



LA TELEGRAFIA SIN HILO

I

EL SISTEMA DE GUILLERMO MARCONI

POR

LUIS J. ZEGERS

Conferencia dada en la Universidad el 6 de Julio de 1899)

Gracias al ingenio de Guillermo Marconi, el joven i sabio italiano, la telegrafia sin hilo es hoi un problema resuelto. Los aparatos funcionan en condiciones prácticas i puede considerarse terminado el periodo de los ensayos.

Cuando llegaron a nosotros las primeras noticias de este portentoso invento, no faltó quien creyera que se trataba de perfeccionamientos de las célebres esperiencias de Stevenson o de Preece, quienes—como es sabido—consiguieron transmitir señales a una gran distancia, utilizando la conductancia eléctrica de la tierra o el mar:

Otros, mejor informados, pensaron que—como lo habian propuesto algunos investigadores, i entre ellos Preece, el

eminente ex-director del Servicio Telegráfico Ingles—habria aplicado con éxito el fisico italiano los descubrimientos de Hertz sobre las oscilaciones eléctricas.—No tardó mucho en que el sistema Marconi fuera descrito en los periódicos i pudiéramos confirmar entónces nuestras previsiones. Aun mas, pareciónos a primera vista—debemos confesarlo—pequeño el continjente agregado por Marconi a los trabajos de sus predecesores. El aparato productor de ondas resultó ser el oscilador de Righi; el receptor, el ya empleado por Bosc, en conformidad a las indicaciones de Lodge, el primero en indicar el radio-conductor de Branly, como instrumento el mas sensible para reconocer la presencia de las ondas eléctricas; i, en fin, la disposicion jeneral se parecia mucho a la que Popoff combinó en 1895 para estudiar el trayecto de las tempestades en Rusia.

Sin embargo, es necesario no juzgar someramente los trabajos de Marconi: ha tenido este fisico el mérito de combinar con extraordinaria habilidad los elementos mas favorables—conocidos si se quiere—pero dispersos ántes de sus investigaciones; i ha obtenido el éxito, patentizando, por medio de esperimentos industriales, que las ondas eléctricas se pueden propagar, ser recojidas i aprovechadas a enormes distancias.

Este descubrimiento ha venido en la hora exacta en que la evolucion de las ideas debia necesariamente producirlo; las investigaciones de Hertz, comprobadas en todos los laboratorios, han dado el fruto esperado. De la misma manera que el telégrafo eléctrico vino casi inmediatamente despues del descubrimiento de la imantacion por las corrientes, así tambien, la telegrafía sin hilo de Marconi, nos anuncia un nuevo modo de utilizar i transmitir la enerjía.

Los primeros ensayos para aprovechar la electricidad en las comunicaciones a la distancia datan de 1753. Un hilo bien aislado, electrizado en una de sus estremidades por medio de una máquina eléctrica, atrae los cuerpos livianos en su otra estremidad. Este rudimentario modo de transmitir la enerjía no podia aplicarse sino a cortas distancias. La idea de Beus-

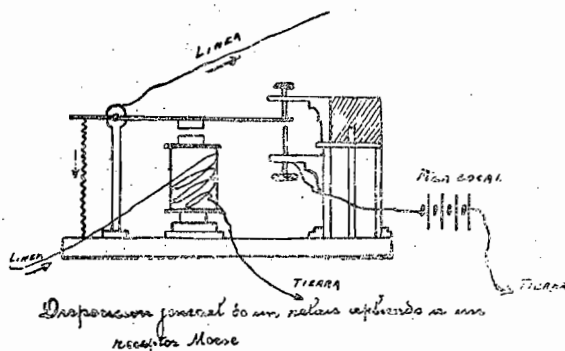
ser i Böckmann de servirse de la jarra de Leyde para producir descargas que tuvieran la forma de las letras, tampoco constituyó un serio progreso. Sólo en 1809, despues del descubrimiento de la pila, aparecieron algunos sistemas prácticos, tales como el de Thomas de Sommering, quien propuso servirse de la corriente galvánica.

El principio de su aparato reposaba en la propiedad de la corriente eléctrica, de descomponer el agua en sus componentes, el oxígeno i el hidrógeno: el aparato consistía en veinticuatro barritas metálicas, correspondientes a las letras del alfabeto, conexionadas cada una, por medio de un hilo metálico, a un pequeño cilindro de oro. Todos estos cilindros de oro estaban sumerjidos en la oficina receptora en un recipiente lleno de agua acidulada. Tan pronto como se relacionaban con los polos de una pila voltáica, dos de las barras en la oficina remitora, los dos cilindros de oro correspondientes en la otra oficina se cubrian de burbujas gaseosas, indicando así, las letras trasmitidas. Este sistema no consiguió destronar la telegrafía óptica, que continuó señora del campo.

En 1819, Oersted descubrió la accion de la corriente eléctrica sobre la aguja imantada e inmediatamente, en 1820, propuso Ampère el utilizar este descubrimiento en la telegrafía. