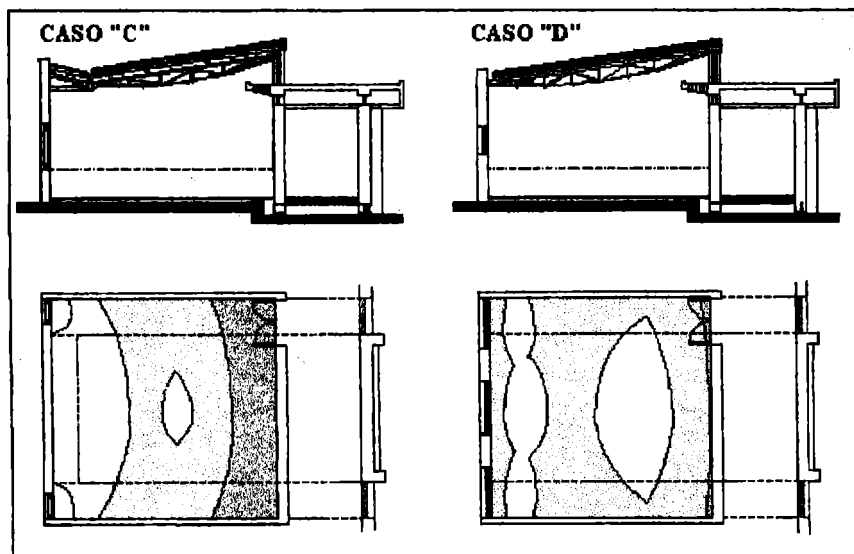


Figura 2. Curvas de iluminación para casos "C" y "D"

## EVALUACIÓN DE LAS PERDIDAS GLOBALES DE CALOR MEDIANTE EL MÉTODO DE C. C. C. (5)\*.

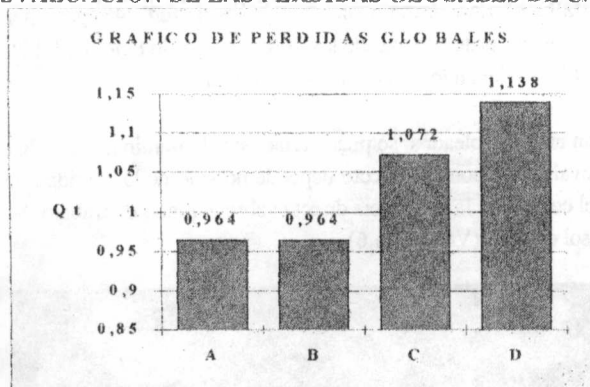


Figura 3. Gráfico de pérdidas globales (W/m³K)

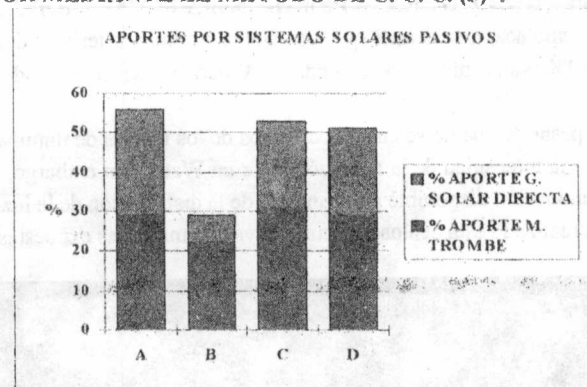


Figura 4. Porcentaje de aporte de sistemas solares pasivos

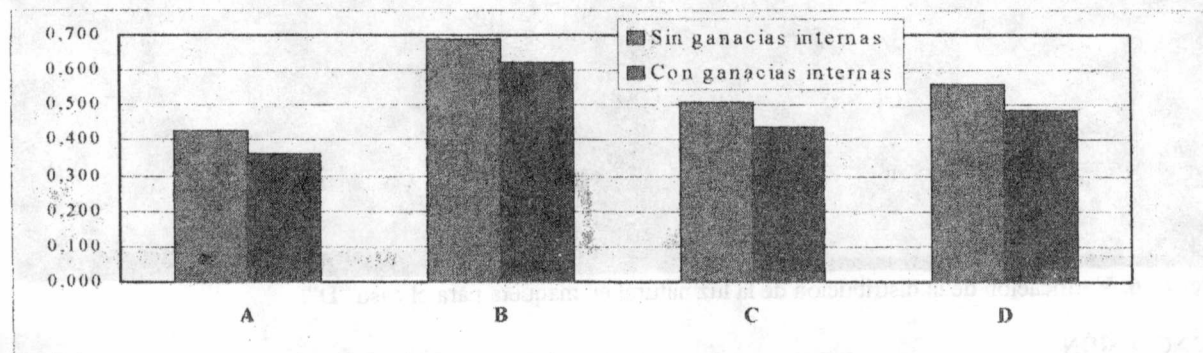


Figura 5. Pérdidas globales por el aporte del muro trombe, ganancia directa y ganancias internas (W/m³K)

15 alumnos durante 4 horas por día con una temperatura exterior de 6° C y una temperatura interior de 20° C.

## NIVELES DE ILUMINACIÓN EN DÍAS NUBLADOS Y EN DÍAS SOLEADOS

El factor de iluminación natural (F.I.N.) obtenido en el primer caso, si no se considerara la presencia de los estantes de luz, en un día nublado oscilaría entre 2% y 5%, en las dos terceras partes del local, nivel que se verá sensiblemente disminuido al colocar dichos dispositivos de control. Para minimizar este problema, se ha recurrido a un estante de luz conformado por una sucesión de placas inclinadas en aluminio blanco que, a la vez que reflejan y difunden los rayos en los días soleados, permiten que filtre la luz en los días que no hay sol, hecho que no sería posible con un estante horizontal. Por otro lado, el mantenimiento de este último se haría más dificultoso, ya que se ensuciaría más fácilmente y dejaría de funcionar correctamente en un período más breve. Para las ventanas orientadas al norte, se utilizan parasoles interiores en sentido vertical, también en aluminio blanco, con una inclinación tal, que los rayos reflejados sean dirigidos hacia el sector menos favorecido, es decir, en el sector del Muro Trombe. Al invertir la orientación de la iluminación cetina, como en el segundo caso, se obtiene una iluminación más pareja y de menor diferencia entre los días nublados y los días de sol. El F.I.N. obtenido oscila entre 2% y 5% en el 90% de la superficie del local

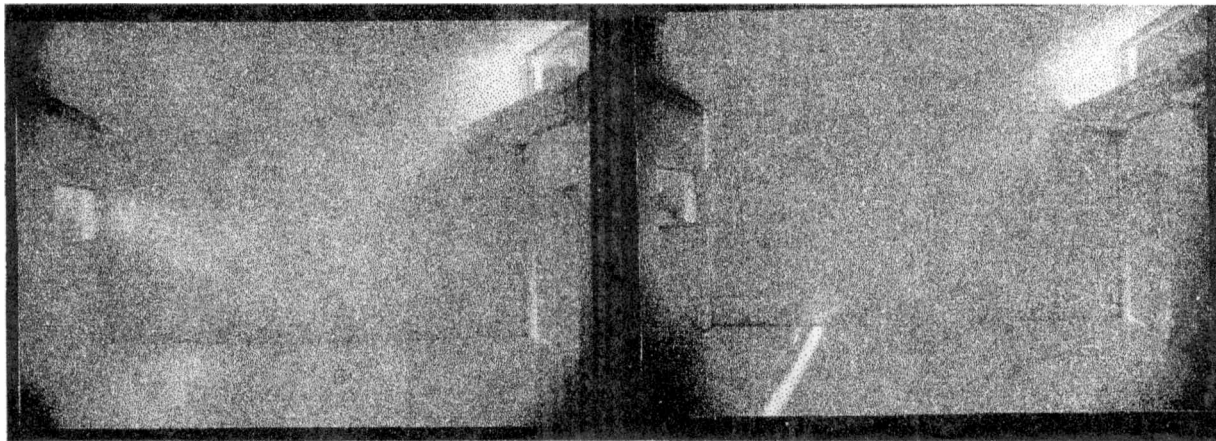
En el tercer caso, el porcentaje de iluminación si no se consideran los estantes de luz, varía entre 2% y 5% en el 50% del espacio, y el resto va desde 5% a 10%, niveles de intensidad que se emparejan con la colocación de los mismos. La luz reflejada se reparte uniformemente en todo el local y los rayos son desviados hacia los sectores menos favorecidos, mediante placas de aluminio natural, ubicadas debajo de la ventana norte, o difundidos por los planos de los muros para el caso de los vanos que se encuentran ubicados sobre la pared sur, tanto los verticales, como el cetina.

El último caso logra mayor uniformidad de iluminación. Los niveles oscilan entre 2% y 5% en el 80% del local y el resto desde 5% a 10%, sin contar con la presencia de estantes de luz (similares a los utilizados en el caso anterior). De todas maneras, el nivel de iluminación resultante ante la presencia de los mismos, no difiere significativamente, ya que gran parte de la iluminación proviene de las ventanas orientadas al sur. Los rayos reflejados, se distribuyen en todo el espacio en forma pareja (si bien no existen zonas poco favorecidas), no solo por la intervención de los estantes, sino también por medio del plano curvo del cielorraso. La iluminación lograda en los días de sol no resulta muy diferente a la obtenida en los días nublados.

En todos los casos se han considerado en los espacios interiores, tanto para los cálculos como para la confección de las maquetas, superficies de colores claros con acabados semimate que contribuyen a una mejor difusión de la luz y por lo tanto

darán una mayor uniformidad en la distribución de la misma. El F.I.N. corresponde a días nublados, independientemente de la hora del día y estación del año. La norma IRAM- AADL J 20-02 (1969) no proporciona datos para latitud 24°, pero por extrapolación, se deduce que los valores mínimos exteriores durante las horas de uso excede los 7000 lux, por lo tanto un F.I.N. de 2% (valor mínimo recomendado (4) para aulas) corresponde a 140 lux, llegando a 1700 lux al mediodía.

A pesar de que no se cuenta con datos de los niveles de iluminación en días soleados, se puede relacionar la iluminación en lux con la intensidad de la radiación solar en Watts. Sin embargo, la evaluación con sol directo depende no solo de la cantidad de iluminación disponible sino también de la distribución de la luz y el control de la incidencia directa sobre el plano de trabajo. Se ha realizado esta evaluación cualitativa con maquetas expuestas a sol directo. (Ver figura 6).



**Figura 6.** Verificación de la distribución de la luz natural en maqueta para el caso "D".

## CONCLUSIÓN

Como se ha mencionado al comienzo, obtener una adecuada iluminación es un tema que adquiere gran importancia cuando se habla de espacios en los cuales se desarrollan actividades escolares. Al establecer la comparación entre los distintos casos, teniendo en cuenta simultáneamente, la calidad de iluminación obtenida y las pérdidas globales de calor, se puede determinar que el que logra un mayor equilibrio entre ambos parámetros es el caso "D". Si bien este último no es el que resulta más eficiente desde el punto de vista térmico, la diferencia con respecto al de mejor rendimiento en este aspecto (caso "A") no es significativa, pudiendo dársele por ende, prioridad a la calidad de iluminación obtenida.

De esto se desprende que es conveniente utilizar, ventanas con orientación sur, tratando de elevar la altura del antepecho y diseñándolas de manera tal que su desarrollo sea preponderantemente longitudinal, ya que de esta forma se hace posible reducir su superficie manteniendo la distribución uniforme de la luz. Otro recurso que contribuye en este aspecto, es la utilización del cielorraso curvo así como también el uso de la iluminación cenital, siendo aconsejable que los vanos diseñados para tal fin, estén orientados hacia el norte. De esta manera, se pueden destinar los muros con orientación norte al uso de sistemas solares pasivos como se muestra en los ejemplos.

Este trabajo forma parte de la monografía preparada en el Curso de Posgrado de "Diseño Bioambiental " y en el "Taller de Integración Proyectual", dirigidos por el Arq. John Martin Evans y la Arqta. Silvia de Schiller respectivamente, en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires.

## REFERENCIAS

- EVANS, J. M. y DE SCHILLER, S. (1994) *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar*. Secretaría de Extensión Universitaria y Bienestar Estudiantil, FADU-UBA, Buenos Aires, tercera edición.
- FABRIS, A. y YARKE, E. (1985) *Método del Cociente Carga Colector*. Instituto Solar Arquitectura Buenos Aires.
- IRAM (1978) *Norma IRAM 11603. Acondicionamiento Térmico de Edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina*. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires.
- IRAM (1974) *Norma IRAM-AADL J 20-04. Iluminación en Escuelas. Características*. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales-Asociación Argentina de Luminotecnia, Buenos Aires.
- SAVIOLI, C. U. (1993) *Iluminación Natural*. Parte B. Iluminación de aulas. Librería y Editorial Alsina, Buenos Aires.