

AVANCES EN EL DESARROLLO DE LOS CONCRETOS TRANSLÚCIDOS

Ary Hoyos^{1}, Jorge Tobón², Yosef Farbiarz³*

1: M.Sc., Ingeniero Civil, Grupo del Cemento y Materiales de Construcción, Facultad de Minas, Departamento de Materiales y Minerales, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

2: Ph.D., Ingeniero Geólogo, Profesor asociado, Grupo del Cemento y Materiales de Construcción, Facultad de Minas, Departamento de Materiales y Minerales, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

3: M.S.C.E., Ingeniero Civil, Profesor asociado, Director Centro de Proyectos e Investigaciones Sísmicas, Facultad de Minas, Departamento de Materiales y Minerales, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

*Contacto: aahoyos@unal.edu.co

RESUMEN

La luz artificial en las edificaciones genera un gran consumo de los recursos naturales que la producen, lo que trae como consecuencia el aumento en la escasez de materias primas en su mayoría no renovables. El material de mayor uso para la construcción de dichas edificaciones es el concreto, cuyas propiedades no incluye la de ser translúcido. Resulta obvio que si fuese posible conferirle al concreto esta propiedad, se contribuiría a reducir el uso de luz artificial. Este trabajo quiere dar a conocer algunas de las líneas de investigación, reportadas en la literatura, que a nivel mundial se han desarrollado alrededor del tema. Dos líneas se detectan, la primera de ellas se basa en el reemplazo total del cemento Portland por un cementante translucido y la segunda en la adición o sustitución del agregado por materiales que permitan la transmisión de una onda electromagnética dentro del intervalo de luz visible.

Palabras Clave: *Concreto translúcido, Fibra óptica, Transmitancia, Concreto tradicional*

ABSTRACT

Artificial light in buildings generates a large consumption of natural resources that produce it, which results in the shortage of nonrenewable raw materials. The most used material in the construction of such buildings is concrete, whose properties not include being translucent. Obviously, if it was possible to confer this property to concrete, it would help to reduce the use of artificial light. This work aims is to show some of research work, reported in the literature, which globally have developed around this theme. Two lines are detected, the first which is based on total replacement for Portland cement by translucent concrete; and the second, in aggregate addition or substitution of materials which allow the transmission of an electromagnetic wave within the range of visible light.

Keywords: *Translucent Concrete, Fiber optics, Transmittance, Traditional concrete*

1 INTRODUCCIÓN

La luz artificial en edificaciones genera un gran consumo de los recursos naturales que la producen, lo que trae como consecuencia el aumento en la escasez de materias primas en su mayoría no renovables [1]. Una manera de reducir la utilización de la luz artificial es lograr el uso de la luz natural, pero las alternativas existentes en cuanto a materiales que permitan el paso de la luz complementan pero no sustituyen los materiales de construcción convencionales, de manera que debe decidirse entre materiales que aporten resistencia y rigidez estructural o materiales translúcidos, lo que, en muchos casos limita significativamente el área disponible para materiales que permitan el uso de la luz natural, para la iluminación de espacios interiores de las edificaciones residenciales o industriales [2]. El material de mayor uso en la construcción, es el concreto, cuyas propiedades no incluye la de ser translúcido [3]. Resulta obvio que si fuese posible conferirle al concreto esta propiedad se contribuiría a reducir el uso de luz artificial. En términos generales dos líneas de investigación se han desarrollado a nivel mundial acerca de este tema. La primera se enfoca en la búsqueda de un cementante que además de contribuir a la translucidez del concreto, cumpla con características semejantes a las de un concreto tradicional [4]. Y la segunda, busca materiales que permitan remplazar los agregados por materiales que cumplan con la propiedad de translucidez, como el vidrio y el plástico. El Profesor Bill Price parece ser el más indicado para colocarlo como el gestor más importante en la materialización de este nuevo producto [2]. La idea nace en el departamento de I+D OMA (Office for Metropolitan Architecture) empresa de Rem Koolhaas, ubicada en Rotterdam, quien deja la inquietud sobre la mesa de poder lograr concreto translucido. En septiembre de 1999 se presentan las primeras pruebas buscando dos objetivos: translucidez y resistencia [2]. A partir de esa fecha el número de publicaciones con respecto a este tema han venido aumentando de una manera lenta, buscando dar explicación a las variaciones en las propiedades del concreto cuando se le quiere conferir la propiedad de ser translúcido.

