

**Luis  
Felipe  
Rodríguez  
Jorge**

---

*TELE-*  
*COMUNICA-*  
*CIONES*

*Historia  
y conceptos  
básicos*

---



*El Colegio Nacional*

**OPÚSCULOS**  
EL COLEGIO NACIONAL

## Índice

TK5102.2 R63 2016

Rodríguez Jorge, Luis Felipe, 1924-

Telecomunicaciones : historia y conceptos básicos

/ Luis Felipe Rodríguez Jorge. — Primera edición.

— México: El Colegio Nacional, 2016. 51 páginas;

ilustraciones ; 11 x 17 centímetros. — (Opúsculos)

ISBN: 978-607-724-172-0

1. Telecomunicaciones — México — Historia. I.  
Título. II. Serie. III. El Colegio Nacional.

*Introducción* ..... 7

*Las ondas electromagnéticas* ..... 9

*Anatomía de una onda* ..... 17

*El espectro electromagnético* ..... 21

*Alámbrico versus inalámbrico* ..... 25

*La comercialización  
de las telecomunicaciones  
inalámbricas* ..... 31

*Radio AM y radio FM* ..... 37

*Televisión* ..... 45

*La asignación del espectro  
de radio* ..... 49

*Creditos iconográficos* ..... 53

Primera edición: 2016

D. R. © 2016. El Colegio Nacional

Luis González Obregón 23

Centro Histórico

06020, Ciudad de México

ISBN: 978-607-724-172-0

Impreso y hecho en México

*Printed and made in Mexico*

Correos electrónicos:

publicaciones@colnal.mx

editorial@colnal.mx

contacto@colnal.mx

[www.colnal.mx](http://www.colnal.mx)

## Introducción

Las telecomunicaciones (del prefijo griego *tele-*, que significa ‘distancia’ o ‘lejos’, o sea ‘comunicación a distancia’) consisten en las técnicas, aparatos y conocimientos que se utilizan para transmitir un mensaje desde un punto a otro. La página electrónica de la Comisión Federal de Telecomunicaciones las define más precisamente como “toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por cable, radioeléctrica, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos”.

Es en esta última definición que aparece la palabra clave en el concepto moderno de las telecomunicaciones: se hacen median-

te sistemas *electromagnéticos*. O sea que si mando un mensaje mediante una paloma mensajera o le grito a mi vecino desde mi casa, estos dos ejemplos ya no contaría modernamente como telecomunicaciones.

Curiosamente, las transmisiones mediante señales de humo o mediante espejos sí contaría como telecomunicaciones porque estaríamos usando la luz (que es un medio electromagnético) para transmitir la información. El número de actividades que cae dentro del rubro de las telecomunicaciones es cada vez más grande: tanto el teléfono común como el celular, las estaciones de radio y televisión, el internet, la radioastronomía, etc.

Entonces, un primer acercamiento serio a las telecomunicaciones implica un conocimiento de qué son los medios electromagnéticos o, más precisamente, qué son las ondas electromagnéticas (que son los *medios* a los que se refiere la definición de la Comisión Federal de Telecomunicaciones).

## Las ondas electromagnéticas

El ser humano de la antigüedad ya tenía conocimiento de dos fuerzas: la eléctrica y la magnética, que a través del tiempo le parecieron no tener relación clara. La fuerza eléctrica era conocida por los antiguos griegos, quienes sabían que si uno frotaba una barra de ámbar con un paño, la barra atraía objetos livianos, como, por ejemplo,

una pluma. Ahora sabemos que la materia normal está constituida de partículas cargadas negativamente (los electrones) y de partículas cargadas positivamente (los protones). Normalmente, las cosas están *neutras* (tienen tantos electrones como protones), pero al frotarlas pueden perder ese equilibrio y *cargarse*. Por ejemplo, cuando tallamos nuestro cabello seco con

un globo de plástico, el globo gana un exceso de electrones y queda cargado negativamente, mientras que el cabello los pierde y queda cargado positivamente. Finalmente, como las cargas eléctricas opuestas se atraen (y las iguales se repelen), encontramos que el globo atrae y nos para los pelos. Como estos efectos se observaron primero en el ámbar, la palabra *electrón* significa 'ámbar' en griego.

Por otro lado, estaba la fuerza magnética, la cual también era conocida por los antiguos griegos y se producía por minerales como la magnetita, que son imanes naturales y atraen ciertos metales. Cuenta la leyenda que el término *magnetismo* viene de que el fenómeno lo observó por primera vez un pastor griego de nombre Magnés, aunque otros piensan que el nombre viene de la ciudad de Magnesia, en lo que ahora es Turquía, donde se encuentra mucha magnetita.

La fuerza magnética parece, a primera vista, ser de naturaleza muy distinta a la eléctrica. Por ejemplo, la fuerza eléctri-

ca no atrae un metal como el fierro, mientras que la fuerza magnética sí lo hace. Pero con el paso del tiempo quedó claro que la electricidad y el magnetismo están en realidad profundamente relacionados. En 1820, el danés Hans Christian Oersted notó que la corriente eléctrica (algo eléctrico) en un cable afectaba un imán cercano (algo magnético). Poco después, el inglés Michael Faraday demostró que una fuerza magnética variable (como la producida al acercar y alejar un imán) producía una corriente eléctrica en un alambre cercano.

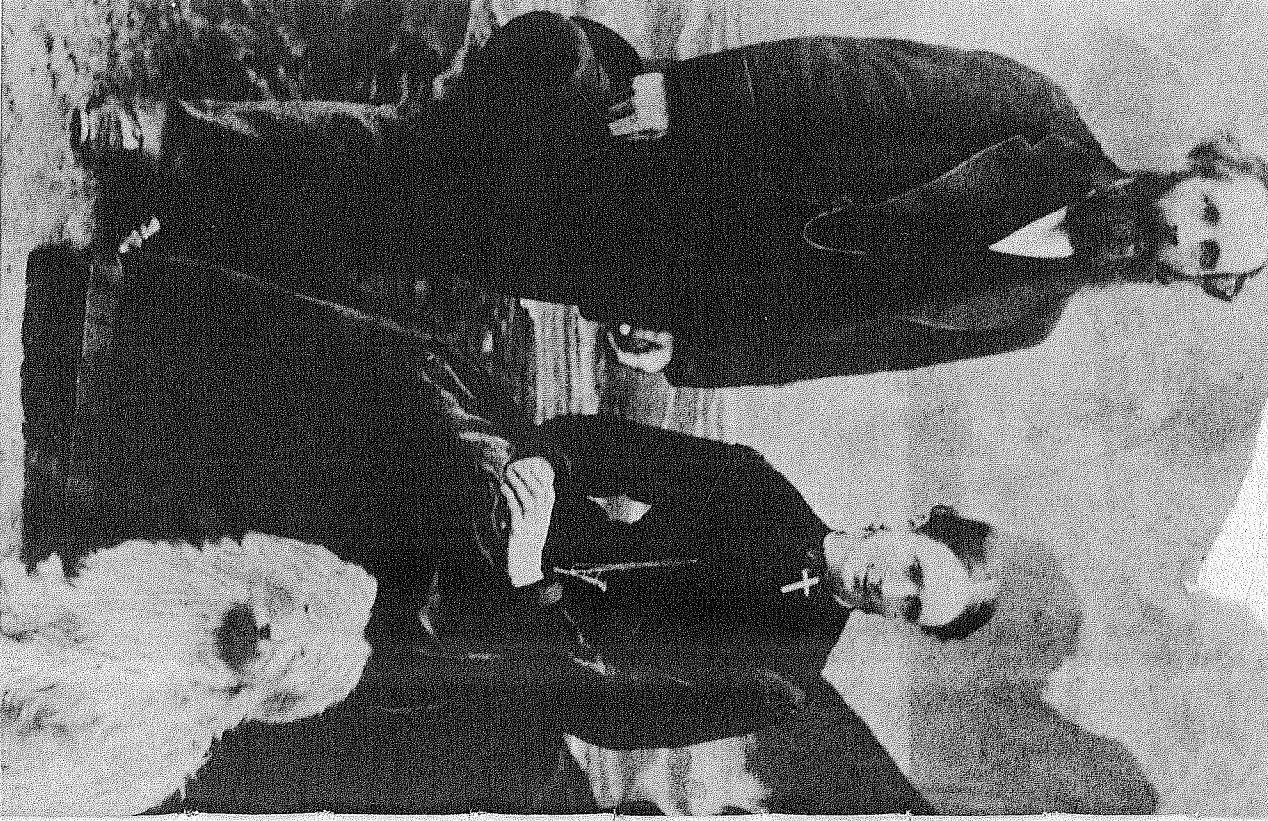
La unificación de estos conceptos sueltos ocurrió hasta 1864, cuando el físico escocés James Clerk Maxwell (figura 1) sintetizó todos los experimentos anteriores en la llamada teoría del electromagnetismo.

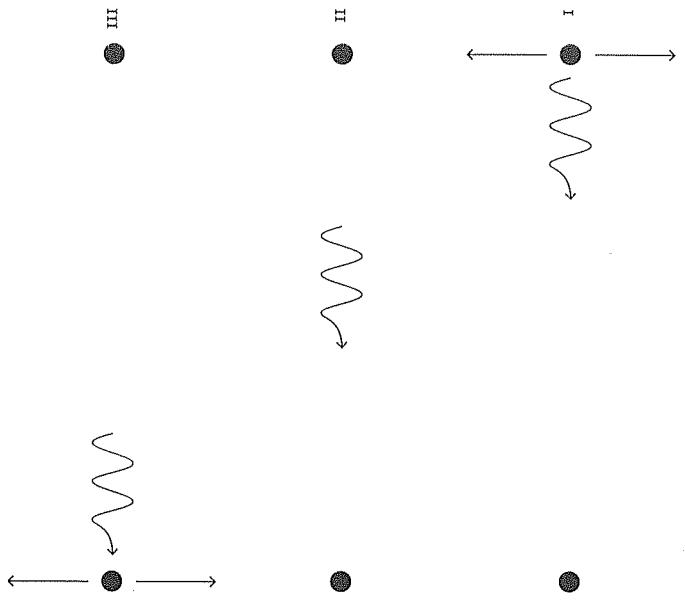
En términos sencillos, la teoría del electromagnetismo nos dice lo siguiente. La fuerza "primaria", por decirlo así, es la fuerza eléctrica que existe entre las partículas cargadas. Pero si existe movimiento entre estas partículas, aparece la fuerza magnética. Más aún, una fuerza eléctrica

variable en el tiempo (como la que se produciría si sacudimos un electrón) producirá una fuerza magnética también variable en el tiempo. Pero a su vez, esta fuerza magnética variable producirá una fuerza eléctrica variable y así sucesivamente, de modo que del electrón original se "desprenden" estas fuerzas que viajan por el espacio. A este algo que viaja por el espacio, se le conoce como una *onda electromagnética* (porque contiene fuerzas tanto eléctricas como magnéticas). En otras palabras, sacudiendo un electrón generaremos ondas electromagnéticas que viajan por el espacio. Estas ondas contienen fuerzas que, a distancia, pueden hacer que un electrón lejano se sacuda en respuesta a los movimientos del primer electrón (figura 2). Podemos entonces transmitir información por el espacio (de un electrón a otro) gracias a estas ondas electromagnéticas.

Obviamente, algo muy importante era determinar a qué velocidad se movían estas

Figura 1. James Clerk Maxwell, creador de la teoría del electromagnetismo.





**Figura 2.** I: Si sacudimos un electrón, éste transmite ondas electromagnéticas. II: Estas ondas viajan por el espacio a la velocidad de la luz (de hecho, la luz es una onda electromagnética). III: Al pasar cerca de un segundo electrón, las ondas lo sacuden y se produce la recepción. Ésta es una versión esquemática del proceso de transmisión y recepción de ondas electromagnéticas. En un sistema real, es un enorme número de electrones el involucrado.

nuevas ondas. La teoría de Maxwell (expresada a través de sus cuatro famosas leyes) permitía calcular cuál era esa velocidad. Cuando Maxwell encontró que esa velocidad era precisamente la de la luz (300 000 kilómetros por segundo), se dio cuenta de que las ondas electromagnéticas eran un fenómeno muy común: la luz misma era un ejemplo de ondas electromagnéticas. Esta gran velocidad es una de las ventajas de las ondas electromagnéticas: es la más grande que se puede alcanzar en la naturaleza, nada puede ir más rápido que la luz. En contraste, la velocidad del sonido es tan sólo de 0.34 kilómetros por segundo.

La predicción de Maxwell de que existían ondas electromagnéticas (además de la luz) la comprobó experimentalmente el físico alemán Heinrich Hertz, quien en 1888 construyó en Berlín equipos que le permitieron transmitir y detectar ondas de radio (otra de las variedades de las ondas electromagnéticas) de manera inalámbrica por primera vez. Hertz demostró que las ondas de radio se mueven a la

velocidad de la luz, y que era posible lograr que los campos eléctricos y magnéticos se desprendieran de los alambres y viajaran libremente por el espacio en forma de ondas electromagnéticas.

Uno de sus estudiantes le preguntó sobre el posible uso práctico de su descubrimiento. Hertz contestó:

No sirve para nada. Es sólo un experimento que prueba que Maxwell, el maestro, estaba en lo correcto. Simplemente tenemos estas misteriosas ondas electromagnéticas que no podemos ver con el ojo. Pero ahí están.

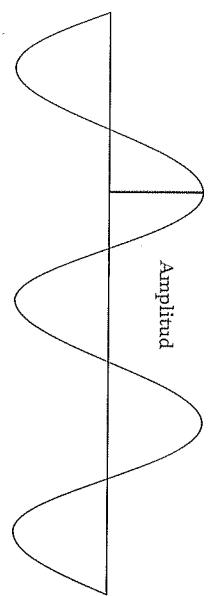
Hertz era un gran científico, pero obviamente no alcanzó a imaginar la gran utilidad y el valor comercial que tendrían las ondas de radio.

