

LA FIBROOPTICA

UNA REVOLUCION DE LAS COMUNICACIONES

Rodrigo Ortiz Rojas
Teniente 1º IM.TC.

Hace ya más de cien años, el científico norteamericano Alexander Graham Bell patentó un sistema revolucionario de comunicaciones, pero este no fue bien recibido y no tuvo éxito comercial durante su vida. La invención en cuestión no era el teléfono, que rápidamente cubrió de gloria internacional al Sr. Bell. Más bien, se trataba del "fotofono", un aparato que utilizaba la luz para transmitir sonido. Bell postuló que la luz, como la electricidad, era capaz de transmitir mensajes de telecomunicaciones, y procedió a diseñar equipos que reemplazarían los cables eléctricos, que típicamente conectan a los abonados telefónicos, por haces de luz solar.

Pero la intensidad relativamente baja de los haces de luz, que están a 150 millones de kilómetros de su fuente, en combinación con las limitaciones de la tecnología del siglo XIX, impidieron que el fotofono se convirtiese en una posibilidad práctica, pasando a ser poco más que una simple curiosidad. La idea de Bell tuvo que esperar 40 años más, hasta que la ciencia desarrollase fuentes de luz compactas, intensas, y los medios más eficientes para su transmisión.

El advenimiento de los láseres en los años 60, en conjunción con métodos complejos de producción rápida de fibras de vidrio de alta pureza, inauguró la era de la óptica de fibras, la explotación de la luz para fines de telecomunicación. Tras un comienzo modesto, con unos pocos sistemas experimentales a fines de los años 70, la industria de la fibroóptica se encuentra en estos momentos en auge y se pronostica que se habrá instalado más de 1,6 millones de kilómetros de cables fibroópticos para fines del presente año. En realidad, aunque se producen a una velocidad de 10 metros por segundo, los hilos fibroópticos podrían incluso llegar a escasear en el futuro cercano. "No lo podemos fabricar a la velocidad que quisiéramos", afirman ejecutivos de estas industrias, ya que los cables fibroópticos están reemplazando a muchas otras formas importantes de comunicaciones terrestres y compitiendo sanamente con las comunicaciones satelitales en muchas aplicaciones.

En suma, la fibroóptica será para el siglo XXI lo que los cables, alambres y satélites han sido para el siglo XX y algunos expertos aseguran que la óptica de fibras virtualmente desplazará a los conductores de cobre totalmente, para el año 2000.

Eficiencia y economía

Dos palabras explican esta tremenda explosión de actividad en la óptica de fibras: eficiencia y economía. Más específicamente, adelantos tecnológicos recientes; han aumentado en forma marcada la eficiencia de la fibroóptica y reducido, a la vez, en forma simultánea sus costos. Un cable fibroóptico, compuesto de hebras de vidrio de alta pureza y del grosor de un cabello, puede transmitir muchísima más información a mucha más distancia que los cables de cobre; un par de fibras, por ejemplo, puede transmitir miles de conversaciones telefónicas, mientras que un par de hilos de cobre puede llevar solamente un par de docenas. Un cable de filamentos fibroópticos de 2,5 centímetros puede acomodar