2 ANTECEDENTES GENERALES Y ESTADO DE LOS CONCRETOS TRANSLÚCIDOS

En este segmento se discutieron las diferentes investigaciones que se han venido desarrollando alrededor de los concretos translucidos; así como un recuento de la historia y antecedentes que llevaron al conocimiento actual de este tema y la necesidad de desarrollos futuros. En términos generales, el estudio de los cementos tradicionales ha buscado mejorar sus prestaciones desde dos puntos de vista: el primero relacionado con la propiedades mecánicas del material, buscando que el concreto asuma de una mejor manera los esfuerzos inducidos por las cargas de servicio a que este expuesto. El segundo, y tal vez el de mayor auge, tiene que ver con aumentar el tiempo de vida útil del concreto, lo que implica que las investigaciones se direccionen a temas de durabilidad [3]. Por ser el concreto uno de los materiales más utilizados a nivel mundial se hace necesario concederle nuevas propiedades que satisfagan las necesidades provenientes de las condiciones para las cuales se quiere utilizar. Una de esas propiedades es la ser translúcido, el problema radica en identificar cuáles son los efectos, en términos de resistencia y durabilidad, que se tiene en el concreto tradicional cuando es modificado para que sea translúcido.

2.1 Historia y desarrollo

2.1.1 Posible historia

En la tabla 1. Se listan algunas referencias que describen los pasos importantes en el desarrollo de los concretos y cementos translúcidos.

Tabla 1. Historia bibliográfica de los cementos y concretos translúcidos

Autor (es)	Año	Descripción	Referencia No.
Bill Price, Aron Losonczy, Will Wittig	1999 - 2002	Pixel Panels, Light Transmitting Concrete, Translucent Panel	[2]
Aron Losonczy	2005	Building block comprising light transmitting fibers and a method for producing the same	[5]
Sergio Galván, Joel Sosa	2005	Formulation for obtaining a translucent concrete mixture	[4]
Mohamed N., et al	2007	Properties of translucent concrete	[1]
Zhi Zhou, et al	2009	Transparent concrete	[6]
Jurgen Halm	2009	Method for producing moulded bricks with fibers	[7]
Andrea Giovanni Mainini., et al	2012	Transparent concrete panel	[8]

2.1.2 Desarrollos investigativos

Los investigadores Bill Price, Aron Losonczy y Will Wittig desde los años de 1999 hasta el 2005 dieron inicio a la búsqueda de materiales que adicionados a los cementantes tradicionales le concedieran la propiedad de ser translúcidos [2]. Los materiales desarrollados por los tres investigadores son matrices compuestas por un cementante tradicional y agregados como vidrio, plástico y fibra óptica ordenados de tal manera que exista una transmisión de la luz de una cara a otra a través del espesor del elemento de concreto [9]. Con la profundización en sus investigaciones Aron Losonczy desarrolló bloques de concreto compuestos por fibras que transmiten luz visible y un método para la producción de los mismos [5]. Este tipo de investigaciones no revelan detalles de la cantidad de luz que se puede llegar a transmitir, ni cómo se ve afectado el concreto en sus propiedades con este tipo de adiciones. En el año 2005 S. Galván y sus colaboradores dieron a conocer la invención de una formulación para obtener una mezcla de concreto translucido a partir de un aglutinante polimérico, compuesto preferiblemente por dos matrices y sus respectivos catalizadores [4]. El cementante desarrollado por los investigadores reúne las características de los cementos tradicionales con la propiedad de ser translúcido. Al igual que los concretos adicionados con fibra, y con base en la revisión bibliográfica, no se encontró evidencia de que los investigadores publicaran documentos que indiquen la cantidad de luz que se puede llegar a transmitir ni cuáles son sus propiedades mecánicas o de durabilidad. Posterior a estas investigaciones se han utilizado modelos numéricos que intentan simular, la mejor forma de ordenar las adiciones en los conglomerantes con el fin de lograr el mayor paso de luz visible a través de todo el elemento. El investigador Zsolt Marcet

utilizó en su modelo, materiales a nivel nanométrico (ranuras) para poder determinar el mejor alineamiento entre ellas y lograr la mayor transmisión de luz posible [10]. En la Figura 1 se observa las ranuras espaciadas a la mitad del periodo de la longitud de onda del haz de luz incidente. Con este arreglo se logró transmitir la mayor cantidad de luz posible. Siendo la modelación una herramienta muy poderosa para este tipo de análisis, no se dice si es posible llegar a tener este tipo de arreglo dentro de una matriz cementante y mediante que tecnología se haría.