De un modo u otro, todos estamos familiarizados con las ondas. Una ola en el mar, el sonido, la "ola mexicana" que hace la gente en los estadios deportivos, son todos ejemplos de ondas.

Una onda está caracterizada por tres parámetros fundamentales (figura 3). La amplitud de la onda es qué tan alto llegan los picos de la onda. A mayor amplitud, mayor energía es transmitida. El segundo parámetro es la longitud de onda, que es la separación que existe entre dos picos consecutivos de una onda. Finalmente, tenemos la velocidad a la que se propaga la onda, que, como hemos dicho, en el caso de las ondas electromagnéticas es la velocidad de la luz. Estos dos últimos paráme-

## Anatomía de una onda

es mayor la frecuencia, de modo que ésta queda definida como



$$\text{frecuencia} = \frac{\text{velocidad de la luz}}{\text{longitud de onda}}$$

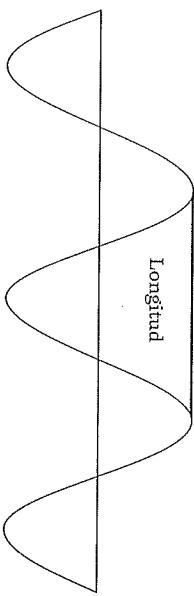


Figura 3. Parámetros que caracterizan una onda: amplitud y longitud.

La frecuencia se acostumbra dar en unidades de ciclos por segundo (también conocidos como hertz, en honor al físico que transmitió y detectó por primera vez ondas de radio y que mencionamos anteriormente).

La frecuencia se acostumbra dar en unidades de ciclos por segundo (también conocidos como hertz, en honor al físico que transmitió y detectó por primera vez ondas de radio y que mencionamos anteriormente).

## El espectro electromagnético

De acuerdo con su longitud de onda (o lo que es lo mismo, con su frecuencia, que está relacionada de manera biunívoca con la longitud de onda), las ondas electromagnéticas pueden caer en seis grandes ventanas (figura 4), que en orden de menor longitud de onda (o sea, mayor frecuencia) a mayor longitud de onda (o sea, menor frecuencia) son las bandas de los rayos gamma, los rayos X, la radiación ultravioleta, la luz visible, las ondas infrarrojas y las ondas de radio. Todas estas distintas formas de las ondas electromagnéticas obedecen las leyes de Maxwell y en el fondo son la misma cosa, aunque en detalle son distintas. Estas ventanas eran (con la excepción de la luz visible) prá-

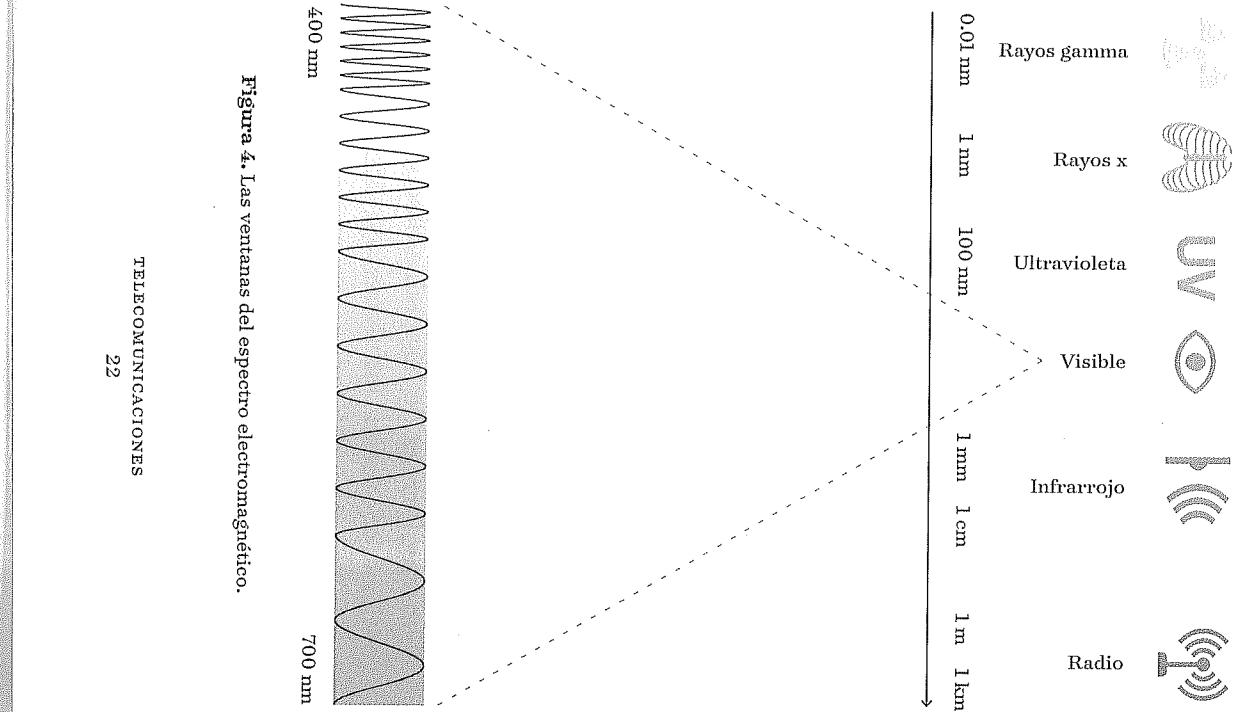


Figura 4. Las ventanas del espectro electromagnético.

ticamente desconocida para el público a principios del siglo XX, pero ahora ya forman parte de nuestra vida diaria, aun cuando sólo podemos "ver" con nuestros ojos la luz. Los rayos gamma y los rayos x son de gran utilidad en la medicina. La radiación ultravioleta es la que broncea nuestra piel al exponernos al sol. Las ondas infrarrojas son las que transmiten el calor de un objeto caliente. Finalmente, las ondas de radio son utilizadas profusamente en distintos aspectos de las telecomunicaciones.

Quizá el lector se preguntará: ¿por qué si todas estas ondas viajan a la velocidad de la luz, les hemos dado preferencia a las ondas de radio para las telecomunicaciones? Parte de la respuesta está en que la energía que hay que darles a las ondas para que existan es proporcional a su frecuencia, de modo que las ondas de radio son las de menos energía, las más bajas de producir. Más aún, las ondas de más alta frecuencia (rayos gamma, rayos x y radiación ultravioleta) son dañinas para la materia viva (tienen tanta energía

que no es de sorprender que sean cancerígenas).

que pueden romper partes de la célula o del material genético) y no va uno a estar transmitiendo ondas que son dañinas. La luz es una buena posibilidad, pero hay tanta luz natural (la producida por el Sol) que es difícil transmitir y recibir luz sin "interferencia" de la luz natural. Por otro lado, existen ya las fibras ópticas, que transmiten luz y radiación infrarroja de manera muy eficiente y que cada vez se usan más en las telecomunicaciones, aunque éstas no viajan por el espacio libre (inalámbricas), sino a través de la fibra, en lo que podemos llamar una comunicación *alámbrica*. Este término no es muy común, pero no pude encontrar una mejor manera de referirme a este tipo de comunicación.

