

pérdidas de corrientes en las líneas, de las influencias de los hilos contiguos y de las mezclas de signos producidos por las derivaciones de las corrientes inmediatas.

Parece, pues, por lo expuesto, que la correspondencia telefónica no será jamás temible rival de la telegrafía eléctrica; á pesar de lo cual no ha dejado de conquistar gran importancia práctica, en condiciones puramente especiales. Las instalaciones telefónicas pueden prestar y prestan efectivamente apreciables servicios en las grandes oficinas, en el ejército, en la marina, en los talleres, en las minas, en los puertos comercia-

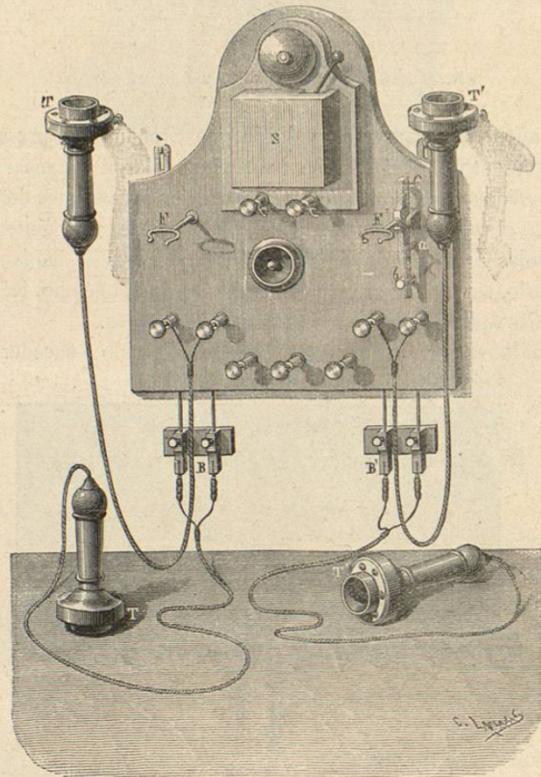


Fig. 401.—Suspensión de los teléfonos: sistema Bréguet y Roosevelt: S, timbre; FF', ganchos de suspensión; cab, conmutador de báscula para poner el timbre en comunicación con la línea, cuando el teléfono está colgado del gancho de suspensión.

les, etc.: dondequiera que hay muchas órdenes que transmitir, este sistema es preferible en alto grado á la telegrafía eléctrica, por la razón ya alegada de que cualquiera puede transmitir ó recibir las órdenes en cuestión. El teléfono es hoy de rigor en los centros importantes de comercio ó de industria, y en las ciudades populosas: se han formado compañías para servir de intermediarias entre los particulares; en todas las poblaciones algo importantes de los Estados Unidos é Inglaterra y en las grandes ciudades del continente europeo aumenta de día en día la clientela de las estaciones telefónicas, aumento que será más marcado en lo futuro.

No podemos entrar en todos los detalles que serían necesarios para dar á entender cómo puede funcionar semejante instalación; sin embargo, procuraremos dar una sucinta idea de ella.

La misión de una oficina telefónica consiste en poner en relación á todos los abonados de una misma ciudad. Cada uno de éstos tiene una línea especial que va á parar

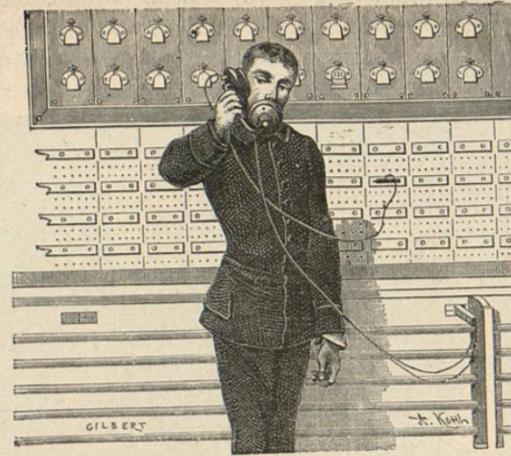


Fig. 402.—Correspondencia entre la estación y un abonado

al timbre de la estación central: entonces se pone en actividad un electro-imán correspondiente al número del abonado, ciérrase el circuito local del timbre, y cayendo al propio tiempo una placa que produce un ruido seco, descubre el número del abona-