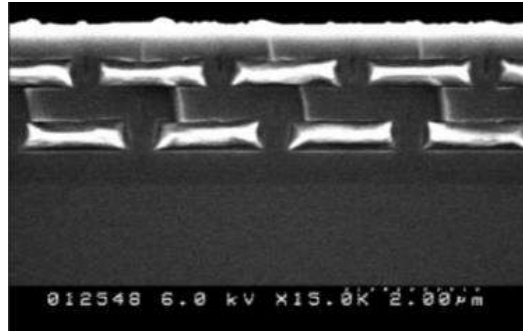


Figura 1. Micrografía de ranuras escalonadas*

Las primeras publicaciones donde se muestran resultados con cierto rigor científico se dan a partir del año 2007. Mohamed N y colaboradores [1] evaluaron 24 muestras de concretos variando la relación agua/cemento, el porcentaje de fibra óptica, el tamaño del agregado grueso y fino, el porcentaje de superplastificante y el tipo de compactación. Las variables de repuesta que se midieron fueron la resistencia a la compresión y flexotracción, durabilidad química e intensidad de luz transmitida. Con respecto a un concreto tradicional los resultados concluyen que a una mayor cantidad de fibra óptica la cantidad de luz transmitida aumenta considerablemente, pero las propiedades mecánicas y de durabilidad disminuyen. Zhi Zhou y colaboradores [6] utilizaron fibras ópticas dentro del concreto para relacionar el porcentaje de fibra adicionada con la resistencia mecánica y la cantidad de luz transmitida. Los resultados se asemejan a los presentados por Mohamed N: La adición de fibra óptica mejora la translucidez del concreto pero disminuye su resistencia. En la Figura 2 se muestra la variación del porcentaje de luz transmitido (% T) y la resistencia a compresión a 28 días (R.C. (MPa)) con respecto a la variación en el porcentaje de fibra óptica adicionada, a partir de los resultados obtenidos por Mohamed N (Figura 2 (a) con a/c de 0.45 y Figura 2 (b) con a/c de 0.5)) y Zhi Zhou (Figura 2 (c) con a/c de 0.44).

* Figura tomada de www.osa.opn.org

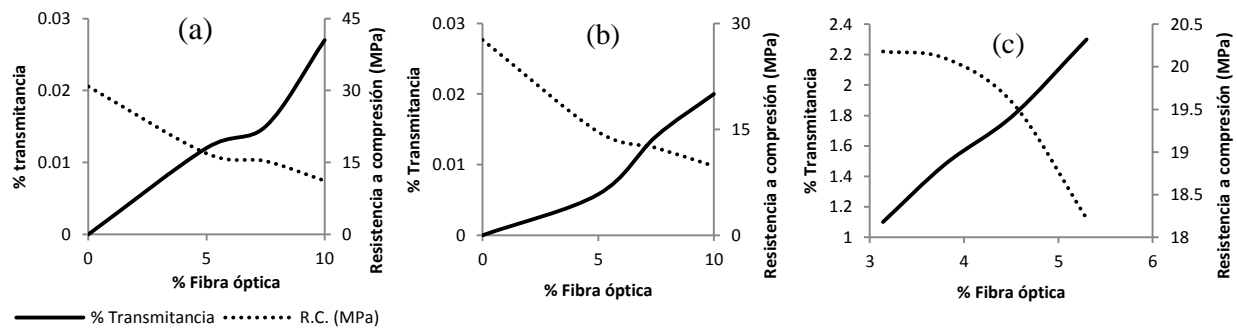


Figura 2. Variación del porcentaje de luz transmitida y resistencia a la compresión con respecto al porcentaje de fibra óptica adicionada. Datos de Mohamed N ((a) y (b)) y Zhi Zhou (c)