Commentábamos que las ondas electromagnéticas pueden transmitirse por el espacio libre (de manera inalámbrica) o bien a través de un cable o una fibra óptica (de manera alámbrica). Obviamente, uno anticipa que va a haber más problemas de corte legal en la transmisión inalámbrica (porque en principio el espacio es de todos), que en la transmisión alámbrica (en la que una compañía o institución es propietaria del medio a través del cual se hace la transmisión).

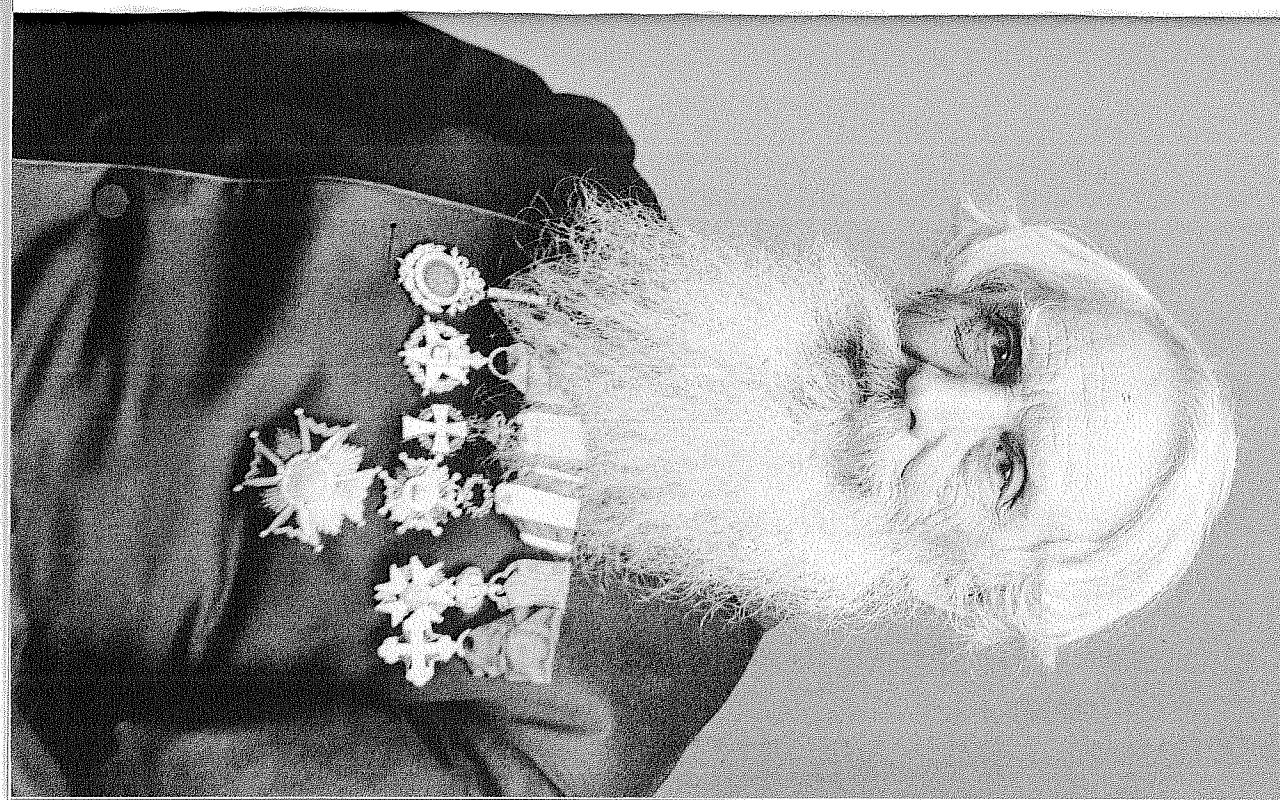
De hecho, históricamente se realizaron transmisiones alámbricas antes de que Hertz lograra la transmisión inalámbrica de las ondas electromagnéticas. Esto no es de sorprenderse, porque es más fácil lograr una transmisión alámbrica que una

## Alámbrico versus inalámbrico

inalámbrica. En 1849 Samuel Morse (figura 5) solicitó una patente para el telégrafo, que a través de cables metálicos permitía la transmisión de puntos y rayas que codificaban a las letras (el código Morse) y, así, la transmisión de palabras. Para los jóvenes este modo de telecomunicación es ya desconocido, pero la mayoría de los adultos en algún momento de su vida mandó telegramas, que tenían que ser muy breves y sucintos porque su costo aumentaba con la longitud del mensaje.

La patente del telégrafo por Morse fue quizás el primer ejemplo en el que las telecomunicaciones y la jurisprudencia se encontraron de manera importante. En Estados Unidos su patente no había sido reconocida hasta que en 1853 el caso llegó a la Suprema Corte de Justicia de ese país. Después de detalladas investigaciones, se reconoció que Morse había sido el primero en combinar los componentes eléctri-

Figura 5. Pioneros de la transmisión alámbrica: Samuel Morse, inventor del telégrafo.



cos en una configuración que permitía un telégrafo práctico.

A fines del siglo XIX, el mercado del telégrafo había crecido de manera importante y se le consideraba “el sistema nervioso del comercio”. En 1874 Alexander Graham Bell (figura 6), un científico e inventor nacido en Escocia, que luego se naturalizó como estadounidense, comenzó a preguntarse si no sería posible transmitir, usando los cables que se habían tendido por todo el mundo para la telegrafía, ya no sólo los fríos puntos y rayas del código Morse, sino la calida voz humana. Al año siguiente, en 1875, logró transmitir a través de los alambres entre dos cuartos de su laboratorio el famoso mensaje a su ayudante: “Señor Watson, venga acá, necesito verlo”. Al año siguiente patentó el invento y en 1877 un financiero bostoniano, Gardiner Greene Hubbard, fundó la conocida Compañía Telefónica Bell (Bell Telephone Company) en

