

## HISTORIA DEL TELEPROCESO

### La electricidad y el magnetismo, bases para la transmisión de mensajes

La evolución de las redes de telecomunicación ha dependido del desarrollo de materiales conductores, la explotación del espectro radioeléctrico y el diseño de artefactos para generar y recibir radiaciones. Por ello, las telecomunicaciones son fruto de los cambios de la física desde antes de la primera revolución industrial, aunque su desarrollo se hace presente desde el siglo XIX. Los aportes científicos y tecnológicos de la electrónica, microelectrónica, ciencia de materiales y el espacio, óptica, cibernética, entre otros, ya en el siglo XX incidieron directamente en el perfeccionamiento de las primeras redes y la diversificación de servicios.

Los estudios sobre electricidad y magnetismo se iniciaron a mediados del siglo XVII, considerándose como dos fenómenos distintos y separados. Las investigaciones sobre el magnetismo no se realizaban con el mismo interés que la primera, aunque desde antes de la Era Cristiana, los chinos utilizaban piedras–imanes como brújulas. Entre los estudios sobre magnetismo, sobresalen desde principios del siglo XVII, el del inglés William Gilbert que en 1600 publicó el libro *De Magnete* donde consideraba a la tierra como un gran imán girando en el espacio y establecía una base racional para comprender el movimiento de la aguja de una brújula y su atracción hacia los polos norte y sur de la tierra. Para Inglaterra, esto significó, en momentos en que poseía la marina más poderosa del mundo, un pilar estratégico para la navegación comercial y la conquista de territorios. Curiosamente, por esa misma fecha, Gilbert fue nombrado médico de la Reina. Para 1675, el físico irlandés Robert Boyle (1627–1691) construyó una bomba de vacío lo suficientemente eficiente para probar que el magnetismo funcionaba bien tanto en el vacío como en la atmósfera.

En este mismo siglo, los experimentos para generar, almacenar y conducir electricidad fueron constantes. El físico alemán Otto Von Guericke (1602–1682) generó electricidad en laboratorio cuando construyó en 1665 el globo rotatorio o esfera que producía chispas por fricción. La máquina de Guericke consistía en una gran esfera de cristal que contenía sulfuro, se montaba sobre un eje con manivela y al hacerla girar a gran velocidad tocaba una tela de tal forma que soltaban chispas entre dos bornes separados que hacían contacto con la esfera por medio de unas escobillas.

En 1729, el inglés Stephen Gray (1666–1736) descubrió la manera de transmitir electricidad por frotamiento de varillas de vidrio. Posteriormente, en 1745, el prusiano Ewald Ch. Von Kleist (1715–1759) realizó experimentos para acumular electricidad; en una botella de cristal medio llena de agua y sellada con un corcho, introdujo un clavo hasta hacerlo tocar el agua, luego aproximó la cabeza del clavo a una máquina de fricción para comunicarle carga; al poner en contacto la cabeza del clavo a un cuerpo no electrificado para ver si había capturado electricidad, saltó una potente chispa que estremeció su brazo. Había descubierto que la energía se puede almacenar.

Años después, en 1753, el estadista y politólogo norteamericano Benjamin Franklin (1706–1790) hizo descender una corriente eléctrica de una nube tormentosa, sometió a prueba el pararrayos e ideó la manera de conservar la carga eléctrica.

El francés Charles Coulomb (1736–1806), encontró en 1785 la forma de medir la electricidad y el magnetismo. Finalmente en 1795 el físico italiano Alessandro Volta (1745–1827) consiguió producir y almacenar electricidad. Volta creyó que la electricidad procedía de los metales, por lo que construyó una pila voltaica o batería de pares de discos, uno de zinc y otro de plata, separando cada par por una piel o un disco de papel. Estos discos absorbentes que separaban los metales fueron empapados con una solución (agua salada o vinagre). Este descubrimiento aclaró que, en efecto, para almacenar energía se necesitaban dos tipos de metal y productos químicos para producir chispas, tal como lo venía sosteniendo el italiano Luigi Galvani (1737–1798), quien al realizar la disección de una rana cerca de una máquina generadora observó que se había

producido una chispa entre la rana y la máquina, lo que le hizo pensar que había descubierto una fuente de electricidad en los animales.

