

2. Las nuevas tecnologías de telecomunicaciones

En el capítulo anterior presentamos un panorama histórico del desarrollo de las tecnologías que constituyeron los antecedentes de los primeros medios de telecomunicación eficaces. En el presente abordaremos la puesta en práctica de las principales tecnologías para comunicación desde mediados de siglo hasta la actualidad: fibras ópticas, tecnología digital, satélites geoestacionarios y de órbita baja, entre otras. Expondremos el desarrollo de algunos componentes de la electrónica como el tubo de vacío, el transistor y los circuitos integrados que sentaron las bases para la miniaturización y digitalización del equipo de telecomunicaciones, así como su confluencia con la computación. Nos referiremos a las microondas y su aprovechamiento en transmisiones inalámbricas de gran actualidad como la radiotelefonía móvil celular, los satélites para comunicaciones y las redes de comunicación personal. También haremos una introducción al concepto de redes digitales integradas, cuyo objetivo es la transmisión de voz, datos e imágenes por una misma línea. La revisión de las anteriores tecnologías, algunas de las cuales iniciaron un acelerado desarrollo desde mediados de siglo, nos permitirá entrar en el capítulo siguiente al estudio del mercado de las telecomunicaciones, cuya estructura se ha visto fuertemente influenciada por dichas tecnologías.

En las últimas décadas, las telecomunicaciones han experimentado un inusitado desarrollo tecnológico, principalmente por la contribución de la microelectrónica, la óptica, la ciencia de materiales, la ciencia del espacio, la computación y la informática, entre otras. Cada una de estas áreas ha dotado a las telecomunicaciones de distintos soportes tecnológicos: mayor capacidad de transmisión, mejores materiales conductores, diversificación de interconexión, capacidad de manejo y transferencia de diferentes signos, señales e imágenes, simultáneamente. Aquí nos referiremos principalmente a dos áreas

que han ejercido un impacto contundente en las telecomunicaciones: la electrónica o microelectrónica y la computación.

ELECTRÓNICA

Desde mediados de siglo, la electrónica se convirtió en parte intrínseca de las modernas telecomunicaciones, al grado de que hoy es difícil determinar dónde empiezan y dónde terminan algunos componentes electrónicos o de telecomunicación.

La electrónica creó un sinfín de elementos electrónicos, como interruptores, resistencias, aislantes y transformadores, que fueron interconectados con tubos de vacío para producir sistemas completos de comunicaciones. En sus inicios, esos sistemas empezaron montándose en mástiles de madera y después se colocaron en artefactos de metal. El tubo de vacío, inventado en 1906 por Lee DeForest para transmitir y amplificar señales eléctricas, tuvo una influencia crucial para el desarrollo de las comunicaciones por radio y televisión. Sin embargo, mostró serias limitaciones de funcionamiento cuando se usó en máquinas más complejas como las computadoras; cuando se juntaban varios paneles la probabilidad de que un tubo fallara era muy grande, por lo que para inicios de los cuarenta ya se trabajaba para reemplazarlo por dispositivos más pequeños como el transistor, cuyo tamaño original era cien veces menor que el tubo de vacío.

EL TRANSISTOR

En 1947, con la invención del transistor en los Laboratorios Bell en Estados Unidos, se inició una asombrosa carrera por la miniaturización del equipo transmisor y receptor de telecomunicaciones. Sus características de no emisión de calor y bajos requerimientos de energía permitieron abrir el camino a sistemas telefónicos compactos y eficientes.

El transistor es un dispositivo compuesto por materiales semiconductores, esto es, con especiales propiedades eléctricas.

cas, como el germanio, el silicio, el selenio y el arseniuro de galio. Usando un pequeño cristal de silicón, los científicos de Laboratorios Bell descubrieron que el cristal podía reaccionar a la corriente eléctrica casi de la misma manera que el tubo de vacío. Los primeros modelos de transistores no eran más grandes que un grano de arena, por lo que al sustituir los voluminosos y pesados tubos de vacío, el transistor marcó el camino hacia la masificación en el uso de la computadora y aparatos electrónicos como cámaras de televisión y receptores portátiles. Igualmente, los sistemas de conmutación telefónicos, al utilizar el transistor, reemplazaron los dispositivos electromecánicos que producen ruido y les afecta el polvo. La reducción masiva del peso y volumen de los equipos electrónicos facilitó el desarrollo de la astronáutica y las telecomunicaciones vía satélite.¹ Fue tal su trascendencia que sus inventores, los científicos estadounidenses John Bardeen, Walter Brattain y William Shockley recibieron el premio Nobel de física en 1956 por su contribución al desarrollo de los semiconductores.

CIRCUITOS INTEGRADOS

El transistor fue solamente el primer paso de la vertiginosa miniaturización, ya que, después de medio siglo de iniciada dicha tendencia tecnológica, continúan lográndose asombrosos descubrimientos con ese mismo objetivo. Hacia 1958 la electrónica se transformó realmente en microelectrónica con la creación del circuito integrado, cuyo propósito principal es la integración a escala.

Un circuito integrado normal, construido comúnmente a base de silicio, consta de una pequeña placa de tamaño variable—cuyo estándar es de 25.41 mm por 12.7 mm— que contiene millares de transistores y otros circuitos elementales. La densidad y capacidad de los circuitos ha venido multiplicándose

¹ Ronald R. Thomas, *Understanding Telecommunications*, Blue Ridge Summit, Filadelfia, Tab Books Inc., 1989, pp. 37-39.

de manera exorbitante. A inicios de los sesenta se consiguió integrar 12 circuitos (pequeña escala) en una pastilla o *chip* de silicio; para finales de esa década fueron 100 (media escala); a principios de los setenta se dio la integración a gran escala con 1 000; y a fines de esa década se colocaron 50 mil circuitos lógicos llamados digitales que se usan en las computadoras u ordenadores.²

No obstante la alta capacidad de integración lograda hace quince años, con los desarrollos de los circuitos digitales existe la impresión de que cada vez nos volvemos a encontrar frente al inicio de una nueva fase de la integración. Si bien es cierto que para 1987 un circuito contenía más de un millón de transistores (en comparación con uno solo en 1959), esa integración se aprecia modesta en relación con la que se pretende obtener para el año 2000, que podrá ser de mil millones. Una maravilla. Los semiconductores de hoy contienen complejos circuitos integrados que se adaptan con facilidad para usos múltiples que abarcan desde juguetes, relojes, calculadoras y procesadores de textos, hasta sistemas expertos que diseñan aviones. Sin los circuitos integrados y la amplia variedad de tecnología de estado sólido desarrollada desde hace 25 años, sería poco probable que tuviéramos satélites para comunicaciones, sistemas de centrales electrónicas y toda la capacidad de transmisión que hoy poseen las redes.

Por su versátil aplicación, el desarrollo y fabricación de circuitos integrados ha pasado a ser una de las industrias más dinámicas y competidas en Estados Unidos, Japón, Suecia, Inglaterra, Alemania, Francia y Holanda. En febrero de 1988, por ejemplo, se tenían registrados 3 244 diseños de circuitos solamente en Estados Unidos, 1 376 en Japón y 25 en Alemania Federal. En los dos primeros países existen regiones y ciudades enteras cuya actividad central es la investigación, innovación y manufacturación de semiconductores.³

² Manuel Rodríguez Jiménez. *Nuevas tecnologías de la información*, Madrid, Questio, 1988, p. 13.

³ Véase el caso del Valle del Silicio, ubicado en San Francisco, California, en Tom Forester. *La sociedad de alta tecnología*. México, Siglo xxi, 1992.

MICROELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN

El impacto más contundente que ha tenido la electrónica es precisamente en la tecnología de la computación. La evolución de las computadoras modernas está asociada al desarrollo de los principales componentes de la electrónica. Así, la primera generación de computadoras electrónicas estuvo acompañada por los tubos de vacío, la segunda por el transistor, la tercera por los circuitos integrados, la cuarta por la integración a muy grande escala y la quinta por la ingeniería del conocimiento.⁴

Si bien es cierto que con los tubos de vacío las primeras computadoras realizaron las funciones vitales de encendido y apagado necesarias para desarrollar las actividades de cómputo, también resultaron ser muy costosas y su gran volumen las hacía imprácticas, pues ocupaban el espacio completo de una habitación y necesitaban para su mantenimiento grandes sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Así, cuando en 1946 fue conectado el integrador y calculador numérico electrónico (ENIAC, por sus siglas en inglés), nadie pensaba, ni siquiera los ejecutivos del gigante empresarial de las computadoras, IBM (International Business Machines), que la fabricación de microcomputadoras llegaría a penetrar masivamente el mercado no sólo de las grandes y pequeñas empresas sino el de millones de hogares en todo el mundo. Mientras que el ENIAC costó 2 millones de dólares (a precios de 1987), pesaba 30 toneladas y contenía alrededor de 70 mil resistencias y 18 000 tubos al vacío, hoy una microcomputadora es parte de los implementos caseros que ocupan un reducido espacio sobre un escritorio o se acomoda en un teléfono portátil que puede cargarse en el bolsillo. Todas las funciones de un microprocesador están integradas en *chips* milimétricos y cuestan desde 200 dólares. El primer *chip* microprocesador, el Intel 4 004 de 1971, realizaba, entre otras, las mismas funciones de computación que la ENIAC.⁵

⁴ La explicación de las primeras cuatro generaciones de computadoras fueron tomadas de John R. Bittner, *Broadcasting and Telecommunications...*, op. cit., pp. 104-106.

⁵ *Ibidem*, pp. 32-33.

Posteriormente, con la introducción del transistor, no sólo cambió la faz de la electrónica sino de la computación, cuya segunda generación se identifica con su incorporación. El transistor otorgó gran poder de cómputo en una fracción de la medida y costo de los tubos de vacío, así como menor mantenimiento, mayor velocidad, mejoramiento de la programación y alta capacidad de almacenamiento e interacción entre computadoras. La primera computadora completamente transistorizada, la *TRADIC* (Transistorized Airborne Digital Computer) se fabricó en los Laboratorios Bell de Estados Unidos. Las computadoras de hoy, a diferencia de las de transistores, aún pesadas e imprácticas, integran las funciones de múltiples transistores en una placa de silicón llamada *chip*, que adquirió el nombre de circuito integrado.