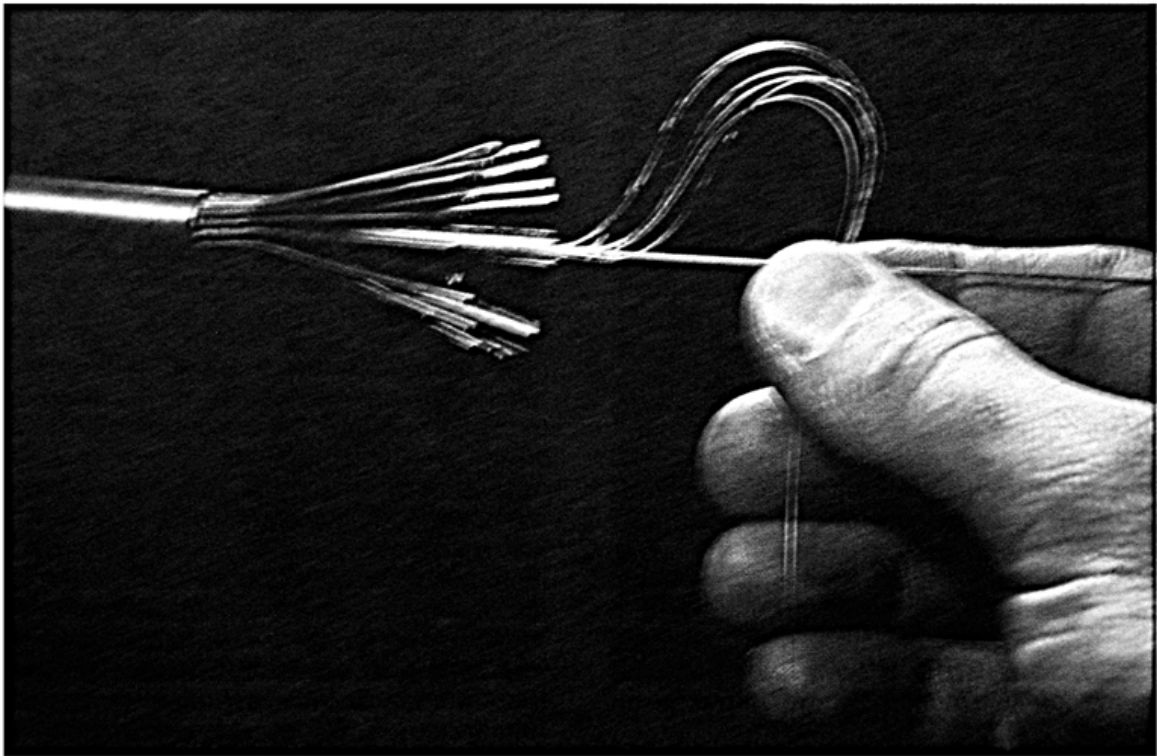


Figura Nº 1

SEIS FIBRAS UNIMODALES FINAS COMO UN CABELLO CONSTITUYEN EL CORAZON DE ESTE CABLE DE LUZ SUBMARINO. UN ALAMBRE DE ACERO Y LAS FIBRAS SON EL NUCLEO DEL CABLE, Y ENVOLVIENDO A ESTAS PARA REFORZAMIENTO SE ENCUENTRAN HILOS TRENZADOS DE ACERO. UN ENCAMISADO DE COBRE PROVEE PROTECCION ADICIONAL

hasta 400.000 conversaciones simultáneas, o casi 10 veces el número posible si se usasen las más modernas rutas de microondas de máxima densidad. Las señales transmitidas por cables fibroópticos solamente necesitan ser amplificadas un 25 por ciento, tan a menudo como aquellas transmitidas por cables convencionales.

El sistema rápido de transmisión digital utilizado en la fibroóptica, con láseres que pulsan cientos de millones de veces por segundo, significa que la información es transportada por la óptica de fibras más rápidamente que por cualquier otro método de comunicación. Por ejemplo, el contenido de 450 copias de *Revista de Marina* puede ser transmitido a través de un filamento de 70 kilómetros en un segundo; enviando tal cantidad de información a través de cables de cobre tomaría más de 20 horas.

Las tecnologías fibroópticas están siendo continuamente refinadas, lo que resulta en aún más eficiencia y costos de unidad más bajos. La American Telephone and Telegraph Company, New York, E.U.A, un importante fomentador internacional de sistemas fibroópticos, considera que los cables presentes son 35 veces más eficientes que los introducidos comercialmente por primera vez en 1979. Y se espera que la fibroóptica, será aún más eficiente en un futuro cercano: El desarrollo de los sistemas ópticos de conmutación, que eliminan la necesidad de alternar continuamente entre señales transmitidas electrónicamente por luz, puede resultar ser el más importante descubrimiento tecnológico en esta área. Además, materiales enteramente nuevos, incluyendo compuestos orgánicos, pueden conducir a mayores refinamientos.

La óptica de fibras también ofrece importantes características de calidad y seguridad. Inmune a la interferencia electromagnética, las señales transmitidas a través de las fibras ópticas son muy difíciles de interceptar. Y a diferencia de las líneas convencionales de

alambres, es imposible penetrar furtivamente una línea fibroóptica. De un modo parecido, esta tampoco puede ser "escuchada", como una serial en el éter."

