

Premios Nobel de Física 2009: La revolución de las tecnologías ópticas

María Luisa Calvo Padilla

El pasado mes de octubre 2009 y como viene produciéndose anualmente, la Academia de Ciencias de Suecia hizo público los nombres de los laureados con el premio Nobel de Física 2009. En esta ocasión, el premio ha sido compartido por tres investigadores: la mitad del premio ha sido concedido a Charles K. Kao, y la otra mitad compartida a partes iguales entre Willard S. Boyle y George E. Smith.

La citación para Charles K. Kao dice: “for groundbreaking achievements concerning the transmission of light in fibers for optical communication”¹.

La citación para Willard S. Boyle y George E. Smith dice: “for the invention of an imaging semiconductor circuit – the CCD sensor”².

En el año 1966 Charles Kao (Figura 1) junto con George Hockman, entonces en los laboratorios de Standard Telecommunications en el Reino Unido, publicaron un artículo, que luego resultó fundamental para la teoría de comunicaciones ópticas: “Dielectric fiber surface waveguides for optical frequencies”. La publicación se realizó en una revista de poco índice de impacto, los proceedings de IEE, y contabiliza en la actualidad un total de ciento ochenta citas. Estos datos no dejan de ser paradójicos si nos atenemos a los criterios de valoración científica actualmente en boga. Ello sugiere que, tal y como ha reconocido la Academia de Ciencias de Suecia, la base para estos criterios es puramente de calidad científica, y no tanto un dato estadístico. En su artículo, demostraron que la causa primordial, origen de las pérdidas de radiación en la transmisión de señales en una fibra óptica, se debía a la presencia de impurezas en la estructura del material constitutivo de la fibra. El aspecto más sorprendente es que esta causa no se identificaba con una propiedad física fundamental de la fibra como sistema transmisor. Kao y Hockman estimaron la reducción de las pérdidas en la transmisión, en el caso de eliminar las impurezas contenidas en el material. Estas pérdidas podrían reducirse a valores del orden de 20 dB/Km (para $\lambda=850$ nm), o incluso hacerse prácticamente nulas. Kao y Hockman indicaban en su artículo que esta nueva forma de comunicaciones, basadas en un medio sin impurezas y comparada con la entonces utilizada con cables coaxiales y sistemas radio, proporcionaba una alta capacidad de transmisión de la información y ventajas económicas por el bajo coste del material. A partir de esta propuesta, investigadores en vidrios de Estados Unidos, Reino Unido, Francia, Japón y Alemania comenzaron un importante trabajo a la búsqueda de métodos de purificación de la composición del vidrio. Los primeros

resultados se publicaron en 1970 por tres investigadores de la empresa Corning Glass, Donald Keck, Robert Maurer y Meter Schultz. Desde esas fechas, la implementación de fibras ópticas con muy bajas pérdidas ha constituido un proceso de optimización sin precedentes. En la actualidad más del 95% de la potencia luminosa de la señal se transmite, sin pérdidas, en distancias de propagación de varios kilómetros (para $\lambda=1,55 \mu\text{m}$). En la gráfica (Figura 2) se observa la evolución en la fabricación de vidrios, en los que la presencia de impurezas ha ido decayendo a lo largo de la historia (desde la época de la civilización egipcia hace 5.000 años hasta el s.XX), produciendo medios con muy baja atenuación de las señales ópticas que se propagan en ellos. Se puede observar la drástica caída de la atenuación ($<1\text{dB/Km}$), a partir de los años ochenta del pasado siglo, que marca el comienzo de la revolución en las tecnologías de fibra óptica para comunicaciones.

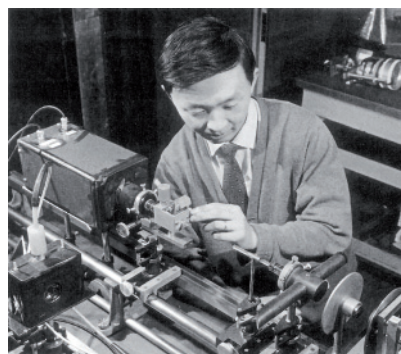


Figura 1. Charles K. Kao, en los laboratorios Standard Telecommunications (Harlow, Reino Unido) hacia la década de 1960.