En la figura anterior se observan que en las tres gráficas (a), (b) y (c) a medida que se aumenta la cantidad de fibra óptica adicionada al concreto el porcentaje de luz visible transmitido aumenta (línea continua) y la resistencia a compresión disminuye (línea punteada). Ésto es debido a que la fibra óptica no tiene ningún aporte a compresión y a medida que se aumenta su presencia en el concreto existe menos material cementante que en un concreto no adicionado. Las investigaciones muestran claramente datos del comportamiento de un concreto translucido desde el punto de vista mecánico. La dificultad se presenta al querer comparar los resultados, debido a que los materiales utilizados en cada investigación difieren uno con respecto a otro. Lo ideal sería determinar una característica propia de cada material, independiente del espesor, como el coeficiente de extinción molar que determina cuánta energía pierde un haz de luz cuando atraviesa un sólido. En investigaciones recientes Andrea G. Mainini y sus colaboradores [8] vienen desarrollando paneles de concreto translucido para ser utilizados como fachadas. Sus investigaciones se enfocan en encontrar las propiedades ópticas espectrales del panel y poder crear y validar un modelo que simule la transmisión y reflexión de luz en su interior. A partir de los resultados presentados por Andrea G. Mainini se observa cómo llegan a un nivel de transmitancia cercano al 18%, pero no se llegó a determinar cuál es su comportamiento mecánico ni de durabilidad.

3 CONCLUSIONES

El desarrollo de las investigaciones de concreto translucido cada vez muestra un mayor interés por parte de la comunidad científica. Ya se cuenta con artículos publicados en revistas indexadas que empiezan a presentar resultados de las propiedades de éstos nuevos materiales.

Al aumentar la cantidad de fibra óptica (superiores al 5%) en los concretos translucidos, la resistencia a compresión se ve disminuida entre un 10% y 46%; presentando un aumento, en luz transmitida, mayor al 2%.

4 RECOMENDACIONES

Es claro que la utilización de materiales como la fibra óptica tiene un efecto significativo en el aumento del porcentaje de luz transmitido en los concretos translucidos. Se debe determinar cuál

es su efecto en el resto de características inherentes a un concreto (v.g. la durabilidad, la porosidad, la resistencia).

Si tenemos en cuenta solo la cantidad de fibra adicionada a cada concreto, no sería posible comparar diferentes investigaciones debido a la variación en las muestras como el espesor de la muestra. Se debería determinar una característica propia de cada material que sea comparable entre ellos. Por ejemplo el coeficiente de extinción.

Se recomienda que al tiempo que se empieza a determinar las propiedades de los concretos translúcidos, se estudie el impacto en cuanto a ahorro energético por el uso de luz natural en remplazo de luz artificial.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mohamed N., et al., "Properties of Translucent Concrete", CSCE 2007 Annual General Meeting & Conference - Canadian Society for Civil Engineering, Yellowknife, Northwest Territories/ Yellowknife Territoires du nord-ouest, Vol. 2, pages 651-660, 2007.
2. Shulman, Ken. "X-Ray Architecture." Metropolis American Magazine. pages 72-75, 98-99, April 2001.
3. Konstantin Kovler., et al., "Properties of fresh and hardened concrete", Cement and Concrete Research, Vol. 41., pages 775-792., 2011.
4. Gálvan O., et al., "Formulation for Obtaining a Translucent Concrete Mixture". World Intellectual Property, October 17, 2006., <http://patentscope.wipo.int/search/en/WO2007046683>
5. Losonczy A., "Translucent Building Block and a Method for Manufacturing the same". World Intellectual Property, January 15, 2009., <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?WO=2009007765>
6. Zhou Z., et al., "Research and Development of Plastic Optical Fiber Based Smart transparent Concrete", Smart Sensor Phenomena Technology Networks and Systems, Vol. 7293, pages F1-F6, 2009.
7. Jurgen Halm, "Method for producing moulded bricks with fibres", IP Research & Communities, November 14, 2008., <http://www.freepatentsonline.com/20090200703.pdf>
8. Andrea Giovanni Mainini., et al., "Spectral light transmission measure and radiance model validation of an innovative transparent concrete panel for façades", Energy Procedia, Vol. 30., pages 1184-1194., 2012.
9. Coelho F., "Development and Application of Translucent Concrete". CIM 2011 - VI Congreso Internacional de Materiales, Páginas 1-8, November 2011.
10. Yvonne, Carts Powell, "Using Nano-Optics to Control the Phase of Light", The Optical Society, Vol. 7, pages 6, Massachusetts : OSA 2008.