Uso de la óptica de fibras en los países menos desarrollados

Debido a una variedad de razones, las complicaciones de la fibroóptica para los países menos desarrollados son vastísimas. Primero, la fibroóptica se convertirá, en unos pocos años, en la tecnología básica de los sistemas de telecomunicaciones terrestres. Y muy pronto se desarrollarán también sistemas submarinos: ya se están diseñando redes transoceánicas. Por consiguiente, la tecnología tiene que ser bien comprendida tanto por los técnicos del sistema como por los encargados de tomar las decisiones, y es esencial poder contar con programas de instrucción y adiestramiento en todas partes.

Segundo, la fibroóptica ofrece una alternativa importante, o suplemento, a los sistemas de telecomunicaciones por satélite. Se espera que la demanda de capacidad satelitaria excederá la oferta para mediados de los años 1990, asignando un rol especialmente prominente a la óptica de fibras.

Tercero, la nueva industria podrá permitir el desarrollo de diversos sistemas de telecomunicaciones que anteriormente eran considerados impracticables.

Cuarto, el uso potencial de la óptica de fibras por tierra puede aumentar el atractivo económico del desarrollo de infraestructuras de transporte terrestres. Y, finalmente, dichos países pueden considerar el establecimiento de industrias de óptica de fibras, para beneficiarse con el auge mundial en este terreno.

Específicamente, a medida de los sistemas convencionales de cable sufren deterioro y pasan a ser obsoletos, sin duda serán reemplazados por sistemas de fibroóptica. Puesto que la fibroóptica involucra nuevos tipos de tecnología, a menudo en procesos de cambio, se debe planear y desarrollar cuidadosamente la capacidad de diseño, instalación y

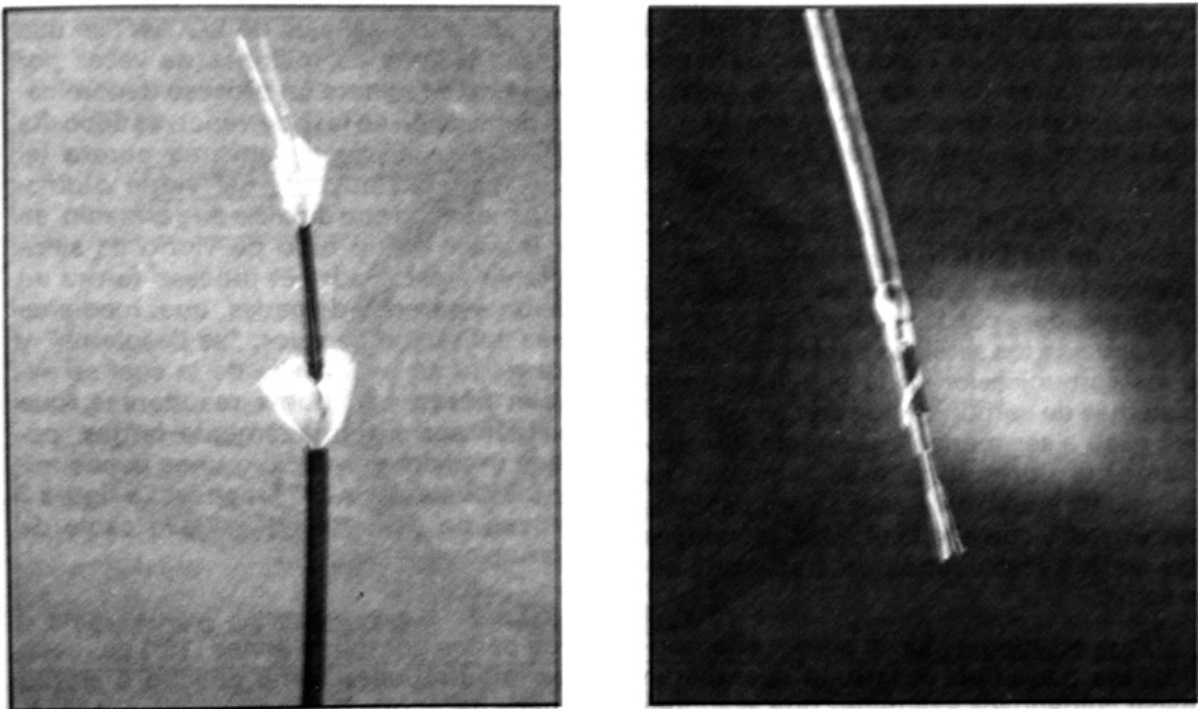


Figura Nº 2

DOS DIFERENTES FORMAS DE CONSTITUCION DE LOS CABLES DE FIBRA OPTICA. A LA IZQUIERDA, UN DOBLE CONDUCTOR TACTICO, A LA DERECHA, EL CABLE USADO PARA LOS MISILES DE CRUCERO

mantenimiento de todos los servicios fibroópticos. Especialmente crucial resultará la instrucción y entrenamiento de técnicos, ingenieros y administradores. En lo que concierne a las naciones en desarrollo, pasará a ser más y más importante el establecimiento de programas de intercambio de personal con otros países donde los sistemas fibroópticos ya han comenzado a proliferar.

Como ya se ha mencionado, además de reemplazar a los cables convencionales terrestres, la fibroóptica ofrece una alternativa para los otros tipos de comunicación. Aunque existen diferencias de opinión con respecto a la competitividad de la fibroóptica en relación a los sistemas de telecomunicaciones que no usan cables, especialmente los satélites, generalmente se cree que los sistemas de fibroóptica realmente pasan a ser más económicos cuando se usan en más alta densidad. Para los sistemas de redes interurbanas de baja capacidad, tales como las redes telefónicas rurales, parece que los satélites representan la mejor opción entre las diversas posibilidades de telecomunicaciones.

Un criterio avanzado por el presidente de la British Telecom, del Reino Unido es que un cable de fibra óptica utilizado a través de miles de kilómetros requiere al menos mil circuitos telefónicos por par de fibras para resultar económicamente factible. Asimismo, tal como la fibroóptica puede que no sea una buena inversión en el caso de largas distancias y baja capacidad, las rutas cortas de baja capacidad son también, en general, menos económicas. La experiencia ha demostrado que la fibroóptica es más prometedora en el caso de comunicaciones interregionales de alta densidad. Pero con las tecnologías en turbulencia y constantemente en proceso de refinamiento, es probable que esta situación sufra modificaciones en el futuro.

Arreglos híbridos, con satélites y fibroóptica coordinados en sistemas unificados, son alternativas posibles a un enfoque de "todo o nada" con respecto a las fibras ópticas y sus competidores. Los híbridos de satélite/fibroóptica han sido sugeridos, por ejemplo, como la mejor manera de agregar capacidad interurbana telefónica a las capacidades existentes de video transmisión

Otra ventaja de los sistemas fibroópticos es su flexibilidad, en contraste con otras alternativas, y su potencial de suministro de diversos servicios de telecomunicaciones. Sus eficiencias permiten una rápida transmisión de datos, y, de acuerdo con algunos expertos, la fibroóptica puede que en el futuro cercano convierta a los sistemas de video color interactivo —donde las partes comunicantes ven y escuchan lo que hay "al otro extremo de la línea"— en un servicio tan común como el teléfono corriente de hoy.

Indudablemente, la fibroóptica también contribuirá muchísimo al mejoramiento de los sistemas actuales de procesamiento de información. Aunque el mayor interés en la fibroóptica se ha concentrado en las telecomunicaciones regionales y de larga distancia, también resultará importante para aplicaciones de corto alcance donde son cruciales la transmisión de alta capacidad y la ausencia de interferencia eléctrica. Las interconexiones con computadoras, y el enlazamiento de estas últimas con sensores tales como instrumentos meteorológicos, son dos ejemplos importantes.

El uso de la óptica de fibras tiene implicaciones profundas, para el planeamiento futuro de las infraestructuras nacionales de transporte, porque los derechos de vía de los corredores de transporte —ferrocarriles, carreteras, canales, etc.— proveen sitios ideales para el tendido de cables, ópticos.