### **Las bases para la invención del telégrafo**

El descubrimiento de la electricidad abrió múltiples caminos para obtener inventos más avanzados como el telégrafo, los cuales fueron transitados gracias a la perseverancia de grandes hombres de ciencia. Entre los experimentos más importantes que condujeron a su invención, se encuentran el del físico danés Hans Ch. Oersted (1777–1851), quien descubrió la relación entre la electricidad y el magnetismo, cuando todavía se creía que eran dos fenómenos distintos. Estableció por primera vez que la corriente eléctrica no circula sola por un alambre sino que va acompañada de un invisible campo de fuerzas magnéticas. En 1819 cuando impartía una conferencia en la Universidad de Copenhague, produjo una oscilación de la aguja al colocar un hilo conductor de corriente eléctrica junto a una sencilla brújula marina. Esto ni siquiera llamó la atención del auditorio; después en su laboratorio, repitió más experimentos obteniendo el mismo resultado. Este fue el punto de partida para que, en 1831, el inglés Michael Faraday (1791–1867) estableciera la inducción electromagnética y demostrara que el movimiento de un imán (inventado por Sturgeon en 1823 y perfeccionado por Joseph Henry (1797–1878) en 1831) podía inducir el flujo de corriente eléctrica en un conductor próximo a dicho imán.

De esta forma, la producción de electricidad artificial y su conducción apoyada en los principios del magnetismo, establecieron las bases para la transmisión de mensajes a través de señales eléctricas.

### **La telegrafía**

A lo largo de la historia el hombre ha utilizado banderolas, columnas de humo, reflejos ópticos y otros medios para la comunicación marítima y terrestre. Antes de que se usara la electricidad llegaron a construirse extensas redes no eléctricas. Una de ellas fue la que unía a París y Lille en Francia, con 5 mil kilómetros de recorrido y 534 estaciones. Era una red telegráfica basada en principios de la óptica, consistente en una serie de mástiles elevados, provistos en su extremo superior de brazos de madera movibles, y cuyas posiciones, visibles desde los mástiles vecinos, podían combinarse formando ángulos variados entre sí para representar todas las letras del alfabeto.

Los descubrimientos sobre la electricidad fueron el acicate para perfeccionar redes como ésta que había proliferado en ciudades de Inglaterra, Alemania, Italia y Estados Unidos.

Las primeras referencias sobre la posibilidad de transmitir mensajes por medio de la corriente eléctrica alámbrica se encuentran en una detallada carta firmada sólo con las iniciales C.M., aparecida en 1753 en uno de los números de la *Scots Magazine* de Scotland, Inglaterra. En ella se proponía el empleo de 26 cables separados, cada uno de los cuales correspondería a una letra del alfabeto, con lo que se podrían transmitir mensajes letra a letra.

Experimentos similares con uso de cables se emprendieron en distintas partes del mundo. En 1754 Georges L. Lesage (1724–1803) puso a prueba en Ginebra un sistema compuesto de 24 hilos aislados, donde cada hilo representaba una letra del alfabeto y terminaba en la estación receptora, logrando enviar mensajes, aunque con enormes dificultades. En 1795 el médico barcelonés Francisco Salvá teorizó sobre una línea telegráfica de un solo hilo que podría ser aislado y tendido a través del océano donde el agua podría actuar como hilo conductor de retorno. El mismo Salvá ideó un telégrafo eléctrico con hilos conductores y logró transmitir despachos mediante descargas de un condensador. En 1828 el estadounidense Harrison G. Dyar construyó y operó una línea telegráfica por donde transmitió a trece kilómetros de distancia los resultados de una carrera de caballos en Long Island, con un único hilo. También se reconoce a los alemanes Carl Gauss (1777–1855) y Wilhelm Weber (1804–1891) como los creadores, en 1833, del primer sistema telegráfico electromagnético viable. Utilizando un imán, bobina y un manipulador se estuvieron enviando por años mensajes codificados a través

de un circuito de dos hilos desde sus laboratorios ubicados en diferentes lugares en la ciudad de Gottingen, a una distancia de milla y media.

En Inglaterra William F. Cooke (1806–1879) y Charles Wheatstone (1802–1875) desarrollaron un sistema telegráfico que se componía por un tablero con cinco llaves, una para cada una de las cinco agujas del telégrafo. Cada llave podía atraer corriente a un circuito y de ese modo provocar que la aguja correspondiente girara y pusiera una letra del alfabeto. Cooke y Wheatstone formaron una asociación legal y en junio de 1837 recibieron una patente para su telégrafo, que se convertiría en el más grande medio de comunicación de larga distancia de Inglaterra, muchos años antes de que Morse lo hiciera en Estados Unidos.