Con el desarrollo de los circuitos integrados y los cambios en programación, se creó la tercera generación de computadoras. La reducción en la medida de los componentes y la aplicación de los circuitos integrados permitió el almacenamiento de múltiples programas en una sola computadora. Otra característica de las computadoras de la tercera generación fue el desarrollo de equipos centrales o supercomputadoras y minicomputadoras. Los primeros se utilizaron para almacenar y procesar montos masivos de información y para ser accedidos por computadoras más pequeñas localizadas en puntos remotos, que harían posible la edición electrónica de periódicos locales, la publicación de revistas a miles de kilómetros de distancia y el acceso a informes de los mercados de valores. Lo que distinguió a estos dos tipos de equipo de cómputo no fue tanto el tamaño sino la capacidad de almacenamiento, hoy obsoleta puesto que algunos de los equipos centrales de los sesenta no poseen ya la capacidad de las minicomputadoras de hoy.

La cuarta generación de computadoras tomó ventajas con los microcircuitos, que se desarrollaron de manera más completa en los sesenta. En la siguiente década los microcircuitos funcionaron como unidades de procesamiento en la computadora, razón por la que a ésta se le conoce también como microprocesador, y es la característica más evidente de su

cuarta generación. Los microcircuitos son dispositivos diminutos que incrementan significativamente la capacidad y poder de las computadoras. Un microprocesador de inicios de los ochenta, por ejemplo, contenía 100 mil transistores y al instalarse en las computadoras dio como resultado las microcomputadoras, cuyos precios razonablemente bajos hicieron posible que un consumidor con ingresos promedio las empezara a utilizar para usos individuales, por lo que su denominación común es computadoras personales.

La quinta generación se obtuvo poniendo la tecnología y el *software* en la frontera de la inteligencia artificial. El gobierno japonés fue quien impulsó en los ochenta el desarrollo de estos aparatos que reúnen todas las tecnologías de punta en la fabricación del *chip*: memorias, procesamiento paralelo, *software*, sistemas de visualización y reconocimiento del habla. Son las máquinas inteligentes que oyen, hablan y piensan. La inteligencia artificial o sistemas expertos son paquetes de *software* que incorporan reglas de decisión y conocimiento desarrollados por científicos en diferentes campos. Son diseñados para imitar lo más posible la inteligencia humana o formas de razonamiento. Se componen de una base de conocimientos a partir de la cual se aplican las reglas de razonamiento a los conocimientos almacenados, y un dispositivo o interfase que sirve para comunicarse con el hombre. Por ello, las computadoras son capaces de reconocer la voz, realizar diagnósticos médicos, prescribir tratamientos, ayudar a tomar decisiones en negocios, hacer traducciones, estacionar automóviles, etcétera.

La computadora ha sido definida atinadamente como una especie de síntesis o condensación de múltiples creaciones culturales: lenguajes escritos, sistemas numéricos, lenguajes matemáticos, física de estado sólido, electricidad, magnetismo, óptica y ciencia de materiales, entre otras.

TELECOMUNICACIONES Y COMPUTACIÓN

A principios de la década de los sesenta las comunicaciones y la computación eran todavía actividades separadas. Las primeras redes de cómputo entre varios usuarios se constituyeron inicialmente enlazando unidades centrales de proceso a través de líneas telefónicas.

La convergencia de la computación y las telecomunicaciones fue posible debido a la conversión digital de los sistemas de telecomunicaciones y a los adelantos de la microelectrónica. Esto significa que el equipo de almacenamiento y procesamiento (computación) y transmisión de datos (telecomunicaciones) emplean el mismo idioma a través de códigos binarios, que es el lenguaje digital universal que ha posibilitado la convergencia de voz, imágenes e información en una sola red y con ello la estrecha interrelación de diversas industrias como las de computación, radiodifusión, electrónica y telecomunicaciones.

En los sistemas digitales, las señales telefónicas para televisión y servicios de información se convierten, mediante el uso de los códigos binarios (pulsaciones de 0 y 1), a señales idénticas o lenguaje común. Aquí lo importante es la presencia o ausencia de una pulsación, no su volumen o la forma exacta que tome. Por ello es posible enviar cualquier señal por una misma línea. En los sistemas análogos, la transmisión se efectúa de acuerdo con un patrón continuo de ondas que siguen los cambios de una señal vocal o de otro tipo. Esto es adecuado para conversaciones telefónicas ordinarias, pero no para transmitir datos a alta velocidad. Asimismo, una señal analógica, al ser amplificada, aumenta también las distorsiones o ruidos que se recogen en la transmisión.⁶

La digitalización es la base para el despliegue de las redes integradas, que proporcionan conectividad de extremo a extremo para apoyar una amplia variedad de servicios a los cuales tienen acceso los usuarios mediante un conjunto de interfases. El Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía

⁶ Gobierno de Canadá, *Canada External Affairs*, 1985, p. 3.

(ccitt) de la UIT inició en 1966 los primeros estudios para normar el funcionamiento de redes digitales. Posteriormente se descubrió que estos sistemas tenían la capacidad de manejar una gama de servicios de manera simultánea. Los análisis se consolidaron hasta 1984 y se vio que la red digital integrada (RDI) evolucionaría a partir de la red telefónica, por ser la más grande e interconectada en el mundo, se basaría en el tipo digital y se integraría entre áreas de conmutación y transmisión.

Con las RDI es posible en teoría llegar a todos lados y recibir todo tipo de información. Se dispone de telefonía, acceso y consulta a bancos de datos, télex, telemetría, televisión por cable, correo electrónico, videotex, telesupervisión y un sinnúmero de servicios de información.⁷

Aunque hay consenso sobre las ventajas que representa digitalizar las redes, la instalación de esta tecnología se ha visto retrasada por muchos factores. En principio por temor a que la alta inversión que representa cambiar todo el equipo analógico a lo largo de una red ya establecida sea cargada a los usuarios. También hay reservas por la falta de una norma común internacional. Los esfuerzos por la estandarización se han hecho por regiones; los más importantes son de la Comunidad Europea, el grupo de países del sureste asiático y el de América del Norte. Otros temores se refieren al grado de aceptación social por la pérdida de empleos, posibles problemas legales por el amplio alcance de la red digital para localizar a las personas (cuyo ejemplo más sencillo es la capacidad que tienen los aparatos telefónicos, que al enlazarse con otros pueden identificar a qué persona y número se está llamando), y el creciente empobrecimiento psicosocial por el reemplazo que harán las telecomunicaciones digitales del contacto personal.⁸

El uso de las redes de bases de datos se generalizó durante los ochenta con la digitalización, y con ello se tuvo acceso a información flexible y a bajo costo. Los países que iniciaron la introducción de la tecnología digital fueron: Japón (1984),

⁷ Salvador Ramos González, «Red digital de servicios integrados» (2a. parte), *Voces de Telmex*, tercera época, año 28, núm. 335, México, abril de 1990, p. 18.

⁸ Karl Josef Frensch, «ISDN: The Bottom Line Adds Up», *Telcom Report* 12, núms. 2-3, Munich, 1989, p. 47.

Inglaterra (1985), Estados Unidos (1986), Francia (1986) y Alemania Federal (1987). Actualmente existen miles de servicios de información para grandes empresas, que realizan actividades de educación e investigación para la industria, la agricultura, las tiendas de autoservicio, líneas aéreas, cadenas hoteleras, consorcios televisivos, periódicos, la banca y servicios financieros, entre otros. En Francia, donde a principios de los ochenta inició la comercialización de las redes digitales,⁹ tuvo un éxito rotundo con su sistema Kioske, que ofrecía más de 2 mil servicios mejorados de telecomunicaciones en 1982, y que pasaron a ser 17 mil a principios de los noventa.¹⁰

En cuanto al uso de las computadoras en las telecomunicaciones, las compañías telegráficas también emplean equipos de cómputo para controlar sus propias funciones técnicas. Una unidad de control de cómputo, de acuerdo con programas almacenados, conecta líneas entre una oficina, maneja el turno de llamadas, descubre mensajes en espera para ser conectados, examina encabezados o títulos de mensajes para determinar su prioridad, ordena el destino del tráfico, etcétera. Asimismo, otra de sus funciones más importantes en estas mismas empresas es sincronizar el tiempo entre transmisor y receptor. La instalación de computadoras en las oficinas telegráficas elimina las demoras en la entrega de mensajes, revisan el estado de todos los mensajes almacenados con una frecuencia de uno por segundo y han recortado el tiempo de transmisión entre oficinas a uno y dos segundos, lo que originalmente tomaba uno o más minutos.

Hasta los años setenta, antes de la microelectrónica, las redes telefónicas tenían capacidades limitadas. Las centrales telefónicas públicas se instalaban en enormes edificios y se les tenía que presionar mucho para que desplegaran simplemente las funciones básicas de transmisión, proveer tono de llamada, hacer conexiones, transmitir señal de ocupado y desconectarse al terminar la llamada. Los microprocesadores con capacidad

⁹ *Ídem.*

¹⁰ us Congress, Office of Technology Assessment. *International Competition in Services*, Washington, DC, us Government Printing Office, julio de 1987, p. 173.

de memoria se instalaron en las centrales telefónicas y en equipos de conmutación reemplazando los sistemas electromecánicos, tal como los procesadores de texto desplazan a las máquinas de escribir y los sistemas de almacenamiento electrónico a los archivos.

Las compañías telefónicas dependen, para el desempeño de sus funciones comunes, de equipo de cómputo diseñado específicamente para manejar las cuentas de los suscriptores, la realización de diagnósticos y el mantenimiento de la red; les brinda auxilio en el control de llamadas telefónicas, su contabilización y determinación de rutas. Gracias a las computadoras se ofrece una enorme variedad de servicios: de voz, que incluye marcación, llamada activada en tres sentidos y mensajes controlados por voz. Con estos servicios es común, por ejemplo, que los suscriptores programen sus aparatos telefónicos para llamar al número de su casa simplemente diciendo la palabra *home*, o al restaurante con *I'm hungry*; se conectan con un tercero diciendo *three way conference* y el nombre del tercero.¹¹ A finales de 1994, la AT&T introdujo en Estados Unidos un servicio de marcación directa (del cliente a los operadores de AT&T) para solicitar llamadas de larga distancia por cobrar que ya no requieren llamar primero a las compañías telefónicas locales para que realicen la conexión con los operadores de larga distancia de AT&T. Esta misma compañía, desde principios de 1990, empezó a establecer verdaderas redes globales mundiales operadas mediante procesadores de cómputo de alto desempeño y con *software* especial propiedad de AT&T, que la enlazaron con compañías del mismo ramo en Europa, Asia y Australia a través de una red de señalamiento especial. Esto permite que el tráfico sea transmitido a cualquiera de los países en esos continentes como si fuera una red de larga distancia normal de AT&T. Además, proporciona servicios a empresas transnacionales que establecen sus comunicaciones entre sus diferentes filiales tan fácilmente como hacer llamadas locales, con la ventaja adicional de que la facturación se hace en una sola moneda.

¹¹ *The Wall Street Journal*, 18 de mayo de 1992.

La computadora ha evolucionado hasta convertirse hoy día no solamente en un dispositivo de almacenamiento y procesamiento de información, sino en un medio propiamente de comunicación. Es un dispositivo que brinda múltiples servicios combinando funciones de cómputo, correo electrónico, fax y módem. Usuarios comunes y corrientes pueden darle uso como simple contestadora telefónica o hasta como medio de enlace entre infinidad de usuarios. El caso de Internet es ilustrativo de la capacidad de interacción que se ha obtenido utilizando el cómputo y las redes de telecomunicaciones.

Internet es la red de datos de mayor alcance en el mundo, tiene más de 25 millones de usuarios y experimenta un crecimiento impresionante. Actualmente incluye más de 2 millones de supercomputadoras *host* (servidoras) conectadas a más de 20 000 redes individuales en 63 países, que se duplica cada año con un crecimiento promedio mensual fuera de Estados Unidos de un 9.4 por ciento. Un ejercicio de extrapolación con tasas publicadas por la Internet Society, mostró que el número de usuarios excederá la población humana proyectada en el mundo para inicios del nuevo siglo.¹² El sistema se vuelve cada día más complicado a causa de los usuarios personales, instituciones de educación y empresas que se incorporan a las supercomputadoras que sirven a áreas locales. El sistema es alimentado por el Stanford Research Institute, que cada tres meses recibe nombres a través de los equipos *host*. En cada ocasión recibe entre 20 y 30 por ciento más réplicas que la vez anterior.¹³

La capacidad de las computadoras como medio de comunicación no se despliega sólo mediante equipos inmóviles (minicomputadoras o computadoras personales), sino por equipos portátiles que incorporan capacidades similares. Ericsson lanzó a principios de 1992 módems portátiles

¹² A. Lyman Chapin, "The State of the Internet". *Telecommunications*, vol. 28, núm. 1, enero de 1994, pp. 13-14.

¹³ Centre for the study of communications and culture. *Communications Recent Trends*, vol. 13, núm. 3, 1993, pp. 7-8. Para un análisis más amplio, consultar Burkhard Luber, *The World at your Keyboard: an Alternative Guide to Global Computer Networking*. Oxford, Jon Carpenter, 1993.

inalámbricos de menos de 500 gramos de peso y del tamaño de un aparato celular para la comunicación de datos. Esta pequeña placa hace posible la comunicación bidireccional entre computadoras y terminales industriales portátiles enlazadas a una computadora central o base de datos. La comunicación entre computadoras móviles tiene diversas aplicaciones: correo electrónico, localizador de personas, manejo de carga y descarga de mercancías, manejo de mensajería y comunicación inalámbrica de datos.¹⁴ Estas máquinas híbridas teléfono-computadora-fax pueden cargarse como si fuera un portafolios, por lo que tienen la ventaja de que pueden realizar operaciones financieras y comerciales desde la casa, el automóvil o la oficina.

En la ciudad de Baltimore, desde 1991 se instalaron sistemas de computadoras móviles que envían información sobre la red telefónica celular sin usar canales de voz. Mediante esta tecnología se transmiten paquetes de información usando bandas separadas de las de voz. Brinda servicio a compañías de transporte terrestre de pasajeros, cuyas unidades móviles envían y reciben información usando una terminal de cómputo móvil conectada al radio receptor. En 1992 la compañía sueca Ericsson lanzó al mercado módems portátiles inalámbricos para comunicación de datos. Es una terminal del tamaño de un aparato telefónico celular que logra comunicaciones bidireccionales entre computadoras *lap top* o terminales industriales portátiles y una computadora central o base de datos. Sus aplicaciones incluyen: correo electrónico, localizador de personas, manejo de carga y descarga de mercancías, manejo de mensajería móvil y comunicación inalámbrica de datos.¹⁵

¹⁴ *El Financiero*, 30 de marzo de 1992.

¹⁵ *El Financiero*, 30 de marzo de 1992.

LAS REDES TELEMÁTICAS

El término telemática fue acuñado por los franceses Simon Nora y Alain Minc¹⁶ para describir la confluencia de las telecomunicaciones con la computación y la televisión. A partir de este término se han producido otros como teleconferencia, telemercadeo, teleconmutación y telemedicina. Las redes telemáticas de alta capacidad y acceso masivo permiten interactuar a distancia mediante equipos informáticos y líneas telefónicas.

En muchas redes de telecomunicación de la actualidad es difícil detectar debidamente las fronteras entre los componentes de telecomunicación y de computación. Ha llegado a tal grado la integración de ambas tecnologías que las capacidades de procesamiento de información pasan rápidamente a ser parte común de las telecomunicaciones. En éstas tenemos claramente a la telefonía básica y el télex, y en la computación se ubica el *software* de aplicación y los sistemas expertos. De la combinación de ambos se ha obtenido una amplia gama de servicios telemáticos dirigidos principalmente a la transmisión de datos y texto.

Hasta hace algunos años se hablaba del reto que representaba para las grandes empresas de telecomunicaciones llevar servicios telemáticos a millones de hogares en el mundo. A principios de los ochenta se produjeron experimentos de teletextos en el hogar; algunas cadenas periodísticas en Estados Unidos ya realizaban planes para que los suscriptores residenciales recibieran noticias e informes de bancos y tiendas a través de sus televisores. Hoy, no solamente se reciben noticias y se conectan los usuarios a su sucursal bancaria, sino que pueden recibir ediciones electrónicas de periódicos completos e incluso acceder a los tableros de boletines electrónicos que llegan a los editores y reporteros. Las redes telemáticas adquieren inusitada relevancia por la posibilidad de manejar información masivamente, sin importar fronteras geográficas o políticas. Su capacidad de almacenamiento, procesamiento y transmisión

¹⁶ Simon Nora y Alain Minc, *The Computerization of Society*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 1980.

brinda acceso inmediato a la información, que es componente insustituible de cualquier actividad económica, cultural y social en la actualidad.

Los servicios que más comúnmente se prestan a través de las redes telemáticas son: facsímil a distancia o telefax, que consiste en la reproducción impresa de un texto por medio de un sistema electrónico; videotexto, esto es, sistemas interactivos para transmitir, a través de la red telefónica o la televisión, textos o gráficas almacenados en bases de datos computarizadas; el correo electrónico en red; las redes y los bancos de datos; teleconferencia; televenta; transferencia electrónica de fondos; telebanco; guía telefónica electrónica; telemedicina, entre otros.

El soporte de los flujos de datos transfronterizos se encuentra en las redes de transmisión, terrestres o vía satélite, que han hecho del comercio de la información y el equipo para su procesamiento una de las actividades comerciales más dinámicas de la economía de los países avanzados. El impacto que han ejercido, por ejemplo, en los servicios (financieros, turísticos, profesionales, educativos) ha sido determinante para su comercialización a escala internacional. Asimismo, su aplicación en industrias tradicionales como la textil y la de maquinaria las ha hecho más dinámicas y competitivas, ya que ahora se realizan diseños y manufacturación a distancia por medio de computadora. El rubro en el que han tenido mayor impacto es el financiero, cuyas operaciones nacionales e internacionales instantáneas son inconcebibles sin el uso del videotexto. Por medio de las redes telemáticas se concretan transacciones económicas y financieras cotidianas que permiten en gran parte la competitividad de los grandes consorcios internacionales. Sin embargo, también producen efectos no deseados por el incontrolable flujo de datos transfronterizas y la teledetección, que comúnmente los gobiernos no pueden controlar y se convierten en amenazas latentes de la autonomía de los países, puesto que pueden colocar información crítica nacional en manos de agentes externos.

El fácil manejo de información electrónica ha provocado importantes impactos políticos, sobre todo porque cada vez es más difícil ocultar acontecimientos o información que muchas veces no conviene a los intereses de grupos políticos o gobiernos. Son ya muy conocidos los efectos que tuvo el manejo de medios electrónicos en los momentos críticos de Panamá en 1987, China en 1989 y Rusia en 1991. En Panamá, el fax, las computadoras personales y los boletines electrónicos ayudaron a organizar en 1987 la oposición al presidente Manuel Antonio Noriega. En junio de 1989 estos medios y las redes de datos se utilizaron para llevar información referida al movimiento pro democracia dentro y fuera de China. Atinadamente se comparó entonces a las transmisiones por fax con lo que habían sido antes los carteles de los estudiantes chinos.

Sin embargo, quizá el mayor impacto que han tenido las redes telemáticas sobre la opinión pública mundial en los últimos años fue su manejo durante los acontecimientos de agosto de 1991 en Rusia. A través de los satélites de comunicaciones se enviaron al mundo las imágenes del intento de golpe de Estado en ese país, y el 19 de agosto empezaron a aparecer mensajes en los boletines de cómputo de muchos países de Occidente que, desde Moscú, decían: «He visto los tanques con mis propios ojos. Espero seguir comunicándome durante los próximos días». La carta que el presidente Boris Yeltsin leyó al día siguiente desde un tanque enfrente del edificio del Parlamento ruso apareció inmediatamente en los mismos boletines. En total, para el 21 de agosto de ese año se habían transmitido más de 13 mil mensajes entre Moscú y Helsinki a través de la red Relcom, quizá no considerado por las autoridades rusas como medio masivo de información como para ser intervenida, lo que sí ocurrió con la televisión.¹⁷

¹⁷ «Los mensajes fueron enviados a través de la cooperativa de cómputo Demos, cuya oficina se ubica a unas cuantas cuadras del Kremlin. El grupo fue establecido como una cooperativa de *software* para cómputo a principios de 1980. La red Demos fue establecida en agosto de 1990 y tiene terminales en 70 localidades en Rusia, así como en Helsinki y Finlandia. Los mensajes fueron recibidos en Helsinki y de ahí se retransmitieron a las redes de Europa y Estados Unidos.» Walter S. Baer. «Technology's Challenges to the First Amendment», *Telecommunications Policy*, vol. 17, núm. 1, enero-febrero de 1993, p. 5.

Asimismo, el registro electrónico financiero en las bolsas de valores internacionales se ha convertido en una especie de pulso económico y político vital de muchos países. Las bolsas de valores, al registrar y publicar, gracias a las conexiones instantáneas a escala internacional, las operaciones financieras más importantes de un país, muestran a los agentes económicos, los gobiernos y la opinión pública internacional la situación no sólo económica, sino política y social de un país. Esto se convierte en un momento dado en un arma de dos filos, pues cuando los movimientos bursátiles apuntan a la alza se desatan efectos económicos favorables en cadena; pero cuando es lo contrario, los efectos son quizá más devastadores y llegan a amenazar la estabilidad de economías nacionales enteras, que caen en cuestión ya no de días sino de horas.

EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO Y LAS MICROONDAS

En los últimos años las modernizaciones del sistema telefónico y las telecomunicaciones avanzan a pasos agigantados también debido a la explotación tecnológica de las microondas y las fibras ópticas. Aunque las microondas se empezaron a utilizar desde la segunda guerra mundial, fue hasta hace dos décadas que inició su cabal aprovechamiento.

Los avances de la telecomunicación inalámbrica están asociados al descubrimiento y explotación de la radiación electromagnética, que es energía radial en forma de ondas invisibles que se propagan por el espacio y la materia. La radiación se utiliza óptimamente para transmisiones electrónicas (u otros usos) dentro del espectro radioeléctrico en diferentes longitudes e intensidad. Por ello, el espectro se ha dividido en nueve bandas¹⁸ y en diferentes longitudes e intensidad. Cada banda cubre una década de frecuencia, o sea el número de ondas radiadas que pasan por cierto punto en determinado tiempo

¹⁸ Paul K. Dizard Jr., *La era de la información*, México, Publigráficas, S.A., 1989, pp. 52-56.

(éstos son los hertz). La longitud de onda del espectro útil abarca de los 3 mil metros a 1 milímetro en ruta descendente.¹⁹

Las microondas son ondas de radio generadas a frecuencias muy altas a través de un tubo oscilador llamado magnetrón. A diferencia de la longitud de 3 200 metros que alcanzan las ondas en las frecuencias bajas del espectro, las microondas obtienen longitudes que van de los 100 centímetros a 1 milímetro. Además de usarse en la radiodifusión, radiotelegrafía, televisión y satélites, tienen aplicaciones en intervenciones quirúrgicas, laboratorios de física, hornos de uso industrial y doméstico, combaten plagas, etcétera. La emisión de microondas para telecomunicaciones se realiza a través de torres transmisoras instaladas en línea visual en puntos elevados a distancias entre 30 y 50 kilómetros; se enfocan en haces direccionales, y pueden reflejarse en aviones, naves marítimas, patrullas de policía, carros de bomberos y otros objetos. Utilizan repetidoras para reforzar las señales periódicamente. De ordinario se emplean dos y cuatro antenas en cada estación para recepción y retransmisión.

El uso de las microondas ha sido controversial en la historia. No obstante que su localización en el espacio atmosférico impide su apropiación física, la sobreexplotación y saturación de las bandas de transmisión es un problema siempre presente. Para prever la explotación irracional del espectro y el uso indiscriminado de equipo, se han establecido normas técnicas internacionales para controlar el uso de frecuencias y artefactos por los particulares. Aunque estas reglas tienen como objetivo evitar el caos en el uso de las microondas, su violación es un problema latente, sobre todo por aquellas empresas y grupos que tienen capacidad tecnoló-

¹⁹ Las frecuencias bajas son dos: la banda de muy baja frecuencia (*very low frequency*, VLF) abarca de tres a 30 MHz, el equivalente al rango de 100 a 10 metros; y la baja frecuencia (*low frequency*, LF) que va de 30 a 300 kHz. Las frecuencias medias (FM) se encuentran arriba de las bajas, entre 300 kHz y tres MHz; se usan para las transmisiones masivas por radio; por la gran cantidad de aparatos receptores que hay en todo el mundo no se les ha asignado otras funciones. La banda de alta frecuencia (*high frequency*, HF), de tres a 30 MHz, tiene posibilidades de alcance mundial, aunque funciona muy irregularmente ya que la propagación de las ondas depende de la geografía de los suelos, el clima, el horario, etcétera. Antes de que se inventaran los satélites y los cables submarinos se usaba para

gica y poder suficiente para dominar en un momento determinado el espectro radioeléctrico, traspasando incluso las fronteras nacionales sin autorización de los gobiernos. Tal es el caso del equipo que emplea el proyecto TV Martí de Estados Unidos, que desde 1990 envía sonido e imagen a la televisión cubana aun cuando el gobierno de este país no admite dichas transmisiones.

En épocas de guerra las microondas son cruciales por la alta capacidad de transmisión y por la ventaja de no tener que emplear cables conductores. En la primera guerra mundial se usó el radioteléfono trasatlántico para las comunicaciones con los barcos navieros y mercantes, después de que los cables que unían a Alemania y Gran Bretaña fueron cortados al estallar el conflicto en 1914. Durante la segunda guerra mundial, la tecnología de microondas sirvió de base para el radar.²⁰ Las primeras instalaciones del radar fueron limitadas y poco confiables; conforme los militares exigieron mejor definición y certeza, hacia el final de las hostilidades, los tecnólogos fabricaron equipo que permitía blancos precisos, usando las partes más altas del espectro.²¹

Durante la guerra del Golfo Pérsico en 1991, el espectro radial sirvió de cauce para controlar, mediante computadoras enlazadas a satélites, poderosos artefactos de guerra como los misiles teledirigidos. Los aliados emplearon redes de satélites

el servicio telefónico internacional. Esta banda ha sido asignada en muchos países a grupos de aficionados de cb.

Las siguientes bandas del espectro son las de muy alta frecuencia (*very high frequency*, VHF), 30 a 300 MHz, y ultra alta frecuencia (*ultra high frequency*, UHF), 300 MHz a tres GHz. Aquí se ubican los canales de televisión y radio de frecuencia modulada y también se hacen transmisiones de radio móviles de policías, bomberos, taxis y teléfonos de automóvil. Dentro de estas frecuencias se presta el servicio de telefonía móvil celular.

Por último, están las bandas donde operan las microondas que se localizan en la parte más alta del espectro, la banda de super alta frecuencia (*super high frequency*, SHF) de tres a 30 GHz, la extremadamente alta frecuencia (*extremely high frequency*, EHF) de 30 a 300 GHz, y el infrarrojo, luz visible o ultravioleta que abarca frecuencias de 10 GHz.

²⁰ El transmisor del radar envía breves y poderosas explosiones de microondas. Esos estallidos de energía viajan por el espacio a la velocidad de la luz, a razón de 298 080 kilómetros por segundo. La sincronización de las señales es tal que un impulso ha viajado, por ejemplo, 320 kilómetros antes de que se haya transmitido el estallido siguiente.

²¹ Paul K. Dizard Jr., *La era de la...*, op. cit., pp. 56-57.

para vigilar las comunicaciones y movimientos de las fuerzas iraquíes, localizar a los aviadores derribados en el desierto, así como orientar a sus aviones, barcos y fuerzas de tierra. Los alcances de los satélites espías dejan pasmado a cualquier persona: se especula que el *Big Bird* del Pentágono estadounidense leía los titulares del diario ruso *Pravda* y los números de placas de los automóviles en la Plaza Roja, cuando aquello era una fortaleza.

Las microondas también son el medio para que a través de los satélites artificiales, y no precisamente en épocas de guerra, se tenga acceso a información sobre cuestiones como instalaciones y posesión de armamentos, espionaje, investigación de la tierra e interacción educativa a distancia.

La irrefrenable explosión tecnológica para el aprovechamiento del espectro electromagnético ha alcanzado tal magnitud que vivimos en un mar lleno de energías producidas por infinidad de aparatos electrónicos: relojes digitales, cables de alta tensión, televisores, teléfonos celulares, portones automáticos, hornos de microondas, cámaras de circuito cerrado. Las consecuencias de esto aún están por conocerse. Algunos experimentos han mostrado que pueden impactar negativamente en la salud pública. Ya se han detectado algunos casos de enfermedades provocadas por radiaciones tolerables. En España se descubrió que los embriones de pollos durante la formación de su sistema nervioso y corazón no se desarrollaron completamente después de ser expuestos brevemente a un campo electromagnético muy similar al generado por terminales de video.²² Éstos y otros fenómenos anormales detectados en relación directa con el uso de radiaciones de intensidad variable deberían ser ya motivo de serias investigaciones. En breve tendremos que solicitar que, así como se analiza el aire de las grandes urbes para registrar los niveles de partículas contaminantes que flotan en él, también se determinen los niveles de radiación en zonas de alta densidad de transmisiones inalámbricas.

²² Robert Wood, *Magnetismo. De la brújula a los imanes superconductores*. Madrid, McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A., 1991, p. 173.

Las microondas son el soporte de dos de las formas de transmisión de mayor éxito en la actualidad: las comunicaciones vía satélite y la radiotelefonía móvil celular, que a su vez han evolucionado hacia las redes personales de comunicación cuya base técnica primordial es la no supeditación a redes de cable inmóviles.