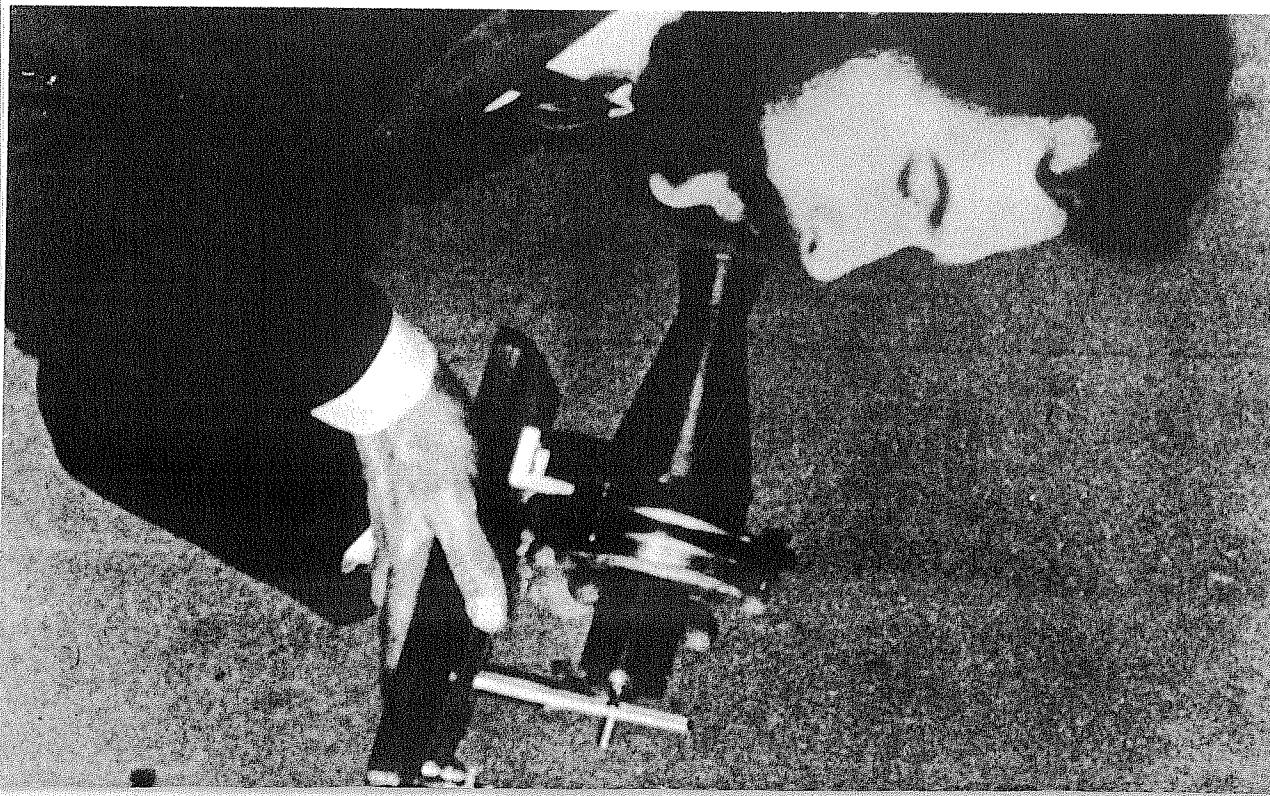


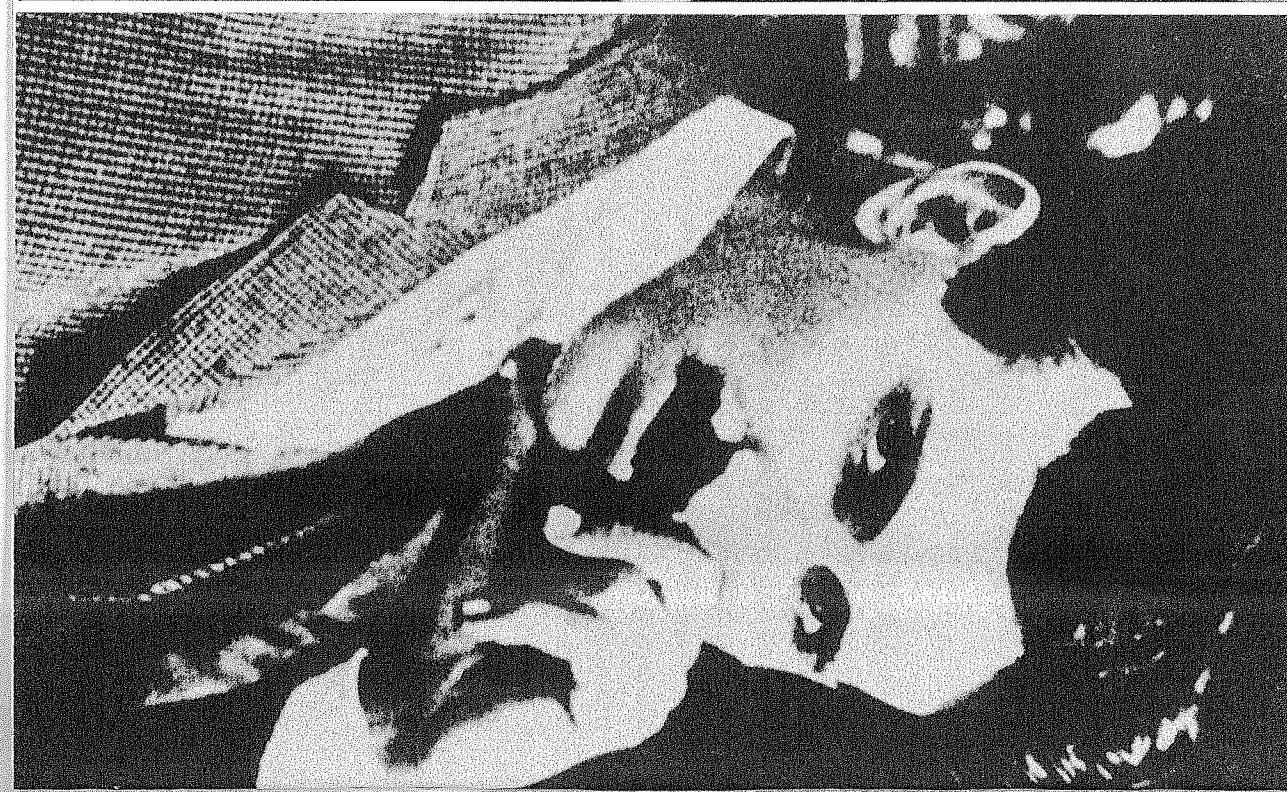
Figura 6. Pioneros de la transmisión *alámbrica*: Alexander Graham Bell, inventor del teléfono.

la que Graham Bell participaba de manera importante. Con el tiempo, la Compañía Telefónica Bell se vería envuelta en gran número de litigios legales sobre prioridades en la telefonía y finalmente Graham Bell renunció a ella para poder dedicarse en paz a su investigación.

## La comercialización de las telecomunicaciones inalámbricas

La telegrafía y la telefonía, como fueron originalmente implementadas, requerían de una conexión de cable metálico. Pero una vez que Hertz demostró que esta transmisión también podía hacerse por el espacio, inalámbricamente, varios inventores se abocaron a la construcción de un sistema práctico que permitiera la comercialización de las telecomunicaciones inalámbricas. De nuevo, esta historia, que supuestamente debería de estar dominada por aspectos científicos y técnicos, se vio matizada por muchos otros factores.

