

Una mirada a las fibras ópticas y las comunicaciones en el mundo moderno

El deseo de saber

La tecnología actual nos decepciona si pensamos que todavía no disponemos de autos voladores, de traslados por teletransportación¹, ni de vuelos interplanetarios. Sin embargo, hoy en día tenemos al alcance de nuestros dedos y de nuestros ojos la suma del saber universal, en la forma cotidiana y natural de *Internet*, hasta en nuestro celular personal. Esta increíble y omnipresente red hizo realidad el sueño de la humanidad, que surgió allá por el 250 a.C. en la biblioteca de Alejandría². Nada nos caracteriza más como especie que el deseo insaciable de saber y de aprender, y no hay herramienta más poderosa que Internet para satisfacerlo. Ella también nos permite comerciar, comunicarnos y entretenernos. Pero ¿cómo logra Internet la conectividad global? La respuesta es gracias a las *fibras ópticas*.

¿Qué son las fibras ópticas?

Es algo realmente simple. Son cables flexibles muy finos, que permiten que la luz viaje distancias larguísimas en su interior. Estos cables tienen un núcleo interno cilíndrico muy fino, de vidrio de gran pureza, por donde se transmite la luz, y su espesor es de apenas la quinta parte de un cabello humano. El núcleo está rodeado por un recubrimiento de protección también de vidrio y cilíndrico. La invención en 1970 de las *fibras ópticas de baja pérdida* produjo una verdadera revolución en la forma en la que transmitimos y recibimos información. Este invento que mereció el premio Nobel de Física en 2009³, permitió enviar datos codificados en binario, mediante pulsos de luz emitidos por un láser, a *tasas de transmisión*⁴ cada vez más altas⁵ y a distancias de miles de kilómetros, con la ventaja adicional de que es inmune a las interferencias electromagnéticas. Al final del recorrido, los pulsos de luz son decodificados, interpretando la luz como un *uno* y la falta de luz como un *cero*, de acuerdo con la codificación digital. Sin embargo, para poder conectar a todo el planeta, los sistemas de comunicación óptica submarina (Fig.1 y 2) debieron superar las enormes distancias oceánicas intercontinentales, y para ello fue necesario otro importantísimo invento: el *amplificador óptico*.



Autor

Diego F. Grosz

Licenciado en Física (UBA)

Doctor en Ciencias (UNICAMP-Brasil)

Profesor Asociado (IB)

Investigador del CONICET

Jefe del Departamento Ingeniería en Telecomunicaciones (CAB/CNEA)

Premio Ernesto E. Galloni (ANCEFN - 2003)

Diploma al Mérito (Fundación Konex - 2013)



Fig. 1 - Los cables submarinos se apoyan en el lecho marino y poseen un diámetro entre 17 y 77 mm, según la profundidad a la que se encuentren. Normalmente este cable lleva ocho pares de fibras ópticas y está protegido por alambres de acero trenzado, aluminio y varias capas de polímeros. También lleva la alimentación eléctrica necesaria para que funcionen los láseres de bombeo de los AOs.⁶

El amplificador óptico

Cuando una señal luminosa se transmite por una fibra óptica puede viajar cientos de kilómetros sin perder intensidad, pero como las distancias son muy largas, algo de esta decrece por pérdida de energía. El amplificador óptico (AO) es un dispositivo que hace exactamente lo que indica su nombre: amplifica la luz aumentando su intensidad y permitiendo que pueda continuar recorriendo nuevos tramos de fibra, llegando así al receptor con un nivel de potencia adecuado para poder detectarla. El AO actúa como un repetidor, y se instalan normalmente cada 100 km en sistemas terrestres y cada 50 km en sistemas submarinos. Estos dispositivos no solo han permitido aumentar considerablemente las distancias de transmisión, sino que su implementación también condujo a un incremento muy significativo de la cantidad de información transmitida. Esto se logra en el AO inyectando información mediante múlti-