LOS SATÉLITES

El afán por extender las comunicaciones y abarcar todos los rincones de la Tierra ha conducido a los científicos a buscar medios cada vez más complejos para lograrlo. La exploración terrestre y atmosférica no ha sido suficiente. El objetivo de ir más arriba, a 36 mil kilómetros de altura sobre el nivel del mar, se ha cumplido. Allí la ubicación es idónea para que los satélites artificiales logren, con unos cuantos artefactos, llevar comunicaciones e información a todos los puntos de la Tierra.

Las redes satelitales se componen de una serie de estaciones terrestres conectadas entre sí por medio de satélites colocados en una órbita espacial que retransmiten señales por microondas a través del espacio atmosférico. El equipo instalado²³ dentro de un satélite recibe las señales enviadas desde una estación terrestre, las amplifica y transmite a otra estación terrestre que las distribuye por pares de cables, cables coaxiales, guías de onda, fibras ópticas y sistemas de repetición de microondas.

Los satélites artificiales cubrieron regiones donde la comunicación por redes terrestres es prácticamente imposible o sumamente costosa. Se vencieron las barreras físicas que

²³ Para su funcionamiento un satélite se compone de varios subsistemas: antenas, comunicaciones, energía eléctrica, control térmico, posición y orientación, propulsión, rastreo, telemetría y comando y estructural, principalmente. Estos subsistemas permiten al satélite disipar calor, corregir movimientos, mantener el equilibrio, regular la temperatura, resistir al medio ambiente y poder comunicarse con la Tierra. Rodolfo Neri Vela, *Satélites de comunicaciones*, México, McGraw-Hill/Interamericana, 1989, p. 25.

aislaban zonas enteras de los cinco continentes, como desiertos, montañas, océanos, selvas y polos glaciares. Se incorporaron a las comunicaciones localidades de Asia, África y América que, de haberse esperado a tender redes alámbricas, no tendrían, aún a la fecha, acceso a circuitos de canales para telefonía, telegrafía y televisión.

La ventaja de utilizar satélites de comunicaciones radica en que eluden las barreras naturales, permiten planear su uso para requerimientos reales, acortan los tiempos de instalación y complementan las redes terrestres para transmisiones internacionales, posibilitando el cubrimiento total de la Tierra. Con ellos se pueden establecer transmisiones con equipo móvil desde puntos geográficos donde no existe infraestructura para telecomunicaciones. Los satélites son insensibles a las distancias. Todos los enlaces se hacen aproximadamente a 71 800 kilómetros (satélites geosíncronos), donde quiera que se ubiquen los artefactos emisores y receptores. Se necesitan unas cuantas estaciones terrestres movibles de acuerdo con las necesidades, y la señal las sigue. Es común ver que, cuando ocurre un acontecimiento relevante en cualquier parte del mundo, inmediatamente se desplazan plataformas móviles llevando antenas parabólicas y equipo de transmisión que envían señales para televisión de determinado fenómeno en vivo a todos los rincones de la Tierra.

Algunas desventajas en las transmisiones satelitales es que están sujetas a demoras de propagación, se debilitan con las lluvias intensas, nieve y manchas solares que afectan a las estaciones terrestres; también sufren interferencias de radio, microondas y aeropuertos. Además, los costos de fabricación y lanzamiento son muy elevados. Los ahorros en costos, una vez que están en órbita, son máximos cuando la distancia entre los puntos excede 1 800 kilómetros comparados con los de microondas, y los 190 kilómetros con los de fibras ópticas.²⁴

La transmisión espacial fue concebida con más de diez años de anticipación al lanzamiento de los primeros satélites

²⁴ Roy A. Layton. «¿Estarán los satélites en conflicto con las fibras ópticas o coexistirán?», en D. A. Demac. *Trazado de nuevas órbitas. Cooperación y competencia en el desarrollo global de satélites*. Barcelona, Reverté, 1988, pp. 21-22.

artificiales. En 1945 el científico inglés Arthur C. Clarke propuso el uso de un satélite terrestre para radiocomunicación entre varios puntos de la Tierra. Clarke sugirió el diseño de una nave espacial tripulada que podría lanzarse como un cohete. La nave se posicionaría a una altitud aproximada de 35 900 kilómetros, giraría junto con la Tierra (sería síncrona) y habría receptores y equipo de transmisión terrestres que llevarían las señales a una determinada parte del planeta. Fue tal el acierto del científico inglés que su mecanismo es en esencia el mismo con el que funcionan los sistemas satelitales geosíncronos de la actualidad. En su honor, la órbita geoestacionaria se conoce también como Cinturón de Clarke.

El lanzamiento de los satélites artificiales inició el 4 de octubre de 1957, cuando la Unión Soviética envió al espacio el Sputnik 1, con objeto de realizar experimentos biológicos. Pesaba 80 kilogramos y gravitó alrededor de la Tierra hasta el 4 de enero de 1958. Inmediatamente el Congreso estadounidense aprobó el otorgamiento de fondos para proyectos satelitales, y al año siguiente Estados Unidos lanzó el Explorer 1, de 14 kilogramos de peso, que permaneció en órbita cinco años.

La generación de satélites comerciales para comunicaciones empezó en 1965 con el lanzamiento del satélite Pájaro Madrugador (Intelsat 1), que medía sólo 71 por 58 centímetros, pesaba 39 kilogramos y tenía capacidad para manejar 250 llamadas telefónicas internacionales. Éste sería el primero de una serie de doce, propiedad de Intelsat.

La fuerte demanda de servicios satelitales ha propiciado su multiplicación, a tal grado que la órbita espacial sobre el ecuador, donde se estacionan, está casi saturada. Muy pronto varios países empezaron a lanzar satélites de empresas privadas o de los propios gobiernos. Canadá fue el tercero en disponer de satélites para comunicaciones, pero únicamente en el nivel nacional; en 1972 puso en servicio el primero de cinco generaciones llamados Anik.²⁵ Entre otros países que cuentan con sistemas de satélites domésticos están Brasil, Francia,

²⁵ *Ídem.*

Rusia, India, Japón, China, Australia, Gran Bretaña, Italia, Panamá, México y Argentina.

Los satélites pueden ser ubicados a distintas distancias de la Tierra y a velocidades diferentes de la de rotación, lo que permite coberturas locales, regionales y globales. Según su cobertura en la Tierra, existen tres sistemas de satélites para comunicaciones: a) internacionales: Intelsat, Intersputnik, Inmarsat; b) regionales: Eutelsat, que cubre a los países europeos; Arabsat, a países árabes; Panamsat, a países americanos; y c) nacionales: Telesat, de Canadá; Télécom, de Francia; Satcom, Comstar, Westar, SBS, Gstar, de Estados Unidos; Palapa, de Indonesia; Molnya-3, Statsionar, Loutch, de Rusia; Sakura, cs y Ayame, de Japón; Radugae e Insat, de India; Morelos y Solidaridad, de México; y Nahuel, de Argentina, entre otros. De acuerdo con estas necesidades se han desarrollado diferentes generaciones de satélites de comunicaciones.²⁶ Veamos los más conocidos.

Los satélites de órbita elíptica (*high earth orbit*, HEO), fueron los primeros diseñados especialmente para comunicaciones. Se desplazan de la Tierra a diferente velocidad, y se alejan y acercan a ella en diferentes momentos. Tardan 12 horas en completar una revolución y ofrecen mejores condiciones de uso en las telecomunicaciones cuando su altitud es de 40 mil kilómetros.

Los satélites geoestacionarios (*geosynchronous earth orbit*, GEO) se ubican sobre el ecuador a 36 mil kilómetros de la Tierra y viajan a su misma velocidad (de ahí su nombre de síncronos), por lo que parecen estar estacionados o inmóviles y completan su recorrido en 24 horas. Tienen un área de cobertura aproximada de 8 mil kilómetros que proporciona una capacidad visual hasta de una tercera parte del planeta. Tres satélites de este tipo, colocados en forma equidistante, pueden transmitir instantáneamente señales de radio o televisión a casi el área completa de la Tierra. Son los más utilizados para servicios de

²⁶ J. Manuel Villalvazo, «Las comunicaciones móviles a través de los satélites de órbita baja en los países en vías de desarrollo» en *urr. Américas Telecom 1992*, Acapulco, mayo de 1992, pp. 97-101

transmisión de datos, señales de televisión y telefonía; requieren de grandes estaciones terrestres fijas, pero también sirven para comunicaciones con unidades móviles como las de navegación aérea, marítima y terrestre. La órbita geoestacionaria es la más congestionada, ya que en ella están colocados no sólo satélites para comunicaciones, sino otros de aplicaciones diversas como meteorológicos, experimentales y militares.

Corresponden a otra generación de satélites los de órbita terrestre baja (*low earth orbit*, LEO). Éstos han provocado serias controversias sobre todo con los consorcios y países que tienen satélites GEO para comunicaciones, pues se aduce que los objetivos de aquéllos no están bien definidos y entrarán a hacer una fuerte competencia,²⁷ sobre todo por los bajos costos que están manejando en comparación con los GEO. Los LEO se ubican a una altitud entre 900 y 1 300 kilómetros y no son geoestacionarios, es decir, registran una velocidad distinta a la de rotación de la Tierra. Su área de cobertura terrestre es de un radio promedio de 5 500 kilómetros, por lo que tienen que colocarse muchos microsátélites con trayectorias diferentes para brindar cobertura local, regional y mundial. Puesto que los satélites LEO (que admiten frecuencias inferiores a un gigahertz) necesitan estaciones terrestres sencillas, terminales portátiles, así como antenas y fuentes de poder reducidas (a diferencia de los geoestacionarios que requieren infraestructura terrestre pesada), permiten una gran flexibilidad en su uso, pues pueden aprovecharse varias decenas de microsátélites de acuerdo con las necesidades de cobertura o servicio.