Fig. 403.—Estación telefónica central en París

do que llama. Debajo de la ventanilla que lleva los números de los abonados puestos por orden con sus placas indicadoras, están los conmutadores con los cuales se pone en mutua comunicación á dos abonados cualesquiera, ó á uno de éstos con la oficina. Al sonar la llamada, un empleado empalma el hilo de su teléfono á una barra de cobre

que corresponde á la línea especial y se entabla la conversación. El abonado puede pedir que se le ponga en comunicación con otro cualquiera de la misma estación, ó con otra de éstas establecida en la misma ciudad. En el primer caso, el empleado toca un botón que hace resonar el timbre del número pedido, y luego pone en comunicación los dos números con un hilo, quedando así establecida la correspondencia entre los dos

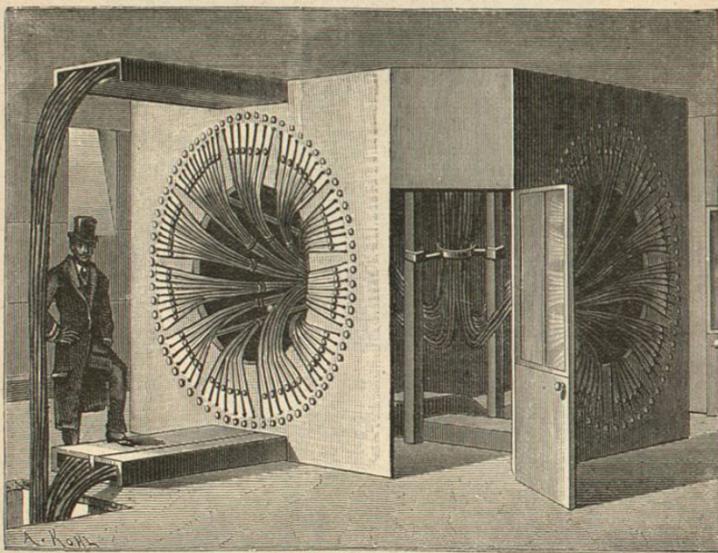


Fig. 404.—Sala de entrada de los hilos en la estación central

abonados. Si los que se han de poner en relación no pertenecen á la misma oficina, se les hace corresponder por medio de una comunicación eléctrica de una estación á otra, y aunque así haya un intermediario más, no por eso deja de ser fácil la correspondencia.

Para la instalación de un sistema de estaciones telefónicas en una gran ciudad ha habido que resolver minuciosos problemas de mecánica eléctrica, cuyas soluciones merecerían ser descritas; pero como no tenemos suficiente espacio para ello, debemos remitir al lector á las obras especiales.

III

AUDICIONES TEATRALES

La telefonía ha sido en sus comienzos objeto del entusiasmo, mejor dicho, degeneró en esa monomanía que se manifiesta naturalmente siempre que se hace pública una invención importante é inesperada. Al punto se le quiso dar una porción de aplicaciones más interesantes unas que otras. Hemos hecho mención de algunas de las que han pasado ya al terreno de la práctica, al menos en las grandes ciudades: fáltanos añadir algo acerca de las pruebas que se han hecho en otro sentido para responder á uno de los deseos del primer momento. Habíase creído que, gracias á tan maravillosos aparatos, en breve podríamos todos disfrutar á domicilio de los conciertos, de las represen-

taciones teatrales, asistir á las asambleas, á las conferencias, á los sermones, etc., sin tener que apartarse del rincón del hogar. Se han efectuado ensayos y experimentos que han demostrado en efecto que estas aplicaciones de la telefonía no eran irrealizables; pero de esto á poderse las considerar como realmente prácticas hay mucha distancia.

