

## **SISTEMAS DE ILUMINACION NATURAL. TRANSMISIÓN DE LUZ ENTRE SECCIONES DE SÓLIDOS CRISTALINOS**

**Leandro Ferrón<sup>1</sup>, Andrea Pattini<sup>2</sup>, M. Ángel Lara<sup>3</sup>.**

Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA). Unidad: Laboratorio de Ambiente Humano y Vivenda CONICET - C.C.131 C.P. 5500 – Mendoza .Tel. 0261-4288797 – Fax 0261-4287370 e-mail: lferron@lab.cricyt.edu.ar  
IFIR-CONICET-UNR. 27 de febrero 210 bis 2000, Rosario.

**RESUMEN:** Los componentes de los sistemas pasivos de iluminación natural están clasificados en tres grupos: colectores, transportadores y emisores; de los cuales, se ha citado la necesidad de un mayor análisis de los elementos de transporte. Las aplicaciones de transporte de luz en materiales cristalinos aplicadas en edificios constituyen una sola pieza, sin interrupción del material ni acoples. Esto limita la posibilidad de proyectar sistemas más versátiles y estandarizados, aplicables a distintos espacios. Se propone determinar cual es la vinculación entre dos superficies cristalinas que resulte lumínicamente más eficiente, a través de un experimento que vincula 6 placas de material acrílico según distintas combinaciones de rugosidad de las superficies en contacto.

Los resultados muestran que la óptima transmisión de luz se logra combinando superficies pulidas, sin embargo, incluso la máxima relación de transmisión genera una reducción del 70% de la intensidad lumínica.

En futuros estudios se buscaran soluciones que promuevan el desarrollo de sistemas de transmisión como elementos modulares componibles, que aporten flexibilidad en la instalación de los mismos.

**Palabras clave:** Iluminación natural, sistemas pasivos, transporte de luz, sólidos cristalinos.

### **INTRODUCCIÓN**

Una de las formas más sustentables de iluminar los espacios interiores durante las horas diurnas, es la complementación del el alumbrado artificial con sistemas de alumbrado solar pasivo. Ya son conocidos los usos y beneficios que la aplicación de sistemas de transporte de luz natural puede aportar a distintos espacios arquitectónicos, tanto desde una perspectiva de ahorro energético como desde los aspectos de confort de los usuarios, asociados a características inherentes de la luz solar (Boyce, et al., 2003; González Couret, 2003)

Los distintos componentes de estos sistemas pasivos de iluminación se han clasificado para su mejor análisis en tres grupos definidos por su función (Fernández Xifra, et al., 2002):

- Un elemento colector, cuya función es la de captar y eventualmente concentrar la radiación solar directa, dentro de la franja del espectro visible, que puede ser un concentrador, un helióstato, un espejo o una cúpula transparente,
- Un elemento transportador o ducto, que por medio de distintos principios de reflexión encamina la luz colectada a lo largo de una distancia determinada, pudiendo ser un trayecto recto o no,
- Un elemento emisor que hace las veces de fuente o luminaria dentro del espacio de destino, y que puede tener distintas distribuciones luminosas de acuerdo a necesidades específicas de los usuarios.

En estudios realizados previamente se llegó a la conclusión en que es necesario un análisis más profundo de los materiales, conformación y diseño de los actuales elementos *transportadores*, ya que es en esta fase del funcionamiento de los lumiductos que se producen las mayores pérdidas de eficacia del sistema (Ferrón, L. y col., 2005)

En la actualidad, los sistemas más eficientes son aquellos que utilizan en la transmisión de luz plásticos cristalinos, como las fibras ópticas o las guías sólidas acrílicas, cuyo principio básico de funcionamiento esta dado por la reflexión total interna de la luz (TIR, *Total Internal Reflection*). Para la mayoría de las aplicaciones encontradas sobre edificios existentes, estos componentes se proyectan e instalan como una sola pieza, sin interrupción en la continuidad del material ni acoples entre diferentes secciones que pudieran generar pérdidas de eficiencia en términos del flujo luminoso aportado por el sistema. Esta situación limita la posibilidad de proyectar sistemas más versátiles, que puedan fabricarse e instalarse como elementos estandarizados, aplicables a distintas configuraciones arquitectónicas o necesidades de uso.

---

<sup>1</sup> Becario doctoral CONICET

<sup>2</sup> Investigadora Adjunta CONICET

<sup>3</sup> Investigador independiente CONICET

Atendiendo a este problema, el siguiente trabajo propone determinar cual es el tipo de vinculación entre dos superficies de un mismo material cristalino que resulte más eficiente desde la perspectiva de una óptima transmisión de luz, tomando como medida variable distintos valores de rugosidad de los planos empalmados.

Se espera con esto poder establecer pautas que aporten una guía para el diseño de sistemas de transporte de luz basados en el uso de materiales sólidos cristalinos y explorar la posibilidad de desarrollar elementos modulares componibles que aporten flexibilidad en la proyección dimensional de este tipo de sistemas.

## MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó un experimento consistente en vincular 6 (seis) placas de material acrílico, comercializado por la empresa **Dayplas S.A.**, Mendoza, de 2mm x 40mm x 200mm, dispuestas en cúplas según distintas combinaciones de rugosidad de las superficies en contacto (Tabla 1), y se transmitió a través de ellas un haz de luz visible, registrando en el área de salida del material los distintos valores de intensidad obtenidos en lux.

Grupo	Ensayo	Superficie 1	Superficie 2
a	1	Pulido	Pulido
b	2	Pulido	Rugoso 10 $\mu$
	3	Pulido	Rugoso 50 $\mu$
	4	Pulido	Rugoso 100 $\mu$
c	5	Rugoso 10 $\mu$	Pulido
	6	Rugoso 50 $\mu$	Pulido
	7	Rugoso 100 $\mu$	Pulido
d	8	Rugoso 10 $\mu$	Rugoso 10 $\mu$
	9	Rugoso 50 $\mu$	Rugoso 50 $\mu$
	10	Rugoso 100 $\mu$	Rugoso 100 $\mu$
e	Control	Material Continuo	

Tabla 1: Combinación de superficies testadas según rugosidad superficial.

Las placas de material se vincularon por medio de uniones mecánicas, a tope, sin componentes adhesivos. El experimento se realizó en una habitación cerrada al paso de luz, con sus paredes interiores pintadas de negro mate para evitar reflexiones de luz intrusa sobre las placas acrílicas (Pattini, A. et. al., 2001), y se aisló además, la longitud de las mismas mediante una cubierta de cartulina negra, quedando expuestas solo las superficies de colección y de emisión de la luz transmitida



Imágenes: 1 - Vista general del experimento. 2 - Vinculación mecánica a tope. 3 - Área de salida de luz y sensor LI-COR.

La fuente utilizada fue una lámpara fluorescente de bajo consumo, marca PHILIPS, de 11W de potencia y 6000K de Temperatura de Color ( Philips Cooldaylight). Esta se instaló dentro de una caja cerrada, negra en su interior, que poseía una ranura con el tamaño exacto para el encastre de uno de los extremos de las placas acrílicas. (Imágenes 1, 2 y 3)

Sobre el extremo contrario de las placas acrílicas se montó un radiómetro marca LI-COR 189, con sensor fotométrico LI-210 SB. Para cada caso se tomaron cinco mediciones y se registró el valor promedio obtenido.

Como control se utilizó una placa acrílica de las mismas características (extraído de la misma plancha) del tamaño del total de la longitud alcanzada por la unión de dos de las seis placas examinadas (2mm x 40mm x400mm) pudiendo de esta manera verificar cual es el valor máximo alcanzado en la transmisión de luz a través de un medio continuo.

## RESULTADOS

La tabla 2 muestra los distintos valores en lux obtenidos para las distintas disposiciones de cúpulas acrílicas.

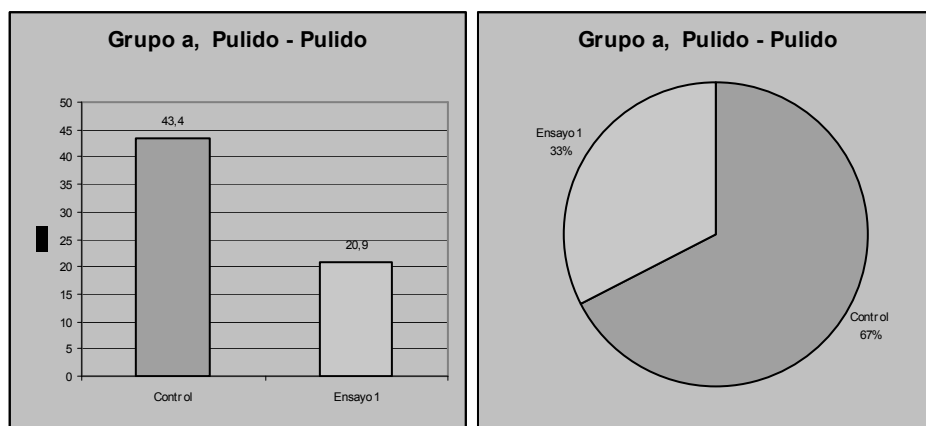
Los ensayos efectuados se clasificaron en cinco grupos de acuerdo al tipo de superficies combinadas en cada uno, de esta forma, el ensayo 1 se corresponde con el grupo a, combinando superficies Pulido-Pulido, los ensayos 2, 3 y 4 se corresponden al grupo b, de combinaciones Pulido-Rugoso, los ensayos 5, 6 y 7 pertenecen al grupo c, de combinaciones Rugoso-Pulido, los ensayos 8, 9 y 10 se reúnen en el grupo d, con combinaciones de Rugoso-Rugoso y finalmente, el control se encuadra en el grupo e. (Tabla 2)

Grupo	Ensayo	Superficie 1	Superficie 2	Transmisión (Lux)
a	1	Pulido	Pulido	20,9
b	2	Pulido	Rugoso 10 $\mu$	8,1
	3	Pulido	Rugoso 50 $\mu$	7,2
	4	Pulido	Rugoso 100 $\mu$	6,7
c	5	Rugoso 10 $\mu$	Pulido	7,9
	6	Rugoso 50 $\mu$	Pulido	7,2
	7	Rugoso 100 $\mu$	Pulido	6,9
d	8	Rugoso 10 $\mu$	Rugoso 10 $\mu$	5,3
	9	Rugoso 50 $\mu$	Rugoso 50 $\mu$	2
	10	Rugoso 100 $\mu$	Rugoso 100 $\mu$	1,1
e	Control	Material Continuo		43,4

Tabla 2: Valores de intensidad luminosa transmitida

Encontramos en primer lugar, que para la placa acrílica utilizada como control, de 400mm de longitud, la cantidad de luz transmitida es de 43.4 lux, valor que fue tomado como máximo relativo durante el experimento.

Para el Grupo a se verificó que el valor de luz transmitida es de 20,9 lux, es decir, un 33% del valor de intensidad registrado sobre la placa sólida. (Gráficos 1 y 2)



Gráficos 1 y 2: Intensidad de luz transmitida Grupo a, valor en Lux y porcentual

Para el Grupo b, los valores de intensidad transmitida registrados fueron de 8,1 lux, 7,2 lux y 6,7 lux, observándose una disminución de 16%, 14% y 13%, respectivamente en la salida de las placas.

En el caso del Grupo c, los resultados obtenidos pueden considerarse similares a los registrados en el grupo de mediciones anterior, siendo los valores de 7,9 lux, 7,2 lux y 6,9 lux para las cúpulas 5, 6 y 7, resultando en una transmisión de el 15%, 14% y 14% aproximadamente de la intensidad luminosa, respecto del valor transmitido a través del material continuo. Esta similitud en las intensidades registradas entre estos dos grupos resulta coherente si observamos que la variable que los diferencia es el orden de salida y entrada del haz de luz entre una superficie rugosa y una pulida. (Gráficos 3 y 4)

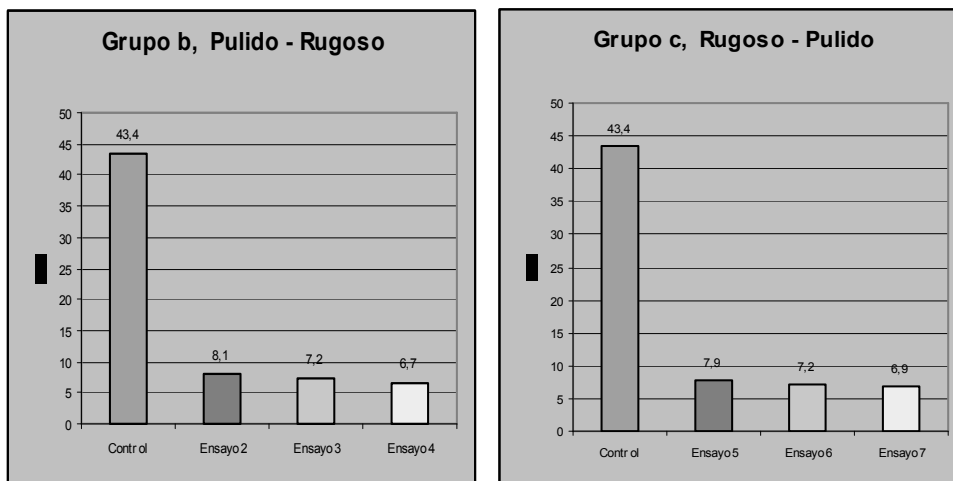


Gráfico 3 y 4: Valores de intensidad transmitida para el Grupo b y Grupo c.

Finalmente, el Grupo d, cuyas combinaciones empalman dos superficies rugosas arrojaron los valores más bajos medidos, 5,3 lux para el par 8, con una transmisión de 11 % de la intensidad respecto del control, 2 lux para el par 9, con una transmisión del 4 % y 1,1 lux para el par 10, con una transmisión de menos del 2% (Gráfico 5)

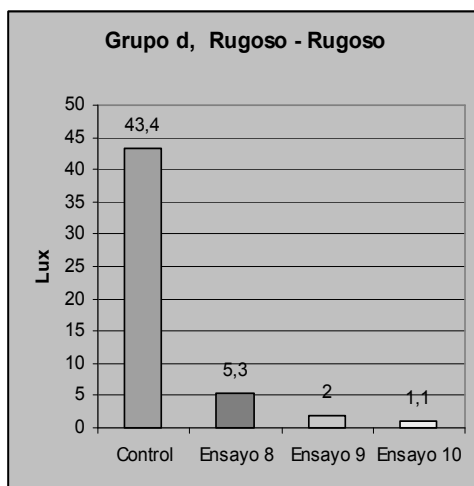


Gráfico 5: Valores de intensidad transmitida del Grupo d.

## DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos podemos afirmar que la óptima transmisión de luz entre dos secciones cristalinas sólidas vinculadas a tope se logra mediante la combinación de superficies pulidas, con el menor grado de rugosidad posible. Este resultado se encuentra posiblemente asociado a la estrecha relación existente entre capacidad de transmisión de luz y el ángulo crítico del material cristalino, dependiente del índice de refracción propio del material. Sin embargo, encontramos también que, incluso la máxima relación de transmisión posible, genera una reducción de aproximadamente el 70% de la luz transmitida (lux), incluso en una situación de análisis de laboratorio, que desprecia en este caso los efectos de la radiación UV sobre el material, como el amarilleo o la incidencia de factores de degradación como la exposición a la suciedad o a la intemperie.

Si bien hubiese sido posible llegar a estas conclusiones a través de la utilización de otros métodos analíticos, como podría ser la traza de rayos, la realización de este experimento permitió corroborar empíricamente el fenómeno de reducción de la luz efectivamente transmitida y tener una representación cercana del porcentaje relativo de pérdida de eficiencia del sistema.

Finalmente, cabe mencionar que de este experimento se desprenden además algunos aspectos a resolver desde el diseño mismo de los sistemas de lumiductos, como por ejemplo:

- ¿Es posible aumentar la intensidad de luz transmitida si se aumenta el área de las superficies en contacto?
- ¿Es factible vincular el material mediante solapa, con el fin de aumentar el área de contacto para mayor resistencia física, sin perder eficiencia en la transmisión de luz?
- ¿Es viable la utilización de adhesivos en la vinculación de secciones y serán estos aptos tanto para la transmisión de luz como para soportar diferentes cargas mecánicas?

Se espera continuar en esta línea de investigación, con el fin de aportar datos que promuevan el desarrollo de sistemas de transmisión de luz natural con elementos componibles y/o combinables que contribuyan a una mayor flexibilidad en el momento de la instalación de los mismos. Teniendo como premisa que los desarrollos sean aplicables a la disponibilidad regional de tecnologías y materiales.

## REFERENCIAS

- Boyce, P.; Hunter, C. y Howlett, O, “The benefits of daylight through windows”, *Lighting Research Center*, 2003.
- Fernández Xifra, M.V. y Evans, J. M., “Sistemas innovativos para el direccionamiento de luz natural películas holográficas y lumiductos”, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol 6, n° 2, 2002
- Ferrón, L.; Pattini, A. y Lara, M.A., “Disponibilidad comercial de sistemas de transporte de luz natural”, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 2005.
- González Couret , D., “Conductos de iluminación y ventilación natural para edificios de vivienda en zonas urbanas compactas”, [www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar06/HTML/articulo01.htm](http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar06/HTML/articulo01.htm), 2003.
- Pattini, A.; de Rosa, C. y Kirschbaum, C., “Medición de las características fotométricas de sistemas de iluminación natural”, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 5, 2001.

## AGRADECIMIENTOS

Loa autores de este trabajo agradecen el asesoramiento comercial de los representantes de la firma **DAYPLAS S.A.**, de la Ciudad de Mendoza.

## ABSTRACT

The components of the passive systems of innovative daylight systems are classified under three groups: collectors, transporters and emitters; of which, there has been mentioned the need of a major analysis of the elements of transport. The applications of transport of light in crystalline materials applied in buildings constitute an alone piece, without interruption of the material. This limits the possibility of designing systems more versatile and standardized, applicable to different spaces. There proposes to determine which is the most efficient links in the transport of light between among two crystalline surfaces, across an experiment that links 6 plates of acrylic material according to different combinations of ruggedness of the surfaces in contact. The results show that the ideal transmission of light is achieved combining polished surfaces, nevertheless, even the maximum relation of transmission generates a reduction of 70 % of the light intensity. In future studies there were looked solutions that promote the system development of transmission as repairable elements, which contribute flexibility in the installation of the same ones.

**Keywords:** daylighting, passive systems, transport of light, solid crystalline.