Estos satélites se encuentran en vías de experimentación. Aunque pueden utilizarse en zonas que ya cuentan con comunicaciones desarrolladas, por la facilidad de transporte de las antenas receptoras se pueden aprovechar también en zonas que

²⁷ Dos firmas que prácticamente tienen puesto un pie en el mercado se oponen. Inmarsat (International Maritime Satellite Organization), la organización para comunicaciones satelitales marítimas controlada por 64 operadoras telefónicas, pretende expandir sus servicios a comunicaciones móviles terrestres y a buques marítimos. También el consorcio American Mobile Satellite Corp. (AMSC) obtuvo una licencia en 1990 para proveer el servicio móvil pero solamente en los Estados Unidos y a partir de 1994. *The Economist*, 28 de marzo de 1992, p. 69.

carezcan por completo de sistemas de telecomunicaciones. Han despertado gran interés en diferentes empresas que ven la posibilidad de usarlos para redes de telecomunicaciones y brindar servicios de información inalámbricos no sólo a grandes consorcios sino a usuarios particulares (para viajes de negocios o placer, operadores de botes, ingenieros y médicos que trabajan en áreas remotas). Otros creen que podrán solucionar problemas de comunicación en áreas rurales con servicios marginados, en zonas cuya ubicación está a dos horas de donde existe teléfono, pues allí vive aproximadamente la mitad de la población mundial.

Los proyectos LEO, encabezados por consorcios estadounidenses, se iniciaron incluso antes de que el Congreso de ese país asignara frecuencias en mayo de 1994. Veamos esos proyectos:²⁸

Proyecto 21: es propiedad de Inmarsat. Es parte de la cuarta generación de satélites de este organismo. Su costo es de más de mil millones de dólares.

Iridium: es una constelación de 66 satélites. Su diseño incluye líneas intersatélite y el costo es de 3.4 mil millones de dólares. Son propiedad del consorcio formado por 18 empresas de diferentes países encabezadas por Motorola.²⁹

Globalstar: se compondrá de 24 a 48 satélites con cobertura mundial y en Estados Unidos. Está diseñado con código de acceso por división múltiple (code division multiple acces, CDMA) y tendría un costo de 1.8 mil millones de dólares.³⁰

Odyssey: es una constelación de 12 satélites que orbitarán en tres planos. Su costo es de 1.3 mil millones de dólares y es propiedad

²⁸ Rob Frieden, «Satellites in the Wireless Revolution: The Need for Realistic Perspectives», en *Telecommunications*, vol. 28, núm. 6, junio de 1994, pp. 33-34.

²⁹ Sprint, BCE Mobile (subsidiaria de Bell Canada Enterprises), Krunichev Enterprise y Chine Great Wall (dos manufactureras de cohetes), Nippon Iridium (un consorcio de 18 compañías japonesas manejadas por DDI Corp., operador de larga distancia y radio celular), СПЕТ (Empresa portadora de comunicaciones celulares y por satélite), Mawarid Group (un grupo de inversionistas de Arabia Saudita), Mu'diri Investment de Venezuela, United Communications Industry Co., y otros.

³⁰ Sus propietarios son: Loral (manufacturero norteamericano de satélites, Qualcomm (desarrolla tecnología CDMA para acceso a radio celular), Air Touch (compañía inalámbrica norteamericana), la francesa Alcatel Space, Italian Aerospace, Dacom (compañía de larga

de TRW, Inc., un consorcio de manufacturación de tecnología aeroespacial.

Eltpso I y II: comprende de 6 a 18 satélites en dos planos para proveer solamente servicio nacional. Su costo es de 180 millones de dólares y son propiedad de 6 compañías estadounidenses de comunicaciones móviles, manufactureras de electrónica y tecnología inalámbrica y del banco inglés Barclays.

Artes: son 48 satélites de órbita polar en cuatro planos. Su costo es de 292 millones de dólares y son propiedad de inversionistas privados y empresas de comunicaciones de Estados Unidos.

Teledestc: son 840 satélites del tamaño de un refrigerador basados en el diseño de Strategic Defense Initiative. Su costo es de 9 mil millones de dólares y son propiedad de Craig McCaw, William Gates, McCaw Development y Kinship Partners.

La participación de grandes consorcios multinacionales de telecomunicaciones junto con grupos financieros, manufactureros electrónicos y de cohetes, entre otros, refleja el alto grado de mercantilización de los satélites, que inicialmente fueron concebidos para solventar necesidades básicas de comunicación.

Además de los satélites para comunicaciones, existe otra amplia gama de satélites con diferentes objetivos, entre ellos meteorológicos, de exploración marina, oceanográfica,³¹ terrestre, espaciales, astronómicos,³² con misiones biológicas y médicas. Se encuentran en órbita aproximadamente 5 mil, de

distancia de Corea), Hyundai Electrocnic (manufactureras coreana), Vodaphone (compañía celular inglesa) y Deutsche Aerospace de Alemania.

³¹ En agosto de 1992, Estados Unidos y Francia lanzaron el satélite Topex-Poseidón, que escrutará los océanos y sus 1 460 millones de kilómetros cúbicos de agua para medir, durante cinco años, la altura de las olas, la dirección y velocidad de los vientos en su superficie, la potencia y la dirección de sus corrientes. Permitirá medir con una precisión de más o menos dos centímetros de altura el océano mundial para saber dónde se forman las olas más altas, soplan los vientos más fuertes y los relieves del océano. *El Día*, 12 de agosto de 1992.

³² El equipo de astrofísicos de la Universidad de California descubrió las ondulaciones del universo (que explican el origen y evolución de los planetas, estrellas y galaxias), gracias al análisis de 300 millones de datos recopilados durante 12 meses por el satélite Explorador de la Radiación Cósmica de Fondo de la NASA. *La Jornada*, suplemento Investigación y Desarrollo, septiembre de 1992, p. 8.

los cuales 175 ocupan la órbita geoestacionaria para servicios comerciales y uso doméstico.³³

Indudablemente el sistema satelital con más alcance, aunque muy criticado por operar como monopolio estadounidense, es Intelsat. Se fundó en agosto de 1964 como una empresa de riesgo. Su creación se previó en la Ley de Satélites de Comunicaciones de 1962 de Estados Unidos, que ordenó el establecimiento de un sistema de comunicaciones por satélite comercial, pero no prescribió claramente los asuntos para las comunicaciones nacionales.³⁴ Para la fundación de Intelsat firmaron únicamente once países; inició con el lanzamiento del *Pájaro Madrugador*, pero fue tal la aceptación que para 1980 ya poseía cerca de 400 estaciones terrestres con 12 satélites. En 1987 Intelsat contaba con 113 países firmantes, 17 satélites que unían a aproximadamente 170 países, distintos territorios y corporaciones alrededor del mundo a través de 739 estaciones terrestres.³⁵

Las principales normas por las que se rige son: Intelsat es dueño de los satélites y del segmento espacial de frecuencias, y las estaciones terrestres son propiedad de cada uno de los países; los Estados miembros se comprometen a utilizar los satélites de Intelsat para comunicación con el extranjero; los países tienen en Comsat (el órgano administrador) un número de votos proporcional al porcentaje del capital total invertido en los servicios de satélites.

Con base en la Ley de Comunicaciones por Satélite de 1962, el Congreso de Estados Unidos creó Comsat y se adjudicó a ese país el monopolio de las comunicaciones internacionales por satélite. Fue creado como corporación privada, con un propósito nacional. Su estructura fue resultado de un fuerte debate congresista y público alrededor de la Ley de Comunicaciones

³³ Flor Álvarez Bobadilla, «El amanecer de las comunicaciones por satélite», en *Informa*, año III, núm. 9, México, p. 25.

³⁴ Véase Mathison Stuart y Phillip M. Walker. *Computer and Telecommunications: Issues in Public Policy*, New Jersey, Prentice-Hall Inc., 1970, p. 8.

³⁵ George A. Coddling, Jr., «The ITU and the Future of Satellite Communication in the Pacific», en D.J. Wedemeyer y M. R. Ogden (eds.), *Telecommunications and Pacific Development: Alternatives for the Next Decade*, Honolulu, Elsevier Science Publishers B.V., 1988, p. 48.

por Satélite. Hubo dos posiciones contrarias: una para que se constituyera como empresa pública y la otra como empresa privada; finalmente, resultó un híbrido público-privado.³⁶ Comsat funge como intermediario entre consorcios estadounidenses de comunicación (AT&T, General Telephone and Electronics —GTE—, Radio Corporation of America —RCA—), y el gobierno de Estados Unidos es responsable del diseño, desarrollo y mantenimiento del segmento espacial del sistema global de telecomunicaciones.³⁷

México cuenta con un sistema de satélites para comunicaciones desde 1985. El Morelos I entró en órbita en junio de 1985 y el Morelos II en noviembre de 1989. El primero fue reemplazado en 1994 por el Solidaridad I y en ese mismo año se lanzó el Solidaridad II. El Morelos II saldrá de órbita en 1998. A partir de 1994, con el lanzamiento de los Solidaridad, el sistema tuvo una cobertura más amplia que con el Morelos. Está programado para enviar más de 50 000 llamadas telefónicas simultáneamente, o más de 50 canales de televisión y datos a altas velocidades; permite la comunicación con unidades de autotransporte de carga y pasaje durante su tránsito por las carreteras, así como para las embarcaciones de cabotaje que navegan por los litorales mexicanos. Presta servicios a los países del Caribe centroamericano, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y diferentes ciudades de Estados Unidos como Los Ángeles, San Francisco, Houston, Dallas, Chicago, Nueva York, Washington, Miami, Tampa e incluso a Toronto, Canadá. Envía también señales especiales a Buenos Aires, Montevideo y Santiago de Chile. Con el Morelos II y el Solidaridad se cubrirá la demanda de señales de México y esas regiones hasta el año 2006.³⁸

³⁶ Henry Goldberg «International Telecommunications Regulation», en Glen O. Robinson, *Communications for Tomorrow, Policy Perspectives for the 1980s*; New York, Praeger Publishers, 1978, pp. 166-167.

³⁷ Ruth Gall, «Satélites artificiales, sus aplicaciones y consecuencias que de ellas se derivan», en Ruth Gall *et al.*, *Las actividades espaciales en México: una revisión crítica*, México, FCE, 1986, pp. 30-31.

³⁸ *La Jornada*, 15 de marzo de 1991. En agosto de 1993 la SCT anunció el posible lanzamiento de un quinto satélite mexicano.