No podemos pasar en silencio el más notable así como el más decisivo de estos experimentos; nos referimos á las audiciones telefónicas que se organizaron en otoño de 1881 en cuatro salas de la Exposición de Electricidad celebrada en el Palacio de la Industria. Un público numeroso é impaciente pudo oír todas las noches las funciones del teatro de la Opera, y escuchar la voz de los cantantes, los acompañamientos de la orquesta y hasta los murmullos y aplausos de los espectadores. Los aparatos adoptados para estas audiciones eran los teléfonos del sistema microfónico de Ader, cuyos receptores y transmisores hemos descrito. La dis-

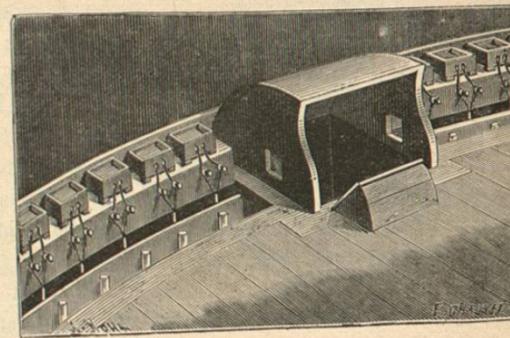


Fig. 405.—Audiciones telefónicas teatrales

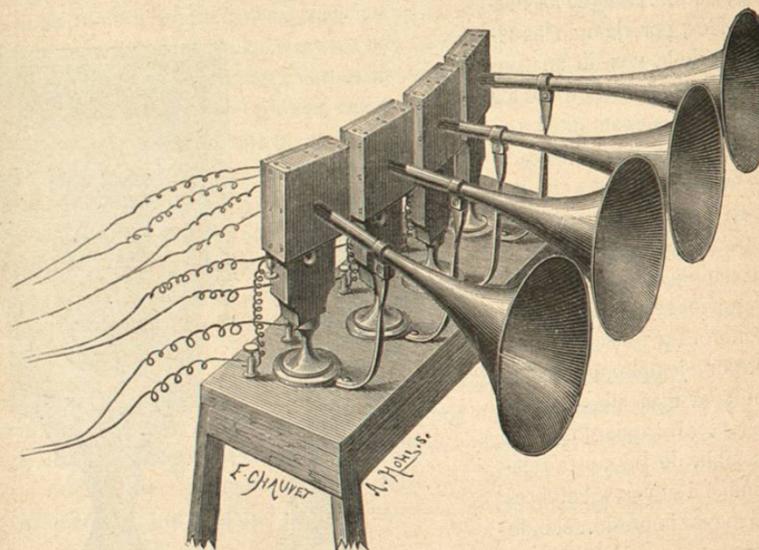


Fig. 406.—Charanga de Ader

tancia que mediaba entre el teatro y las salas de audición era de dos kilómetros, habiendo bastado un transmisor para animar con una pila á propósito cuatro dobles teléfonos ú ocho receptores de sobrecitación.

A cada lado de la concha del apuntador y á lo largo del proscenio había doce transmisores, cada uno con su pila y su bobina de inducción (fig. 405), puestos en comunicación por medio de hilos subterráneos con los receptores de las salas de audición; nada tendríamos que añadir á estas indicaciones generales, si no fuese conveniente

entrar en algunos detalles acerca de las precauciones tomadas para hacer la audición todo lo perfecta posible en estas circunstancias excepcionales.

Recordemos ante todo que los transmisores microfónicos Ader están fijos en peanas de plomo que descansan sobre pies de caucho. El motivo de esta disposición es el de evitar las irregularidades del sonido que resultarían de las sacudidas del tablado del escenario por los movimientos de los actores, y sobre todo las conmociones mucho más fuertes producidas por los bailables. La inercia de las masas de plomo, metal de escasa elasticidad, impide eficazmente estas perturbaciones.

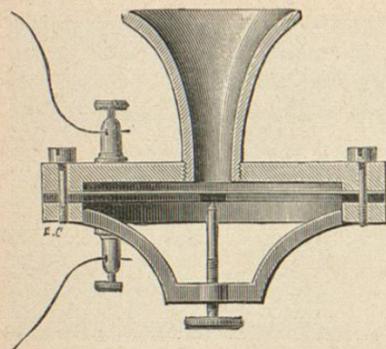


Fig. 407.—Transmisor de la charanga de Ader

M. Ader ha introducido una innovación importante en este modo de audición, el cual consiste en poner cada oyente en relación con los dos lados de la escena, á cuyo efecto uno de los teléfonos, el que se aplica, por ejemplo, al oído derecho, va unido á un transmisor situado á un lado de la escena, mientras que el aplicado al oído izquierdo se enlaza con otro transmisor puesto al otro lado. Fácilmente se comprenderá el motivo de esta disposición. Aunque los mismos sonidos, por ejemplo las vibraciones de la voz de un cantante, afectan á la vez á todos los transmisores, este cantante no se halla á igual distancia de cada uno de ellos, según el sitio que ocupa en la escena, y por lo tanto un transmisor reproducirá el canto con tanta mayor intensidad cuanto menor sea su distancia al foco sonoro. La sensación producida, por ejemplo, en el oído derecho será más fuerte que la transmitida al izquierdo. Si el actor cambia de sitio, esta relación cambia á su vez, y entonces recibirá mayor impresión el oído izquierdo.