Al parecer, fue el enigmático inventor serbio-estadounidense Nikola Tesla (figura 7) quien desde 1893 comenzó a utilizar uno de sus descubrimientos, "la bobina



de Tesla”, para transmitir ondas electromagnéticas por el espacio a través de distancias cada vez mayores. Para 1897 ya había logrado transmisiones exitosas a lo largo de 50 kilómetros. Pero Tesla no se preocupó sino hasta 1900 por patentar estos descubrimientos y el crédito del descubrimiento de la radio fue para el italiano Guglielmo Marconi (figura 8), quien comenzó a experimentar en 1894 y para 1897 patentó un sistema de transmisión y recepción en Estados Unidos. Además, Marconi fundó una compañía en 1897, la Compañía de Telegrafía y Señales Inalámbricas (Wireless Telegraph & Signal Company) para comercializar sus inventos. En 1901 logró una transmisión inalámbrica a través del océano Atlántico, de Inglaterra a Canadá.

La fama de Marconi se fue a los cielos en 1912, en relación con el hundimiento del trasatlántico *Titanic*. Este buque lleva-

Figura 7. Pioneros de la transmisión inalámbrica de ondas de radio: Nikola Tesla.

ba un equipo de telegrafía inalámbrica de la compañía de Marconi y esto le permitió transmitir una señal de auxilio que posibilitó el rescate de los sobrevivientes del naufragio.

El debate sobre la prioridad de la transmisión inalámbrica no sólo involucra a Tesla y a Marconi, sino a otros inventores de la época que habían realizado experimentos relacionados. Al parecer, Tesla fue el primero en patentar dispositivos transmisores y receptores de ondas de radio que eran prácticos, en 1900. Pero en 1904, por razones comerciales, la Oficina de Patentes de Estados Unidos revertió su decisión original y le confirió a Marconi una patente para la invención de la radio. En 1943, la Suprema Corte de Justicia de Estados Unidos revirtió la decisión de la Oficina de Patentes y decidió que:

La reputación de Marconi como el primero en lograr exitosamente transmisiones de ra-

Figura 8. Pioneros de la transmisión inalámbrica de ondas de radio: Guglielmo Marconi.



dio se basa en su patente original (No. 11 913), y no cuestionamos esto acá. Esta reputación, sin embargo, no lo acredita para patentar cada mejora posterior en el campo de la radio. Los casos de paciente deben decidirse no por la reputación de los litigantes, sino por el estudio cuidadoso de las respectivas presentaciones y pruebas.

Esto regresó parte del crédito a Tesla (quien había muerto a principios de 1943 y no recibió esta satisfacción en vida). En realidad, la decisión de la Suprema Corte de Justicia estaba muy influenciada porque estaban en medio de la Segunda Guerra Mundial y Marconi era profascista (amigo personal de Mussolini) y con esto le restaban regalías a la compañía de Marconi.

La comercialización de la radio ocurrió rápidamente y para 1920 había varias estaciones que transmitían en distintos países del mundo música, noticias y, naturalmente, comerciales. En México la primera estación comercial (la XEH) comenzó a transmitir en 1921 en la Ciudad de México. Estas estaciones pioneras transmitían en la banda de radio AM (amplitud modulada) que en la actualidad tiene asignada la banda que va de 520 kHz a 1 710 kHz (un kHz es un kilohertz que equivale a mil ciclos por segundo). La famosa XEW, "La voz de la América Latina desde México" transmitiendo a 900 kHz, fue fundada por Emilio Azcárraga e instalada por el ingeniero José Ruiz de la Herrán Ipao en 1930.

## Radio AM y radio FM

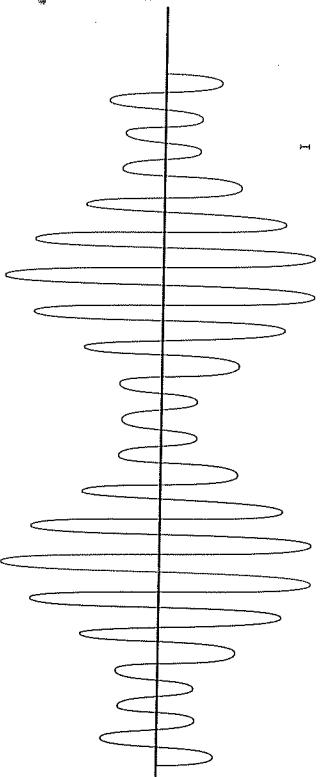


Figura 9. Para que la señal electromagnética lleve información es necesario modularla. Se modula o bien la amplitud (I) o bien la frecuencia (II) de la onda.

Para llevar música o palabras, la señal de radio transmitida tiene que ser *modulada*, esto es, debe de llevar superpuesta la información que se quiere transmitir. Originalmente, esta modulación se hacía cambiando la amplitud de la onda (figura 9). Esto tiene una desventaja: las fuentes de ruido natural (por ejemplo, los relámpagos), producen variaciones en la amplitud de la onda transmitida y generan ruido en la recepción (todos hemos experimentado cómo los relámpagos se “escuchan” en el radio AM).

En 1933 un inventor genial estadouni-

dense que se llamó Edwin H. Armstrong (figura 10) inventó una forma alternativa de modular las señales de radio que minimizaba el ruido de las fuentes naturales. En lugar de modular la amplitud, Armstrong propuso modular la frecuencia de la onda (de ahí el nombre de FM o frecuencia modulada). Este tipo de modulación se muestra en la figura 9. Como las fuentes de ruido natural no modifican la frecuencia, este tipo de transmisión es más “limpio”. Armstrong inventó ingeniosos circuitos que eran la delicia de los radioaficionados (y de las compañías constructoras de equipos de radio), entre ellos el circuito regenerativo y el circuito superheterodino (en mi niñez y juventud yo fui

aficionado a construir radios y recuerdo mi asombro al entender cómo funcionaba el circuito regenerativo). Trágicamente, Armstrong se vio involucrado (como parece ser la regla con los grandes inventores) en litigios legales sobre patentes, en este caso en contra de la poderosa RCA (Radio Corporation of America). Deprimido por esto y por la falta de aceptación que al principio tuvo la radio FM, el 31 de enero de 1954 escribió una carta de despedida para su esposa Marion y se vistió con su mejor traje, cubriéndose además con abrigo, bufanda, sombrero y guantes. Luego caminó a la ventana de su departamento en el piso 13 de un edificio en Nueva York y se suicidó arrojándose al vacío. Su esposa continuó los litigios y a fines de ese mismo año logró un acuerdo en el que recibió un millón de dólares de la RCA para que la compañía continuara usando los inventos de Armstrong.