LA RADIOTELEFONÍA MÓVIL CON TECNOLOGÍA CELULAR

La tecnología celular dio un giro de 180 grados en el concepto de comunicaciones atadas a una red fija al conducir transmisiones por radiofrecuencias gracias a la computación y a las radiocomunicaciones. Con esta tecnología se consolidó el concepto de redes móviles personalizadas. Las primeras redes móviles de comunicaciones para servicios regulares se introdujeron en diferentes países desde mediados de los años cuarenta. En Estados Unidos ocurrió en 1946 y en Alemania en 1958. Sólo reducidos grupos hacían uso de esas redes: hombres de negocios, la policía, servicios médicos de emergencia y brigadas de bomberos.

En el sistema celular, las llamadas viajan sobre ondas de radio a estaciones estratégicamente situadas en una zona geográfica dividida en pequeñas células, cuyos radios oscilan entre 1.5 y 15 kilómetros. En cada célula hay una estación básica de baja potencia conectada al receptor-transmisor de una estación central de conmutación que se ocupa de conectar la señal de radio a la red telefónica pública. Pero no se limita a eso, también pasa la señal de un receptor a otro a medida que el vehículo viaja de célula en célula. Una computadora central localiza automáticamente la ubicación de cada teléfono móvil, asigna los usuarios a los canales radioeléctricos disponibles en determinada célula, reasigna frecuencias automáticamente a medida que el aparato receptor va de célula en célula, y además se encarga de tomar datos de cada llamada para su facturación.

Un sistema celular puede fácilmente manejar 50 mil llamadas por hora; en cambio, el antiguo sistema móvil sólo manejaba unos centenares. Hoy, gracias a la introducción de tecnología digital, también se utiliza el celular para transmitir datos, télex, videotexto y fax móviles. Incluso, a través de los módems integrados a las computadoras portátiles, es posible el envío y recepción de datos en movimiento.

Las comunicaciones celulares no necesitan una infraestructura terrestre tan onerosa como la de redes fijas, que requiere abrir zanjas y cuyos costos son crecientes. Son más

rápidas de instalar porque llevan servicios de telecomunicaciones por radiofrecuencia y las inversiones más importantes son las estaciones de base de radio. Los precios de los aparatos receptores también tienden a reducirse, e incluso hasta se regalan en zonas donde existe la infraestructura celular pero no se ha explotado.

El servicio móvil convencional usa canales de radio en dos direcciones para conectar el vehículo al sistema telefónico. El circuito de radio establece una ruta para poder hablar desde un vehículo y una antena conectada a la red telefónica. Una antena central sirve a una ciudad mediana y se pueden sostener comunicaciones dentro de los límites del radio, generalmente reducido, que abarca la antena. Este servicio convencional tiene muchas desventajas: a) un limitado número de radiofrecuencias disponibles para proveer el servicio; b) características inferiores de transmisión, porque solamente se destina una antena distante; c) interferencias de otros vehículos en el mismo canal; d) altos costos del servicio.

La diferencia entre los teléfonos celulares y la generación primera de teléfonos móviles, la de vehículo, es que los primeros funcionan siempre, en tanto que en los segundos la comunicación se interrumpe cuando se interpone alguna barrera física entre la antena central y el automóvil receptor y se va perdiendo a medida que el receptor se aleja de la estación base.

La tecnología celular ha tenido un éxito abrumador. Las predicciones sobre su crecimiento no se detienen en números. En Japón se introdujo en 1979 para usuarios selectos, y para finales de 1991, con el incremento de la competencia, había 1.25 millones de suscriptores (con un total de 10 millones de unidades vendidas en su mercado).³⁹ Para mediados de 1993, había más de 30 millones de teléfonos celulares en alrededor de 70 países.⁴⁰ En Estados Unidos se dispuso del servicio en

³⁹ Véase Eric F. Ensor, «The Evolution Towards PCS»; Ryoji Kobayashi, «Prospects Mobile Communications Technology from Cellular to Personal Communications»; y Arunas G. Sleky, «High Capacity Digital Cellular for Wireless Telephony», en *urr. América's Telecom...*, *op. cit.*, pp. 76, 81 y 85.

⁴⁰ *The Economist*, 23 de octubre de 1993, p. 5.

1983 y para principios de 1994 había 14 millones de suscriptores.⁴¹ En Canadá inició en 1985 y para 1991 tenía 800 mil usuarios. En Latinoamérica,⁴² para principios de 1992 había cerca de 300 mil suscriptores, pero para agosto de 1994, solamente en México se registraron 380 mil.

Siempre resulta arriesgado dar cifras actualizadas, pues es tan vertiginoso el crecimiento que día a día se rebasan. Predicciones muy optimistas apuntaban que para 1995 podría haber en ochenta países cerca de 42 millones de personas usando teléfonos celulares. La compañía transnacional Ericsson calcula que puede alcanzarse esa cantidad pero hasta el año 2000.⁴³ La revista *The Economist*⁴⁴ predijo que se podría llegar a 60 millones para ese mismo año.

Las razones de lo disparado de las cifras son varias. Bell Atlantic Personal Communications asegura que habrá una masiva migración de suscriptores alámbricos a inalámbricos dentro de los siguientes quince años por la alta eficiencia de la telefonía móvil, las ventajas por la producción masiva de equipo terminal así como por la ineficiencia del servicio de telefonía básica.⁴⁵ En Japón, para marzo de 1994 había 2.46 millones de suscriptores celulares (con un crecimiento arriba del 2 por ciento) y se esperaba que para marzo de 1995 se incrementara en 1.5 millones, con el cambio de las condiciones de participación de otras empresas nacionales en ese mercado.⁴⁶

Los gobiernos han observado enormes presiones para el otorgamiento de permisos de operación de bandas para telefonía celular. En 1984, la Comisión Federal de Comunicaciones de

⁴¹ *Telecommunications*, núm. 6, *op. cit.*, p. 36.

⁴² En Venezuela el número de suscriptores celulares subió de aproximadamente 20 mil a finales de 1991 a aproximadamente 100 mil para finales de 1992. En Argentina, en 1993, el total de suscriptores con servicio pasó de 45 mil en marzo a cerca de 95 mil para finales de ese año. *Telecommunications*, vol. 28, núm. 3, marzo de 1994, p. 64.

⁴³ Christoph Dorrenbacher, «Mobile Communications in Germany. Economic and Social Impacts of a New Infrastructural Paradigm», en *Telecommunications Policy*, vol. 17, núm. 2, marzo de 1993, p. 112.

⁴⁴ *The Economist*, *op. cit.*, p. 2.

⁴⁵ Christoph Dorrenbacher, «Mobile Communications...», *op. cit.*

⁴⁶ Se prevé que diferentes compañías del ramo podrán tener sus propias redes móviles y no hará falta arrendarlas a NTT, cuya filial para telefonía celular, DoCoMo, tiene cerca del 60 por ciento del mercado. *The Economist*, 10 de diciembre de 1994, p. 64.

Estados Unidos tuvo que asignar por sorteo los permisos, en virtud de que había alrededor de mil solicitantes para cubrir las 734 áreas en que se dividió el país para el servicio. Para agosto de 1991, la explosiva demanda agotó la capacidad de infraestructura radial en grandes áreas metropolitanas como Los Ángeles, Chicago y Nueva York, que contaban para 1992 con más de 500 mil suscriptores, y en Londres, donde operaba un sistema congestionado con aproximadamente 750 mil usuarios.⁴⁷ En respuesta a la alta demanda y al congestionamiento del sistema celular análogo se ha buscado introducir la tecnología digital y el uso de mayor ancho de banda.

La mayoría de las redes de telefonía celular actuales operan en frecuencias entre 800 MHz y poco menos de 1 GHz, unos 200 MHz del ancho del espectro. Se estima que el ritmo de crecimiento exigirá que para fin de siglo en las ciudades más grandes se ocupen 1.5 GHz extras en el espectro de radio para acomodar a los nuevos usuarios. Aunque el problema es que el espectro es finito y gran parte ya está utilizado por estaciones de radio y televisión, actividades militares, servicios de emergencia y transmisores de microondas, principalmente, ya se tiene una solución. En primer lugar, las células pueden hacerse más pequeñas para optimizar el espectro, y en segundo lugar, la generación de teléfonos celulares análogos está siendo reemplazada por aparatos digitales cuya ventaja es que hacen más eficiente el espectro. Es decir, mediante el lenguaje digital o código binario se pueden enviar al menos diez veces más llamadas sobre la misma senda del espectro de radio, y por consiguiente se aumenta la capacidad de llamadas que puede manejar una célula. En Estados Unidos, a mediados de 1993 todavía no se resolvían los problemas para la operación de un sistema común.⁴⁸ En Europa, donde la estandarización del

⁴⁷ Arunas G. Sleky, «High Capacity Digital Cellular for Wireless Telephony», en *urr, Américas Telecom...*, *op. cit.*

⁴⁸ Los diferentes estándares para la tecnología celular que están en discusión son: TDMA (time division multiple access), que es una norma digital apoyada por Cellular

sistema celular digital se veía mucho más difícil por la diversidad de normas empleadas, varias regiones ya adoptaron un sistema compatible.

El éxito de las comunicaciones móviles personalizadas ha hecho que se exploren otras alternativas a la telefonía celular, como las redes de comunicaciones personales (PCN⁴⁹) y los sistemas inalámbricos por satélites.

Las PCN difieren del sistema celular en que operan en una banda de frecuencias más alta (1.8 GHz), mientras que el celular transmite en el rango de 800 MHz. El rango de las PCN es más corto (un kilómetro), lo que significa que las frecuencias de radio pueden ser reutilizadas más veces y por tanto pueden entrar más clientes a las redes.⁵⁰ Los aparatos receptores para estos sistemas serán más pequeños; por eso se les llama teléfono de bolsillo y podrán servir como artefactos inalámbricos en interiores y móviles en exteriores. Los dos sistemas usan transmisiones por radio, torres transmisoras y aparatos receptores pequeños.