Cuando se introdujo el telégrafo, los derechos de vía del ferrocarril hicieron practicable la construcción de los sistemas de telégrafo, pero con la llegada de la aviación y el auge en

los satélites para el transporte y las comunicaciones, la planificación de sistemas de comunicación con base en tierra pasó a ser menos importante. Sin embargo, la fibroóptica, esencialmente, ha puesto de nuevo en el mapa a los sistemas terrestres, y con ello la utilidad económica de las infraestructuras de transporte terrestre.

Para acomodar bien la era de la fibroóptica, los países en desarrollo necesitarán hacer cuidadosos exámenes que aseguren una mejor coordinación en la planificación de los sistemas de transporte y comunicaciones. En los países desarrollados, los Estados Unidos y Gran Bretaña, intereses ferrocarrileros y de comunicaciones se han unido para formar organizaciones expresamente dedicadas al desarrollo de sistemas fibroópticos. Un ejemplo de esto lo constituye la Fiber Track, que aunque suspendido en estos momentos debido a razones financieras, es un sistema fibroóptico transcontinental de 8.000 kilómetros, planeado a lo largo de derechos de vía de ferrocarril en los Estados Unidos.

Otro impacto fundamental para los países menos desarrollados concierne a la producción real de materiales fibroópticos y servicios. La fibroóptica, para 1990, será una industria de miles y miles de millones de dólares. Y a medida que las naciones tratan de introducir nuevas tecnologías en sus economías, es ciertamente concebible que uno o más aspectos de la fibroóptica resulten apropiados para la Industrialización.

Pero, ¿Qué son las fibras ópticas?

Una fibra óptica es sencillamente un filamento largo y fino de vidrio. Pero no es fácil producir una fibra capaz de transmitir con eficiencia señales de luz láserica que pulsan cientos de millones de veces por segundo. Mediante un proceso denominado deposición en fase de vapor, se deposita dióxido de silicio de altísima pureza (el principal constituyente del vidrio ordinario), mezclado con dióxido de germanio en el interior de un tubo de vidrio de sílice rotante y calentado. El proceso forma un tubo de paredes delgadas, que, mediante más aplicación de calor, "se desploma" y convierte en una varilla de la cual se extraen fibras. Las fibras resultantes, que pueden ser extremadamente largas, poseen un diámetro de sólo unos pocos micrones, vale decir 10^{-6} metros. La figura 3 provee un diagrama del nuevo cable de comunicaciones.

La pureza es esencial, incluso, una o dos partes por mil millones (10^9) de metales impuros tales como cobalto o cromo puede hacer que las fibras resulten inaceptables, ya que las impurezas absorben luz e impiden la eficiencia en la transmisión. Una ilustración grafica del grado de pureza requerido lo ofrece la siguiente descripción de los doctores Les Gunderson y Donald Keck, de la Corning Glass Works, Corning, New York. "Hay que imaginar", dicen ellos, "un corredor que se extiende cinco y media veces alrededor de la tierra en la zona ecuatorial, y con un piso de baldosas de 56 cm^2 cada una. Una sola hilera transversal de baldosas rojas en el corredor en cualquier punto de su enorme longitud representaría una impureza capaz de absorber una cantidad intolerable de luz láserica en una fibra óptica".

Las fibras ópticas son de tipo multimodal o unimodal (figura 4), lo que se refiere a la habilidad de la fibra de minimizar la dispersión de las ondas de luz; lo último, reflejando la tecnología más avanzada. Las fibras de tipo unimodal permiten el desplazamiento de la luz a lo largo de sus trayectorias con mínima distorsión, y son así más eficientes; tales fibras deben ser tan finas como la longitud de onda de la luz. Aunque estas fibras son de vidrio, son al mismo tiempo extremadamente fuertes, más fuertes que la mayoría de los aceros, pero incluso fallas microscópicas en sus superficies pueden hacer que se rompan.