En el mismo año de 1837 el físico y artista norteamericano Samuel Morse (1791–1872) inventó un telégrafo eléctrico y un código de signos o alfabeto convencional en el que las letras están representadas por combinaciones de rayas y puntos y que por emisiones alternadas de una corriente eléctrica se grababan en el extremo opuesto de un conductor metálico. Con ello, el envío de mensajes se hizo sistemático, fluido y al alcance del público.

Gracias a una asignación de 30 mil dólares hecha por el Congreso de su país, Morse estableció en 1844 la primera línea telegráfica experimental de 60 kilómetros entre Washington, D.C. y Baltimore, Maryland, en Estados Unidos a través de esa línea se envió el famoso texto del telegrama alusivo a la grandiosidad del invento, que decía "Qué maravilla ha creado Dios"

Las redes telegráficas experimentaron un rápido crecimiento, incluso mayor que el del ferrocarril. En Estados Unidos por ejemplo, para 1853 se habían tendido poco más de 37 mil kilómetros de líneas telegráficas; en 1860 eran casi 81 mil y al año siguiente ya comunicaban al país de costa a costa con una red que enlazaba a Nueva York con San Francisco.

El sistema original de telegrafía manual, requería que la persona que realizaba la transmisión conociera el *Código Morse*, leyera el mensaje a enviar y accionara el manipulador telegráfico para convertir cada letra en un grupo codificado de pulsaciones largas y cortas. El operador–receptor debía escuchar los grupos de códigos para traducirlas a letras y descifrar el mensaje.

La generalización del telégrafo como medio idóneo para las comunicaciones a grandes distancias provocó que ya no sólo por motivos personales se continuaran haciendo investigaciones y experimentos, sino porque este se había convertido en un próspero negocio explotado por inventores y empresas comerciales.

Por ello, el telégrafo Morse permanentemente experimentaba varios perfeccionamientos. Primero se emplearon sistemas para transmisión simultánea de dos telegramas por un mismo hilo (equivalentes a 20–25 palabras por minuto).

Entre 1924–1928, con la introducción del teletipo o teleimpresor, la telegrafía manual empezó a reemplazarse por la de impresión (que operaba 500 palabras por minuto), haciéndola más eficiente, barata y de fácil manejo. En el teleimpresor las combinaciones de impulsos eléctricos, líneas y puntos, se traducían automáticamente a la llegada en letras alfabéticas que eran impresas en papel. Este se compone de una pareja de máquinas de escribir colocadas a distancia: cuando se escribe un mensaje en una de las máquinas, su par lo recibe escribiéndolo en hojas de papel, y viceversa. Es el equivalente a mecanografiar a distancia mediante interruptores de circuitos.

El teleimpresor se constituiría en uno de los implementos clave para la modernización de la telegrafía, que en la actualidad trabaja con una velocidad de cinco mil a seis mil palabras por segundo, contra 75 palabras por minuto del de 1930. El teleimpresor ha sido prácticamente suplantado por el fax, que funciona a través de líneas telefónicas, pero que a su vez está siendo reemplazado por enlaces de computadoras. Equivale también al correo electrónico actual, que funciona vía líneas telefónicas enlazando equipos de computación. Con la

introducción de las redes telex (*teletypewriter exchange*), el sistema telegráfico alcanzó una eficiencia sin precedentes, se hizo accesible a las empresas y oficinas públicas, quienes ya no tuvieron que acudir a las oficinas telegráficas para enviar sus numerosos mensajes escritos.

Adicionalmente se han introducido sistemas de telegrafía avanzados como la telegrafía múltiple, que es la transmisión simultánea de varias comunicaciones a través de un mismo hilo, o la telegrafía armónica que consiste en la realización de conversaciones telefónicas por un hilo con una banda de frecuencias comprendidas entre 300 y 3,400 Hz o períodos por segundo, mientras que la transmisión de un mensaje telegráfico por el mismo hilo, sólo requiere una banda de 25 Hz.