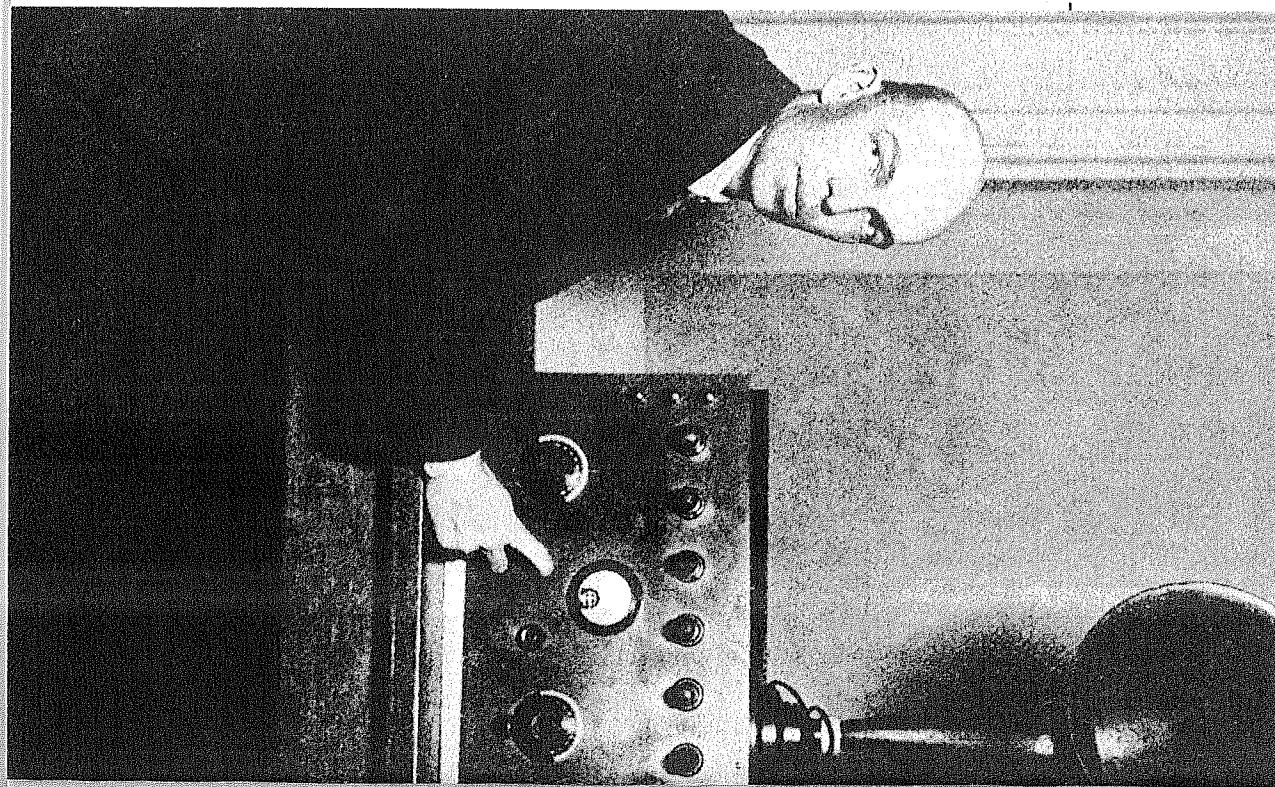


Figura 10. Edwin H. Armstrong, inventor de la frecuencia modulada (fm).

Le tomó tiempo a la radio FM ganar mercado por varias razones. Cuando se le ocurrió la idea a Armstrong (1933), los equipos transmisores de AM en el mundo estaban recién instalados y no se les había explotado comercialmente, por lo tanto nadie estaba dispuesto a reemplazarlos por un nuevo sistema. Ya no digamos el miedo que tenían los nuevos empresarios de la radio en pedirles a los oyentes que cambiaran su recién adquirido radio AM por un radio FM (estos equipos eran comparativamente caros en aquellas épocas). Para terminar de complicar las cosas, al poco tiempo inició la Segunda Guerra Mundial que hizo que los recursos se canalizaran a otro tipo de desarrollos técnicos. No fue sino hasta 1990 en que el número de estaciones comerciales de FM superó al de AM en Estados Unidos.

Es muy educativo comparar la radio AM con la radio FM. La radio AM tiene asignada la banda de 520 a 1710 kHz, mientras que la radio FM tiene asignada una banda de mayores frecuencias, de 87.5 a 108.0

MHz. Esto inmediatamente nos indica otra ventaja de la radio FM: hay más "ancho de banda" disponible, 1.19 MHz en AM *versus* 20.5 MHz en FM, o sea, la banda de FM tiene un ancho total aproximadamente 20 veces mayor que la de AM.

Esto permite darles sólo 10 kHz de ancho de banda a las estaciones de AM, mientras que se les dan 200 kHz de ancho de banda a las estaciones de FM.

Un principio fundamental de las telecomunicaciones es que a mayor ancho de banda, más información podemos transmitir por segundo. En el caso de la radio FM, el mayor ancho de banda permite transmitir una señal que tiene más componentes de frecuencia que en radio AM y es por esto que la primera se oye "mejor". La radio AM tiene que "truncar" los componentes de baja y alta frecuencia del sonido para poder acomodar su señal en los angostos 10 kHz asignados. Obviamente, si queremos transmitir video además del audio, necesitamos un mayor ancho de banda y por esto las estaciones de televisión

## Televisión

sión tienen asignados 6 000 kHz, 30 veces lo que una estación de FM y 600 veces lo que una estación de AM. Esto nos lleva a discutir el siguiente avance en el campo de las telecomunicaciones comerciales: la televisión.