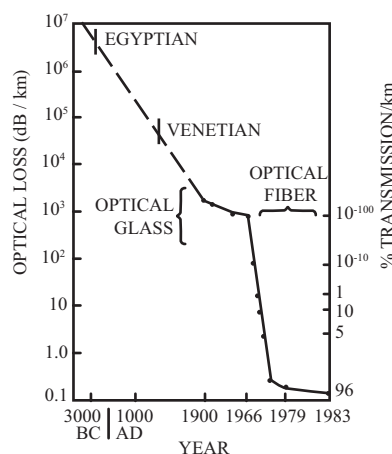


Figura 2. Reducción de las pérdidas por absorción en vidrios a lo largo de la historia³.

¹ “Por sus resultados rompedores sobre la transmisión de la luz en fibras para comunicaciones ópticas”.

² Por la invención de un circuito semiconductor para formación de imágenes: el sensor CCD.

³ S.R. Nagel, IEEE Communications Magazine, Vol. 25, N°4, 33-43 (1987).

Como consecuencia, la demanda de comunicaciones transoceánicas ha aumentado exponencialmente y en las últimas décadas del s. XX ello permitió que una gran parte de los países de la Tierra estuvieran conectados mediante cables ópticos transoceánicos. Sin duda, ello ha implicado que las comunicaciones globales de la información sean cada vez más abiertas, con transmisión de señales ópticas de alta calidad, bajas pérdidas y alta flexibilidad.

En la actualidad Charles K. Kao (Shanghai, China, 1933), es profesor en la Chinese University de Hong Kong.

Willard S. Boyle (Amherst, Canada, 1924) y George E. Smith (Nueva York, 1930) inventaron en 1969 la primera tecnología para la formación de una imagen digital de alta calidad. Para ello diseñaron un sensor digital: la cámara CCD (*Charge Coupled Device*⁴). El artículo, con la novedosa propuesta, se publicó en 1970 en la revista técnica de los laboratorios Bell (Nueva Jersey, Estados Unidos de América) donde ambos desarrollaban sus investigaciones. La cámara CCD es un “ojo electrónico” digital cuyo funcionamiento está basado en el efecto fotoeléctrico, que Albert Einstein fundamentó teóricamente en 1905. Para entender el contexto en el que se realizó el invento, hay que mencionar la existencia en los Laboratorios Bell de una investigación previa primordial sobre “burbujas magnéticas” (*magnetic bubbles*), a la cual se unió la ya entonces implementada tecnología de semiconductores, junto a dos nuevas tecnologías: la del silicio y la de los transistores MOS⁵. El gran reto en el diseño del sensor de imagen fue la consecución de la transmisión conjunta y la lectura de las señales en un alto número de puntos imagen, los llamados pixels, y con un tiempo de respuesta muy corto. Como el propio George Smith ha comentado en varias de sus conferencias, es singular el hecho de que la propuesta técnica surgiera de una encarnizada discusión, de una hora, entre él y Williard Boyle. Posteriormente, en una semana, el primer prototipo del dispositivo estaba acabado (véase Figura 3). Desde entonces, las aplicaciones de la cámara CCD se han multiplicado exponencialmente en áreas muy extendidas de la ciencia, la tecnología, la industria, las comunicaciones y, en general, para la transmisión de información en la forma de imagen digital. Williard Boyle comentaba recientemente, en una entrevista, que uno de

los mayores logros de esta tecnología ha sido la contemplación de imágenes transmitidas desde la superficie de Marte.

El Comité Nobel ha confirmado con estos premios 2009 que la Física está profundamente imbricada en las tecnologías de impacto en nuestra vida cotidiana. En este caso, en las comunicaciones ópticas y en la producción de imágenes digitales de alta resolución. Todo ello, es parte de los avances que se iniciaron en el pasado s. XX, y que deben seguir perfeccionándose y renovándose con nuevas propuestas tecnológicas.

Nuestro país, y como lo demanda la sociedad y la comunidad científica que aquella sustenta, debe de contribuir de manera sustancial a esta renovación tecnológica, que permitirá en un futuro una mejora de nuestra calidad de vida junto con nuevos retos para un desarrollo industrial competitivo. Insistir, una vez más, en este aspecto no es superfluo, si nos remitimos a los acontecimientos que suceden, hoy en día, en la actividad económica mundial, y a la necesidad de una revisión de las políticas para la incentivación de la ciencia y la tecnología.



Figura 3. Willard Boyle (izquierda) y George Smith (derecha) en los laboratorios Bell con el primer prototipo de cámara CCD. La fotografía data de 1974. (Cortesía de Alcatel-Lucent/Bell Labs).

María Luisa Calvo Padilla

*Departamento de Óptica, Facultad de Ciencias Física
Universidad Complutense de Madrid*

⁴ Dispositivo por acoplamiento de carga.

⁵ MOS: Metal-Oxide-Semiconductor (semiconductor óxido-metal).