De estas modificaciones resulta que el oyente se forme idea de las posiciones respectivas de los actores y cantantes en la escena, y que se produzca cierta ilusión análoga á la del oyente que asistiese en realidad á la función y se limitara á cerrar los ojos.

Grande fué el éxito de estas audiciones; pero su instalación fué tan costosa que sus gastos ascendieron, según parece, á 160,000 francos, no creyendo nosotros, por otra

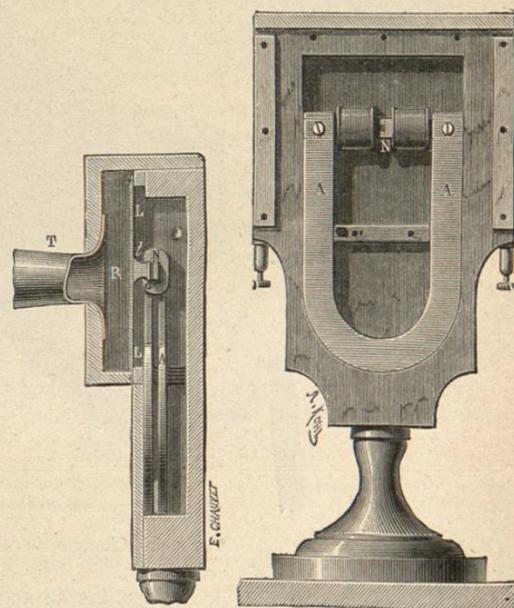


Fig. 408.—Receptor de la charanga de Ader

parte, que exciten jamás otro interés que el de la curiosidad. Por mucho que se perfeccione la transmisión de los sonidos de los instrumentos y de las voces, las audiciones telefónicas no bastarán nunca á suplir el espectáculo que ofrece la escena y los ademanes, la expresión y la fisonomía de los artistas, ni tendrán ese encanto especial producido por la asociación de todos los atractivos de que se compone una función dramática ó lírica. Los conciertos de música instrumental serán quizás los únicos que se eximan del fastidio causado por una audición á ciegas, digámoslo así. A pesar de todo, estos prejuicios sobre semejante aplicación del teléfono no menguan en nada nuestra admiración por la perfección con que se ha resuelto el problema de la transmisión de los sonidos y de las voces de una orquesta y de un escenario como los del gran teatro de la Opera. En París funciona hoy con el nombre de *Teatrófono* una compañía que explota estas audiciones musicales, y en Barcelona la Sociedad general de Teléfonos admite también abonos para las audiciones *á domicilio* de las óperas cantadas en los teatros Liceo y Principal.

Añadamos algunas palabras acerca de una aplicación de los aparatos microfónicos á la reproducción de las piezas musicales. Nos referimos á una modificación realizada por Ader en la Exposición de Electricidad y merced á la cual los visitantes han podido oír desde todos los puntos del Palacio de la Industria cuartetos de tocatas de caza ejecutados por cuatro cantantes delante de un transmisor de forma especial. El conjunto constituía lo que se ha llamado la *charanga de Ader*.

Según se ve en la figura 407, el transmisor consiste en una boquilla telefónica provista de un gran diafragma en cuyo centro hay un disco de platino. Merced á una punta del mismo metal se puede graduar como se quiera el contacto del disco con el diafragma.

Cada uno de los cuatro receptores, colocados en arco de círculo, se compone de una trompa que sale de una caja en cuyo interior y enfrente de la abertura del pabellón hay una tablilla de abeto muy delgada LL (fig. 408). Detrás de esta tablilla hay un imán de herradura AA con dos plaquitas de hierro dulce puestas en el intervalo de sus polos, en la prolongación una de otra; estas plaquitas rodean en cierta longitud los hilos de los carretes del circuito telefónico; están reunidas por una pieza de cobre, y en el intervalo que media entre los carretes, casi en contacto con la prolongación de sus armaduras, hay otra pequeña de hierro dulce *a* sostenida por una cuña de madera *t* fijada á su vez en el centro del diafragma de abeto.