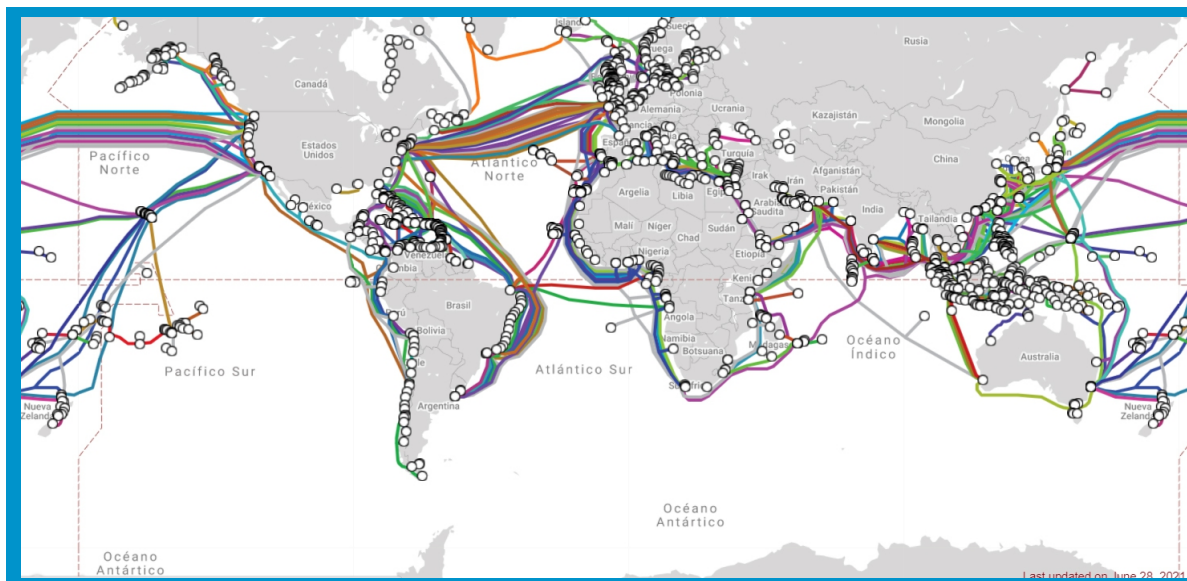


Fig. 2 - Mapa actualizado de la red de cables submarinos que ha hecho posible el despliegue de Internet a nivel planetario. Entrando en <https://www.submarinecablemap.com/> podrás observarlo en detalle, pudiendo comprobar que cada línea de color es un cable diferente. (Datos actualizados al 28 de junio 2021)

ples láseres (cada uno es un canal de transmisión) en una misma fibra óptica, generando lo que se denomina un *sistema de comunicación óptica*. Este esquema es conocido como WDM (Wavelength-Division Multiplexing) y su introducción en la segunda mitad de los 90's produjo una verdadera revolución en las comunicaciones. Básicamente, no habría WDM sin amplificadores ópticos, y sin WDM no habría Internet a escala global. Por otro lado, los AO más utilizados son aquellos basados en *fibras dopadas con erbio*. Se trata de fibras ópticas a las cuales se agregan ("se las dopa con") iones de erbio (Er), un elemento que pertenece al grupo de las tierras raras (observá la Tabla Periódica). A estos iones se les entrega energía con un láser ("se los excita") y estos devuelven esta energía ("se desexcitan") en las longitudes de onda a las cuales se transmite la información⁷. De esta forma, estas fibras dopadas pueden transferir energía de un láser externo a los canales WDM, aumentando la potencia de estos y permitiendo que las señales puedan viajar largas distancias. Mucho más importante es aún que un único AO es capaz de amplificar hasta casi 100 canales simultáneamente. Los sistemas de *comunicación óptica submarinos*, que cubren varios miles de kilómetros, requieren de cientos de AOs funcionando con láseres que bombean fibras ópticas dopadas con erbio debajo del agua. ¿Hubieras pensado que hay decenas de miles de láseres sumergidos en los océanos?

Conclusión

Es significativo saber que, aunque todos los meses nuevos satélites son puestos en órbita para ofrecer servicios globales de Internet, la suma de sus capacidades combinadas es menor que la que puede transportar una sola fibra óptica. Nuestro mundo está interconectado por medio de Internet gracias a ellas, y se estima que no serán reemplazadas ni en el corto ni en el largo plazo por ninguna otra tecnología conocida. Entonces, podemos preguntarnos ¿cómo sigue esta historia? Aunque es difícil hacer predicciones acerca del futuro, tenemos atisbos de lo que vendrá en cuanto a sistemas de comunicación: las *comunicaciones cuánticas*. Pero esto es tema de otra Hojita.

REFERENCIAS

- 1 También denominada *teletransportación*. Es el proceso de mover objetos o partículas de un lugar a otro, en forma instantánea.
- 2 Una de las bibliotecas y centros de difusión del conocimiento más importantes de la antigüedad. Fue instituida en el siglo III a.C. en Alejandría (Antiguo Egipto), hasta que se incendió en el 48 a.C.
- 3 El ingeniero, profesor e investigador chino Charles Kao (1933-2018) recibió el premio Nobel de Física por sus "logros revolucionarios en la transmisión de luz en fibras ópticas para comunicaciones".
- 4 Velocidad de transferencia de datos.
- 5 Alcanzándose velocidades de varios megabits por segundo en 1975, de varios terabits por segundo en 1996 y de varios petabits por segundo en 2015. (Siendo: 1 megabit = 10^6 bits / 1 terabit = 10^{12} bits / 1 petabit = 10^{15} bits). Comparativamente, un petabit/s equivale a unas 1.500 películas en resolución 4k transmitidas en un segundo.
- 6 Fuente: <https://ace-submarinecable.com/> (Vigente a julio/2021).
- 7 En la región espectral del infrarrojo cercano, en torno de 1.550 nanómetros.

ABREVIATURAS

ANCEFN: Academia Nac. de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
 CAB: Centro Atómico Bariloche
 CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica
 CONICET: Consejo Nac. de Investigaciones Científicas y Técnicas
 IB: Instituto Balseiro (CNEA – Universidad Nacional de Cuyo)
 UBA: Universidad de Buenos Aires
 UNICAMP: Universidade Estadual de Campinas