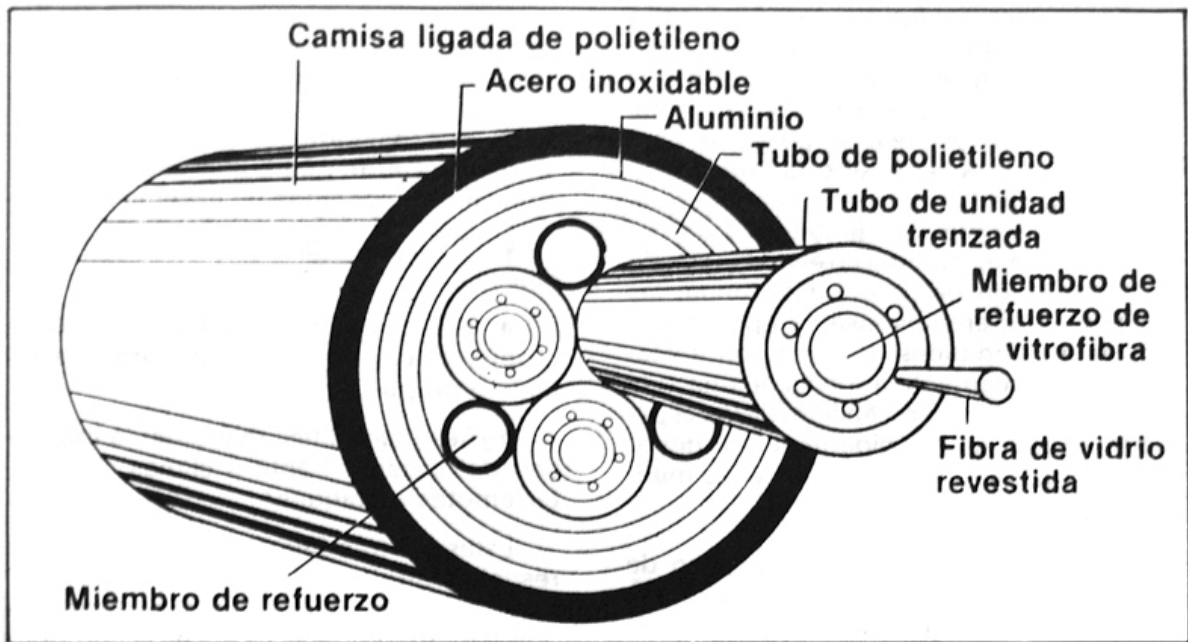


Figura N° 3

LOS CABLES FIBROOPTICOS CONTIENEN TÍPICAMENTE TRES TUBOS DE "UNIDADES TRENZADAS" QUE ENCAPSULAN FIBRAS DE VIDRIO CON LA FINEZA DE UN CABELLO. EL CABLE AQUÍ TIENE 18 FIBRAS, Y UN PAR PUEDE LLEVAR HASTA 6.048 LLAMADAS DE TELEFONO