### **El descubrimiento de las ondas electromagnéticas, sustento para la transmisión inalámbrica**

El descubrimiento que revolucionó la comunicación telegráfica y telefónica fue la aplicación de la radioelectricidad a estos dos tipos de telecomunicación a finales del siglo XIX, mismo que permitió la transmisión telegráfica inalámbrica, facilitó la comunicación entre largas distancias y ahorró la construcción de extensas redes de hierro galvanizado o cobre. Hasta el siglo referido, prevalecía aún la idea newtoniana de la luz como emisión de partículas de un foco emisor; cuando se superó ese paradigma de la física, aparecieron descubrimientos sucesivos que sentaron las bases para la telegrafía y la telefonía sin hilos.

El físico británico James C. Maxwell (1831–1879) formuló la teoría electromagnética de la luz señalando su carácter ondulatorio, es decir su transmisión a través de ondas invisibles para el ojo humano. Estableció que los campos eléctrico y magnético, actuando juntos, producían un nuevo tipo de energía llamada radiación. En 1873 publicó el *Tratado sobre electricidad y magnetismo*, que se reconoce ahora como el origen de la actual teoría electromagnética. Posteriormente, el alemán Heinrich R. Hertz (1857–1894), entre 1885–1889, comprobó por la vía experimental la existencia de las ondas electromagnéticas. Con el descubrimiento de estas ondas que viajan en el espacio, se ideó la forma de producirlas y recibirlas a través de aparatos que aprovecharan los fenómenos eléctricos que la física había descubierto.

Diez años antes de que Hertz comprobara la existencia de las ondas electromagnéticas, el italiano Guillermo Marconi (1874–1937) consiguió el 2 de junio de 1891 una patente para la telegrafía sin hilos. Marconi se había concentrado en la idea de utilizar dichas ondas para transmitir señales a través del espacio. Construyó un aparato con el objeto de conectar al transmisor y receptor con una antena y a la tierra. En junio de 1896 transmitió el primer mensaje radiotelegráfico hallándose el receptor a 250 metros del emisor y separados por muros. Para 1897 logró comunicaciones más lejanas cuando transmitió un telegrama a una distancia de nueve millas entre las ciudades de Lavernock y Bream Down, en Italia. Con ello, las ondas hertzianas posibilitaron la comunicación inalámbrica entre los hombres.

Lo que posibilitó la introducción de radiotelefonía en los hogares fue la transición, dentro del campo de las ondas electromagnéticas, del telégrafo al teléfono. El primer paso para lograr que la radiotelegrafía se convirtiera en radiotelefonía fue el invento de la válvula, el bulbo y el micrófono. El micrófono se necesitaba para poner los sonidos "en el aire", y el bulbo para ponerlos y sacarlos. El micrófono modula las ondas radiotelefónicas enviadas, mientras que el tubo rectifica y aumenta la débil corriente radiotelefónica recibida, hasta lograr reproducir los sonidos en un auricular o un altoparlante. Los científicos que contribuyeron a hacer realidad este medio de telecomunicación, quizá nunca pensaron que sus descubrimientos serían la base para el despegue y desarrollo posterior de grandes industrias lucrativas como la telefonía sin hilos, la navegación marítima, la transportación aérea, la comunicación por satélite y la conquista espacial. Asimismo, con la radiocomunicación, la telegrafía sin hilos se convirtió en el medio por excelencia para las comunicaciones internacionales y prácticamente confinó a las redes de cable a uso local.

### **La telefonía**

La telefonía es el medio de telecomunicación que más impacto ha tenido sobre la humanidad. Es un sistema

que se utiliza para la transmisión de la voz humana, sonidos o imágenes escritas y en movimiento a distancia, por acción de corrientes eléctricas u ondas electromagnéticas.

El invento del teléfono constituyó una carrera apasionante. A la par que se hacían experimentos para poner en práctica las transmisiones telegráficas y una vez que éstas se lograron, muchos científicos y aficionados a las comunicaciones intentaron enviar también la voz humana y no sólo puntos y líneas; el problema principal era transformar las ondas sonoras en señales eléctricas y viceversa.

Desde la década de 1820, el inglés Charles Wheatstone demostró que los sonidos musicales podrían retransmitirse a través de cables metálicos y de vidrio, pero nunca intentó conectar dos campos. En 1854 el empleado de la Oficina de Correos y Telégrafos de Francia, Charles Bourseul, expuso, al parecer por primera vez, en un extraordinario artículo publicado en las columnas de *L'Illustration de París*, los principios teóricos del teléfono electrónico y que a la fecha no han variado. Este artículo decía:

"Hablando delante de una membrana que establezca e interrumpa sucesivamente la corriente de una pila, y enviando a la línea la corriente suministrada por este transmisor, al ser recibida por un electroimán podría éste atraer y soltar una placa móvil. Es indudable que de esta suerte se llegará, en un porvenir más o menos próximo, a transmitir la palabra a distancia por medio de electricidad. Las sílabas –continúa– se reproducirán exactamente por la vibración de los medios interpuestos. Reproduciendo estas vibraciones se obtendrán también exactamente reproducidas las sílabas".