Cuando el transmisor funciona, las corrientes ondulatorias ocasionan en el centro del imán variaciones de intensidad magnética y por consiguiente vibraciones en la armadura, verdaderos choques contra los apéndices polares. Bajo esta influencia, las vibraciones sonoras del diafragma son muy enérgicas; al salir por los pabellones de las trompas, tienen toda la amplitud de los sonidos de las trompas de caza.

IV

LA RADIOFONÍA. — EL FOTÓFONO DE GRAHAM BELL

No bien acababa Graham Bell de recibir del Instituto de Francia el gran premio Volta, la mayor recompensa científica otorgada en Francia, por su magnífica invención del teléfono, cuando ya enriquecía la ciencia con otro descubrimiento, más asombroso, si se quiere, que el primero.

Tratábase nada menos que de la transmisión de los sonidos musicales ó articula-

dos por un rayo de luz, y de aquí el nombre de *fotofono* dado al aparato ideado por Bell para efectuar esta transmisión. Entre el transmisor y el receptor del teléfono, cualquiera que sea el sistema, hay un intermediario, un conductor material que propaga las vibraciones de las ondas sonoras en forma de corrientes eléctricas variables u ondulatorias; entre el transmisor y el receptor del fotofono ya no existe este conductor material, este hilo metálico; le ha sustituido la luz, de suerte que se podría transmitir el sonido al través de un espacio vacío (vacío de materia ponderable), dado que las radiaciones luminosas se propagan á su vez en el vacío. En los años transcurridos desde que apareció el fotofono, se ha ampliado el principio en que se basa, y hoy está probado, como lo creyó desde luego el inventor, que las radiaciones caloríficas gozan, lo propio que las actínicas ó químicas, del mismo poder que las luminosas; por cuya razón, y de común acuerdo, se ha dado el nombre de *radiofonía* al conjunto de fenómenos en virtud de los cuales se manifiesta este poder.

Las curiosas propiedades de un cuerpo simple, del selenio, metaloide descubierto hace setenta y cinco años por Berzelius, son las que han conducido á M. Bell á la invención del fotofono. Dicho cuerpo es conductor de la electricidad, ya en estado de fusión (á los 210°), según lo demostró Knox en 1837, ya á la temperatura ordinaria, cuando presenta el estado alotrópico especial descrito por Hittorf en 1852. De color pardo obscuro, casi negro á la luz difusa, y muy brillante cuando se halla en estado vítreo, el selenio es rojo y transparente en forma de tenues películas. Si después de fundirlo se le deja enfriar lentamente, adquiere un aspecto granuloso, cristalino y de apariencia metálica. Esta variedad del selenio es la conductora de la electricidad á la temperatura ordinaria; conductibilidad por cierto bastante variable, según lo reconocieron May y Willoughby Smith haciendo pruebas con el selenio en los cables submarinos. Dichos físicos advirtieron que esta variabilidad dependía de la acción de la luz, y el descubrimiento de semejante propiedad fué el punto de partida de las investigaciones de otros muchos físicos que estudiaron con el galvanómetro la conductibilidad del metaloide citado.

Ocurrióse entonces á Graham Bell reemplazar aquel instrumento con el teléfono, cuya sensibilidad es mucho mayor. "Estudiando la cuestión, dice, vi que debía proceder de distinto modo de como se venía haciendo, primero porque, siendo las causas de audición en el teléfono análogas á las que determinan la inducción eléctrica, no puede obtenerse efecto alguno sino en cuanto la corriente empleada pasa de un estado enérgico á otro más débil y viceversa; y segundo, porque el efecto total es proporcional á la suma de las diferencias de intensidad de la corriente. Era, pues, evidente para mí que el teléfono no podía responder al efecto producido en el selenio sino en el momento de su paso de la luz á la obscuridad y viceversa, y que para conseguir resultados fáciles de apreciar era preciso multiplicar bastante estos cambios luminosos para dar lugar á vibraciones sonoras, en una palabra, hacer *intermitente* la acción de la luz. Y en efecto, yo había observado hacía tiempo que podían pasar inadvertidos en el teléfono ciertos sonidos aislados que, multiplicados por interrupciones rápidas de la corriente transmisora, se hacían sin embargo perceptibles.