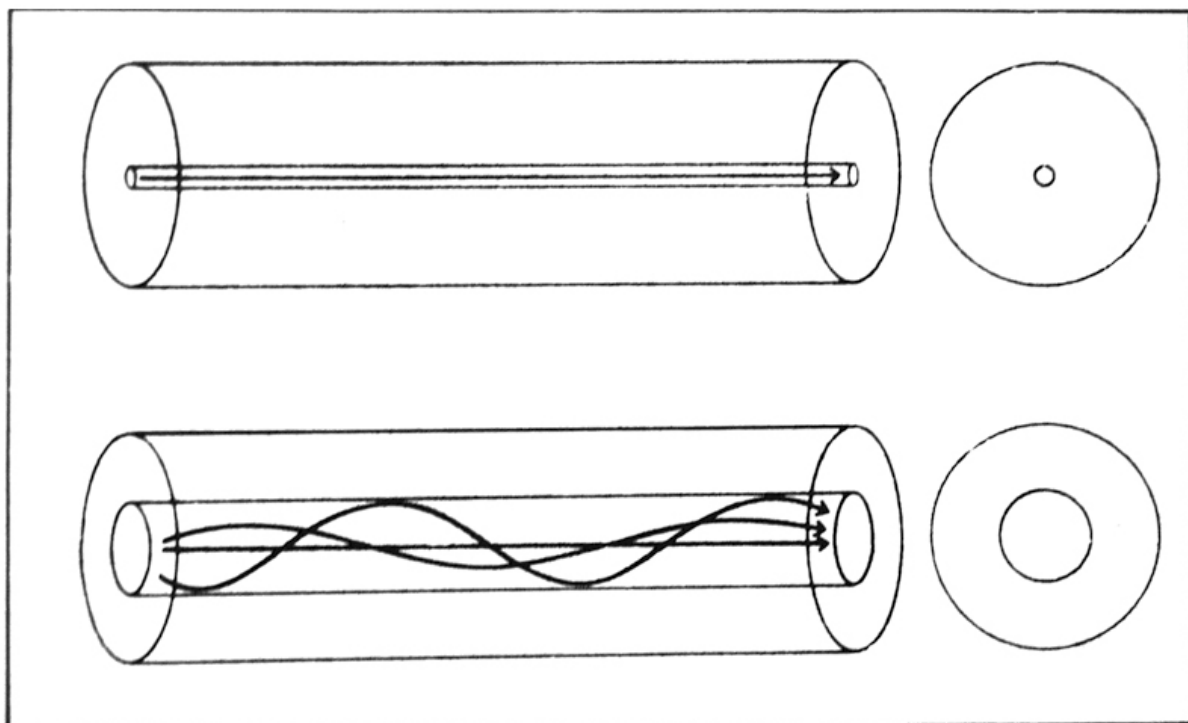


Figura N° 4

SE ILUSTRAN AQUÍ LAS DIFERENCIAS ENTRE LOS DISEÑOS DE ONDA DE LUZ TIPO "UNIMODAL" Y "MULTIMODAL". EL PRIMERO FUERZA A LA LUZ A RECORRER UNA TRAYECTORIA ESTRECHA A LO LARGO DEL CENTRO DE LA FIBRA, MEJORANDO LA POTENCIA DE LA SEÑAL. EN EL SISTEMA MULTIMODAL, LA LUZ SE DISPERSA, Y LA SEÑAL NECESITA SER REFORZADA MÁS A MENUDO

Las tecnologías futuras de la fibroptica incluyen la sustitución del vidrio por otros materiales, incluyendo el niobato de litio, el niobato de estroncio bárico e incluso materias orgánicas. Un método potencial para lograr alta eficiencia, "atiborrando" las señales transmitidas fibroópticamente, se denomina "multiplexión de longitud de onda", y es otra tecnología en el horizonte. En la multiplexión de longitud de onda, las señales de diferentes

láseres operando a diferentes longitudes de onda son enviadas simultáneamente a través de una sola fibra. Al extremo de recepción, filtros especiales se encargan rápidamente de descifrar estas señales sobrepuestas y sus mensajes.

Después de haber hecho un poco de historia acerca del desarrollo de las fibras ópticas, explicar el uso de ellas y aclarar en lo que consisten, cabe hacerse algunas interrogantes:

- ¿Cuáles son las necesidades de telecomunicaciones, a corto y largo plazo del país?
- ¿Cuál es la demora aceptable en el desarrollo de la fibroóptica?
- ¿Que infraestructura necesitan ser desarrolladas para las necesidades de personal, tales como instrucción y adiestramiento, para asegurar abastecimiento adecuado de equipos; para coordinar los corredores de transporte y comunicaciones, y para fabricar componentes de sistema?
- ¿Cuáles son las fuentes de apoyo financiero?
- ¿Se deberían combinar sistemas fibroópticos con un sistema de satélite existente o propuesto?
- ¿Resultará difícil mantener la integridad del sistema frente a clima severos, terremotos o ataques?

Estas y otras interrogantes deben ser resueltas en detalle por las autoridades a cargo de las telecomunicaciones, a medida que la industria crece. La era de la fibroóptica promete ser verdaderamente revolucionaria en lo que respecta a los servicios de telecomunicaciones que podrán entregarse a todas partes del mundo. La óptica de fibras puede que no sea una panacea para los requerimientos mundiales en el área de telecomunicaciones, pero sigue luciendo cada vez más prometedora a medida que sus tecnologías avanzan.

BIBLIOGRAFIA

- *Communications Engineering International*, Inglaterra, 1985-86.
- *Military Logistics Forum*. Long Prairie, Minnesota, Estados Unidos, 1985-86.
- Apuntes y catálogos de Fibras Optiques Industries, Honorine Cedex, Francia.
- Catálogos y folletos de Optical Fiber Cables, Kiel, R.F.A.
- Catálogos y folletos de Standard Elektrik Lorenz AG., Stuttgart, R.F.A.
- ARTHUR H. PURCELL; "La Fibroóptica", 1985