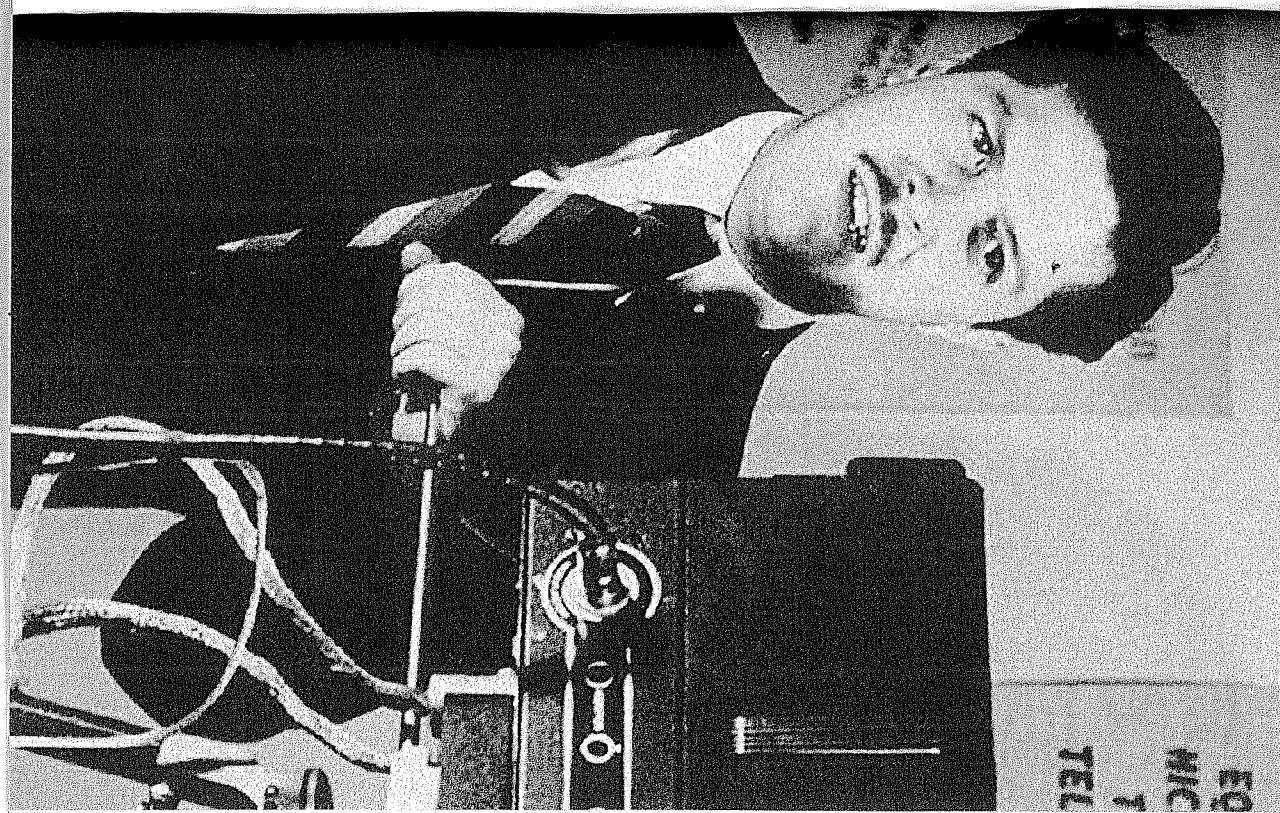
Con el desarrollo de la radio en la primera mitad del siglo XX, proporcionando la posibilidad de transmitir voz y música por el aire, muchos inventores comenzaron a preocuparse de la siguiente etapa: transmitir la imagen en movimiento, de igual manera que como se veía en el cine. A diferencia de la radio, cuyos pioneros fueron un puñado de inventores, en el desarrollo de la televisión a través de los años estuvieron involucradas muchas personas. Quizá la idea básica de la televisión moderna la tuvo por vez primera en 1921 el estadounidense Philo Farnsworth. Este inventor se dio cuenta de que, con la electrónica conocida ya en esa época, era posible lograr que un haz de electrones

barriera repetidamente una pantalla para producir una imagen que se actualizaba decenas de veces por segundo. Como en el cine, en el que las imágenes se renuevan 24 veces por segundo, esto daba la impresión de un movimiento continuo y suave.

En la actualidad, los televisores en México tienen 525 líneas que se renuevan 30 veces por segundo. La nueva moda es la televisión digital de alta definición, en la que se cuenta con aproximadamente el doble de líneas (1080). Esto proporciona una imagen con más detalle, con lo que nos vamos desplazando a un sistema superior.

Nuestro país contó con un importante ingeniero, Guillermo González Camarena (figura II), quien no sólo introdujo la televisión a color en México, sino que logró patentar en 1942 una versión de televisión a colores en Estados Unidos. Era también aficionado a la astronomía y socio de la Sociedad Astronómica de México.

Figura II. Guillermo González Camarena, introductor de la televisión a color en México e inventor de un sistema de televisión a colores.



## La asignación del espectro de radio

El espectro de radio cubre desde 3 MHz a 300 GHz (es decir, de 3 000 000 de hertz a 300 000 000 000 de hertz). Esto suena como a un gran ancho de banda que daría cabida a muchos usuarios sin conflicto. Pero la realidad es otra y existe una batalla continua por el uso del espectro de radio. Sus usuarios van desde los teléfonos celulares, las estaciones de radio y televisión, los satélites de navegación, los radioastrónomos, la aviación y la navegación marítima, y muchos otros usuarios. La asignación de frecuencia la hace la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU o International Telecommunication Union) en sus conferencias mundiales de radiocomunicaciones (WRC, por sus siglas en inglés), cada

3 o 4 años. México participa a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y lleva las preocupaciones de los múltiples usuarios mexicanos. Por ejemplo, los radioastrónomos solicitamos que se respeten ciertas ventanas en el espacio de radio donde emiten de manera natural átomos y moléculas que existen en el espacio.

La importancia comercial de las telecomunicaciones puede ejemplificarse tomando tan sólo el ejemplo de la telefonía celular, que a nivel mundial tiene más de 3 000 millones de usuarios (la mitad de la población humana) y es ahora un negocio de más de 200 000 millones de dólares anuales. En México para el año 2008 ya había 19 millones de usuarios de telefonía fija y 71 millones de suscriptores de telefonía móvil. Estos números crecen año con año.

Recientemente, la Comisión Federal de Telecomunicaciones implementó la llamada portabilidad numérica, que es la capacidad de seleccionar a cualquier proveedor de telefonía sin la incomodidad de per-

der el número telefónico que uno usaba (y por el que lo conocen a uno clientes y amigos). Esta es una medida aparentemente inocente, pero que fomentará mucho la competencia, al no estar el cliente "atado" a tal o cual compañía con la amenaza de que perdería su número si la deja. Obviamente, conforme nuestro país avance económica y socialmente, las telecomunicaciones serán uno de los temas que más atraigan el interés de científicos, legisladores y público en general.

## Créditos iconográficos

**Figura 1.** James Clerk Maxwell, su esposa y su perro Toby, *ca.* 1875, The Syndics of Cambridge University Library.

**Figura 5.** Samuel F. B. Morse, *ca.* 1855 y 1865, Colección de Fotografías Brady-Handy, © Courtesy of Prints & Photographs Division, Library of Congress.

**Figura 6.** Alexander Graham Bell, 1876, Album/Granger, Nueva York.

**Figura 7.** Nikola Tesla, s. f., Science Photo Library SPL-H420-084.

**Figura 8.** Guglielmo Marconi, *ca.* 1908, fotografía de Pach Brothers, © Courtesy of Prints & Photographs Division, Library of Congress.

**Figura 10.** Edwin Howard Armstrong, ca.  
1922, Album/akg-images/Pictures From  
History.

**Figura 11.** Guillermo González Camare-  
na, ca. 1939, Archivo de Arturo Gonzá-  
lez Camarena.

*OTROS TÍTULOS DE LA COLECCIÓN*

**Enrique Krauze (coord.)**  
Lectores de Gabriel Zaid

**Luis Fernando Lara**  
Herencia léxica del español de México

**Mario Lavista**

Trece comentarios en torno a la música

**Antonio Lazzano Araujo**  
Tres ensayos darwinistas

**Miguel León-Portilla**  
Méjico y América Latina.

*De su historia, penurias y esperanzas*

**Adolfo Martínez Palomo**  
De la amibiasis al zika

**Eduardo Matos Moctezuma**  
Nonagenario cuidam dicata.  
*Homenaje a Miguel León-Portilla*

**Ruy Pérez Tamayo**  
Patología de la pobreza

**Diego Valadés**  
Los gobiernos de coalición en América Latina.  
*Experiencias y perspectivas*