„Asaltóme entonces la idea de producir sonidos por la influencia de la luz, y estudiando más á fondo el asunto, pensé que todos los efectos de audición producidos por la influencia eléctrica se podían obtener por medio de cambios de intensidad de un rayo luminoso proyectado sobre el selenio, y que no podían tener otro límite sino aquel en que se detiene la acción de la luz sobre esta substancia; ahora bien, como la pro-

yección de rayos paralelos concentrados en la placa sensible por un receptor parabólico puede ensanchar bastante dicho límite, discurrí que por este medio sería posible establecer comunicaciones telefónicas de un punto á otro sin necesidad de ningún hilo conductor entre el transmisor y el receptor. Para llevar esta idea al terreno de la práctica, era sin duda forzoso construir un aparato capaz de ejercer la acción necesaria en la luz por la influencia de la palabra, y de este modo vine á parar al sistema de que hablo.

Los párrafos que acabamos de transcribir demuestran en virtud de qué sucesión de ideas llegó M. Bell á concebir el fotofono. Veamos ahora cómo lo realizó. Los experimentos que hizo fueron muchos, así como las formas que dió á los aparatos; aquí nos limitaremos á describir dos de estas formas que pueden caracterizarse con las dos denominaciones de *fotofono musical* y *fotofono de articulación*.

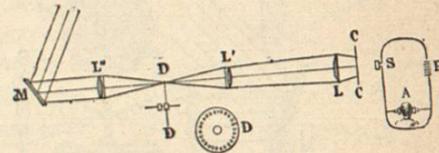


Fig. 409.—Fotofono musical de G. Bell

M (fig. 409) es un espejo plano en cuya superficie se hace caer un haz de rayos luminosos paralelos, como los solares. Después de reflejarse este haz, va á parar á una lente L' y se concentra en su foco en D. Los rayos luminosos se cruzan en este punto y pasan á otra lente de la misma distancia focal que la primera, volviendo á ser paralelos á partir de ésta. Una nueva lente L los proyecta en una placa de selenio S, interpuesta en el circuito telefónico de una pila P.

Para hacer variar la resistencia eléctrica del selenio, se pone en D un disco que lleva en su circunferencia cierto número de agujeros, como los discos de un fenakistiscopio. El disco está situado perpendicularmente al eje de las lentes y de modo que su foco coincide con uno de los agujeros. Si se imprime entonces al disco un movimiento de rotación más ó menos rápido alrededor de su eje, el haz luminoso pasará cuantas veces se halle enfrente de un agujero, pero quedará interceptado cuando tropiece en su marcha con uno de los intervalos que median entre agujero y agujero. El número de interrupciones del haz en cuestión será indudablemente tanto mayor cuanto mayor sea

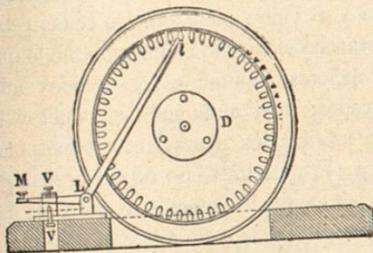


Fig. 410.—Disco del fotofono musical, con su obturador

á su vez el de agujeros, y cuanto más considerable sea también la velocidad de rotación del disco. Supongamos que hay 40 agujeros y que la velocidad es de 25 vueltas por segundo; el número de interrupciones del haz ascenderá á 1,000 en el mismo espacio de tiempo. De aquí resultará igual número de variaciones en la conductibilidad de la placa de selenio y por lo tanto en la corriente que recorre el circuito telefónico, dando lugar á otras tantas vibraciones del diafragma del instrumento. Y en efecto, el oyente A percibirá un sonido musical cuyo tono será proporcionado á la velocidad de rotación del disco.

El fotofono que acabamos de describir no es, á decir verdad, un transmisor de las vibraciones sonoras, sino que es la luz la que produce, la que crea estas vibraciones con sus intermitencias, por la influencia que éstas ejercen en la conductibilidad del se-