En Estados Unidos los servicios de comunicaciones personales (PCS) podrían utilizar transmisores en microcélulas y proporcionar más de veinte veces la capacidad de un aparato celular convencional. Se espera igualmente que las tarifas por este servicio sean más bajas y que compitan con el servicio que prestan las compañías telefónicas locales.⁵¹ Este servicio⁵² ha sido catalogado como la red de teléfonos móviles para las

Telecommunications Industry con potencial para transportar seis veces más llamadas que el sistema análogo; CDMA (code division multiple acces), que tiene potencial para llevar 20 veces más llamadas que el sistema análogo; lo apoyan las compañías Ninex Corporation y Ameritech; E-DTMA (extended TDMA), que permite acomodar tantas llamadas como en la tecnología CDMA, pero que es compatible con TDMA; y NAMPS (narrow advanced mobile phone service), que mejora el sistema análogo; fue diseñado por Motorola y podría triplicar el número de llamadas potenciales y retrasar la necesidad del mecanismo digital. *Businessweek*, 28 de enero de 1991, p. 47.

⁴⁹ En Estados Unidos se les denomina Personal Communications Services (PCS), en Europa, Personal Communications Networks (PCN) y en Japón System of Personal Handy Phones (PHS).

⁵⁰ *Excélsior*, 5 de noviembre de 1990.

⁵¹ *Businessweek*, 5 de abril de 1993, p. 56.

⁵² *Businessweek*, 5 de diciembre de 1994, p. 104.

masas, y probablemente entre en operación en 1997 o 1998. Fue concebido más barato y popular que el celular. El costo promedio mensual del servicio por suscriptor será de 20 a 30 dólares, mientras que el servicio celular cuesta entre 50 y 60 dólares. Se ha proyectado que para el año 2000 podrá haber 6.2 millones de suscriptores de pcs, contra 70 millones para el celular. Los costos iniciales por obtención de la licencia serán de entre 10 y 15 mil millones de dólares, mientras la que se transmitió para el celular no costó nada. Se calcula que los costos de construcción de las redes (que podrían ser desde 21 millones para las zonas más pequeñas, hasta 420 millones para otras como Nueva York) serán casi la mitad de lo que fueron los de las redes celulares. Podrá haber de 3 a 6 operadores en cada ciudad una vez que inicie el servicio (para telefonía celular se permitieron sólo dos).⁵³

LAS FIBRAS ÓPTICAS

En la búsqueda por encontrar materiales conductores capaces de soportar transmisiones de altas frecuencias, resistentes a temperaturas variables y condiciones ambientales, desde mediados de siglo los ingenieros y tecnólogos empezaron a desarrollar nuevas tecnologías de transmisión. Los cables de hierro que llevaban mensajes telegráficos no pueden soportar las frecuencias necesarias para transmitir las llamadas telefónicas a largas distancias sin pasar por severas distorsiones. Por ello, las compañías telefónicas optaron por los pares de cables de cobre. Aunque estos cables funcionaron y continúan

⁵³ Con el objetivo de que el mercado no se concentre en unos cuantos consorcios, como sucede con los servicios celulares, el Congreso ordenó a la Comisión Federal de Comunicaciones dar trato especial a grupos minoritarios (mujeres, compañías rurales, grupos de discapacitados) denominados *Designated Entities*. De un total de 2 074 licencias, casi la mitad, 986, serán asignadas a dichos grupos que podrán obtener un descuento del 25 por ciento mediante certificados de impuestos que difieren las ganancias, un plan de pago a 10 años y tasas de interés bajas. Las grandes compañías pueden tener 75 por ciento del capital y operar los sistemas de PCS, pero no pueden tener el control a través del voto en una *Designated Entity*. *Businessweek*, 10 de octubre de 1994.

funcionando bien en algunas redes, para los años cincuenta las centrales telefónicas de las rutas más ocupadas ya estaban muy saturadas, por lo que necesitaron mayor ancho de banda que el que los pares de cables de cobre regulares podían aguantar. Por ello, las compañías telefónicas empezaron a usar cables coaxiales.

En los sesenta, con el surgimiento de la industria de televisión por cable (un fuerte consumidor de ancho de banda), además de los cada vez mayores requerimientos de capacidad de conducción de las empresas telefónicas, el consumo de ancho de banda aumentó considerablemente. Se recurrió al cable coaxial y a la tecnología digital que solventaron el requisito de mayor eficiencia en el uso del ancho de banda. Sin embargo, simultáneamente se empezaron a buscar otros conductores que emplearan alguna forma de comunicación óptica, esto es, luz en vez de microondas.⁵⁴

Los primeros estudios sobre las fibras ópticas para aplicaciones de transmisión se llevaron a cabo a mediados de los sesenta. En el laboratorio de la Standard Telecommunications de IRT en Inglaterra, C.K. Kao y G.A. Hockham postularon que las ondas de luz se podían guiar por vidrio, esto es, fibra óptica, donde la luz que entra por el extremo de un hilo se refleja repetidamente en las paredes de la fibra con un ángulo crítico bajo y sale por el otro extremo con el mismo ángulo, igual que si pasara por una tubería. En 1970 los científicos de Corning Glass Works en Nueva York convirtieron la idea en realidad. Los ensayos de campo empezaron en 1975 y en 1978 se habían instalado mil kilómetros de fibra óptica por el mundo.⁵⁵

Las fibras ópticas son guías de luz cuyo grosor equivale al de un cabello humano; poseen capacidad de transmisión a grandes distancias con poca pérdida de intensidad en la señal

⁵⁴ La luz y las microondas son formas de radiación electromagnética; difieren solamente por su frecuencia, o sea, por la capacidad de transportar información. Un cable óptico con múltiples hilos de fibra óptica puede transportar miles de señales de televisión, mientras que la norma en los cables coaxiales es de menos de cien canales.

⁵⁵ Carl Q. Chrstol, «Búsqueda de una estructura estable regulatoria», en D.A. Demac, *Trazado de nuevas órbitas...*, op. cit., pp. 19-20.

y transportan señales impresas en un haz de luz dirigida, en vez de utilizar señales eléctricas por cables metálicos. Su capacidad multiplica la del cable de cobre, pues para una llamada telefónica se necesitan dos cables de cobre, pero un par de fibras ópticas puede realizar casi 2 mil llamadas simultáneamente. Su alta capacidad de conducción no se pierde por curvas o torsiones, por lo que se utiliza para tender desde redes interurbanas hasta transocéanicas. Mientras que las redes de cobre toleran un máximo de 10 mil circuitos por cable, las de fibra óptica pueden tolerar hasta 100 mil. Los costos para obtener el cobre son infinitamente mayores que los de la obtención de la fibra óptica, cuya materia prima, el silicio, es muy abundante: se obtiene de la arena y su peso es de apenas 30 gramos por kilómetro.⁵⁶

Respecto de las comunicaciones por satélite, la fibra óptica también ofrece algunas ventajas. Una conversación por cable entre Europa y América del Norte tiene un retraso aproximado de 65 milésimas de segundo, imperceptible para los hablantes; pero si esa conversación se realiza por satélite, el retraso se multiplica por 10 y se convierte en más de medio segundo. Este retardo es visible cuando se realiza una entrevista de televisión por satélite.

Canadá fue uno de los países pioneros en la instalación de redes de fibra óptica. En 1966, Bell Northern Research instaló un sistema de comunicaciones ópticas totalmente operativas en el Ministerio de la Defensa Nacional. También en 1981 se tendió una red rural, conocida como Proyecto Elie, en dos comunidades de la provincia de Manitoba, donde no había ningún servicio de telecomunicación; y con la fibra óptica se llevaron a 150 hogares servicios telefónicos, televisión por cable, radio en FM y videotexto.⁵⁷ En 1983, en Estados Unidos AT&T terminó el primer circuito de fibra óptica de larga distancia entre Washington y Boston. En ese mismo año se instalaron quince rutas de larga distancia en Inglaterra, Escocia y Gales.⁵⁸ Para 1980 había

⁵⁶ Manuel Rodríguez Jiménez, *Nuevas tecnologías...*, op. cit., p. 51.

⁵⁷ *Canada External Affairs*, op. cit., p. 9.

⁵⁸ Paul K. Dizard Jr., *La era de la...*, op. cit., p. 51.

instalados 6 mil kilómetros de fibra óptica en el mundo, que aumentaron aproximadamente a 160 mil hacia 1989.

Inicialmente, las fibras ópticas se usaron solamente para conectar centrales telefónicas en áreas de mucho tráfico de las grandes ciudades. A medida que la tecnología de las comunicaciones avanzó, las fibras empezaron a penetrar en las redes de larga distancia. Ya se tienden en áreas locales entre las centrales telefónicas y el equipo de los clientes. Muchos nuevos edificios comerciales son cableados con fibra óptica para apuntalar las redes telefónicas y las redes de cómputo de alta velocidad. Se encuentran ya también en las centrales telefónicas y en los tableros de circuitos de conexión. La idea es que lleguen a todas las casas de los clientes del servicio telefónico y provean sobre la misma red de fibra óptica los servicios de voz y video. Sin embargo, la explotación real de las fibras ópticas para transmisiones electrónicas y ópticas completas, que llevarán a mayores incrementos en las capacidades de las redes, está todavía en camino.⁵⁹ En un futuro cercano deberán desarrollarse mejores fuentes de luz y detectores de fibra de vidrio especial, que incrementarán las capacidades de transmisión en un factor arriba de mil. Los *chips* ópticos darán mayor velocidad a las computadoras y al equipo de comunicación.

La evolución de las redes de telecomunicación al ideal de redes completamente ópticas (con líneas de conexiones ultrarrápidas y dispositivos de almacenamiento también ópticos), se vislumbra compleja. Asimismo, la homologación de los soportes tecnológicos para el establecimiento de las autopistas de información o redes integradas ya no depende tanto de la capacidad de desarrollo tecnológico como de factores económicos, políticos y regulatorios de organización y funcionamiento de las empresas de telecomunicaciones, que analizaremos en los siguientes capítulos.

⁵⁹ Lawrence Gasman, *Telecompetitton. The Free Market Road to the Informatton Highway*, Washington, D.C., Cato Institute, 1994, p. 14.