Como respuesta a sus ideas, Bourseul recibió la sugerencia de sus jefes de que se pusiera a hacer cosas más útiles. Poco tiempo pasó para que reconocieran su gravísima incredulidad.

Tres años más tarde, el italiano emigrado a Estados Unidos, Antonio Meucci (1808–1889), estudió su realización práctica y en 1857 fabricó el primer aparato telefónico, que por problemas prácticos no pudo registrar como patente. En 1861 el alemán Philipp Reiss (1834–1874) construyó un aparato que solo transmitía la altura del sonido y no la intensidad ni el timbre, por lo que no transmitía la voz humana, cuestión en la que se centrarían los norteamericanos Alexander G. Bell (1847–1922) y Elisha Gray (1835–1901) con gran éxito.

Bell y Gray llevaron a cabo en Estados Unidos, entre 1872 y 1876, intensos experimentos para lograr las comunicaciones de voz; intentaron enviar simultáneamente muchos mensajes telegráficos sobre el mismo cable. El primero se acercó a la solución del problema a través de la acústica y, el segundo, por medio de la electricidad. Asimismo, construyeron aparatos similares sólo que el de Gray no tenía transmisor y el de Bell sí. Aunque posteriormente Gray logró establecer los principios del transmisor, Bell había completado las especificaciones y las notarió en la ciudad de Boston el 20 de enero de 1876. Ambos solicitaron la patente el 14 de febrero de ese mismo año pero Bell lo hizo antes con un par de horas de diferencia. La primacía fue concedida a Bell el mes siguiente. Sin embargo, la controversia sobre si Bell conocía el principio de la resistencia variable desde hacia años (como él dijo) o si obtuvo la idea de los documentos de Gray, nunca será completamente resuelta y con ello tampoco el pleito judicial sobre una de las patentes más cotizadas de la historia.

Alentado por sus logros, Bell avanzó en el perfeccionamiento de la transmisión de voz, aumentando la densidad a la pila eléctrica con la que opera. Cuando se encontraba trabajando en su taller en marzo de 1876, al agregarle ácido sulfúrico a la pila, parte del líquido se le derramó sobre la pierna e inmediatamente solicitó ayuda a su socio Watson que se encontraba a 30 metros de distancia de él. Watson oyó claramente a través del teléfono las palabras de Bell, "Señor Watson venga aquí, lo necesito". Fue ahí, en su taller de Boston, donde empezaron a funcionar los primeros aparatos telefónicos eléctricos.

Uno de los aspectos más interesante de la invención del teléfono Bell, fue que a diferencia del telégrafo, no requirió un operador que enviara y otro que recibiera los mensajes, ni necesitó del conocimiento del código

Morse o la habilidad de escribir en teleimpresor. Simplemente requirió hablar y oír.

Los avances tecnológicos a partir del teléfono Bell no se hicieron esperar. En 1878 Tomas Alva Edison (1847–1931) lo perfeccionó adaptándole un micrófono de carbón que aumentó su potencia, y lo convirtió en el detonante para la expansión de las llamadas de larga distancia. En ese mismo año se instalaron centrales telefónicas para conectar entre sí a 1,350 aparatos que funcionaban en diferentes casas particulares en Estados Unidos. Desde los primeros días de funcionamiento el teléfono tuvo el problema de la pérdida de intensidad de la señal a medida que la distancia entre el transmisor y el receptor aumentaba. Ello llevó a plantear serias dudas sobre la posibilidad de la comunicación a largas distancias sobre circuitos telefónicos. La invención del tubo de vacío en 1906 por el estadounidense Lee DeForest (1873–1961) resolvió ese problema mediante la amplificación de la señal e hizo posible la colocación de repetidores a lo largo de las líneas de transmisión para amplificar las señales. El tubo de vacío llevaría de lleno a la era de las telecomunicaciones. Sus efectos se extendieron más allá de la telefonía, abarcaron a la radio, la televisión, la computación y llevaron al desarrollo de la electrónica como una de las más grandes industrias de mitad del siglo XX.

### **El cable coaxial**

Para los treinta, se creó el cable coaxial, formado por un conductor centrado y aislado dentro de otro cilíndrico que protege al primero y evita la pérdida de energía por radiación, a la vez que disminuye las perturbaciones provocadas por energías adyacentes o por otros circuitos. Un par de estos hilos forma una línea coaxial que cabe en una misma instalación, pues cada uno es apenas más grueso que un lápiz. Con ellos se empezaron a transmitir simultáneamente 1,860 conversaciones telefónicas y tenían capacidad adicional para hacer transmisiones para radio y televisión.

### **Definición de las telecomunicaciones**

En sentido amplio las telecomunicaciones comprenden los medios para transmitir, emitir o recibir, signos, señales, escritos, imágenes fijas o en movimiento, sonidos o datos de cualquier naturaleza, entre dos o más puntos geográficos a cualquier distancia a través de cables, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos. El concepto de telecomunicaciones es relativamente nuevo, pues hasta mediados de los sesenta fue incluido en los diccionarios. Al seno de la misma Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) se tuvieron que hacer grandes esfuerzos en los setenta y los ochenta para avanzar hacia una definición aceptable. Su significado ha evolucionado rápidamente por la convergencia de diferentes tecnologías que han posibilitado la interconexión de artefactos electrónicos y por la comunicación entre personas, no nada más en una, sino en varias direcciones.

El concepto se utiliza indistintamente como sinónimo de transmisión de datos, de radiodifusión, de comunicación de voz y también se le identifica con algunos componentes de la industria de entretenimiento.

### **Telecomunicaciones y radiodifusión**

Es común que a las telecomunicaciones se les confunda con la radiodifusión, quizá porque esta última nos es más familiar. La radiodifusión se refiere a estaciones de radio y televisión que envían señales a aparatos receptores para una audiencia masiva. Son señales electrónicas que viajan a través del aire y son difundidas a una amplia región. La estación de radio usa radioondas que no son transportadas por cable u otras facilidades, pues viajan directamente a los radioescuchas que sintonizan una estación. Tales estaciones son difusoras en el sentido tradicional.

Sin embargo, la radiodifusión ha pasado a tener mayor similitud, o a ser parte de los sistemas de telecomunicaciones, pues las transmisiones para radio y televisión se realizan también vía telefónica a través de sistemas de satélites que se identifican con las telecomunicaciones. Un sistema local de cable puede, por ejemplo, recoger la señal de la estación de radio y alimentar a sus suscriptores en uno de los canales de cable.

Así, se constata que el término radiodifusión (*broadcasting*) no es suficientemente amplio como para aplicarse a todas las tecnologías que ahora son parte del espectro de la comunicación electrónica. De ahí que el término telecomunicaciones se haya adoptado para incluir a sistemas de comunicación alámbricos e inalámbricos, en uno o más direcciones, donde queda incluido el término radiodifusión.

El concepto telecomunicaciones se ha enriquecido por la emergencia de medios interactivos como la misma telefonía, computación, televisión y televisión por cable, que paulatinamente vienen disminuyendo las diferencias tecnológicas existentes entre ellos. La televisión por cable, por ejemplo, permite a los espectadores hablar electrónicamente a su aparato de televisión, seleccionar información de un banco central de datos y solicitar servicios de video, compras caseras, programas educativos, etcétera. Es decir, un mismo medio posee las capacidades tecnológicas que anteriormente se daban separadas.

Las telecomunicaciones de la actualidad se conforman básicamente por tres grandes medios de transmisión: cables, radio y satélites. Las transmisiones por cable se refieren a la conducción de señales eléctricas a través de distintos tipos de líneas. Las más conocidas son las redes de cables metálicos (de cobre, coaxiales, hierro galvanizado, aluminio) y fibra óptica. Los cables metálicos se tienden en torres o postes formando líneas aéreas, o bien en conductos subterráneos y submarinos, donde se colocan también las fibras ópticas. Para las transmisiones por radio se utilizan señales eléctricas por aire o el espacio en bandas de frecuencia relativamente angostas. Las comunicaciones por satélites presuponen el uso de satélites artificiales estacionados en la órbita terrestre para proveer comunicaciones a puntos geográficos predeterminados.

1

7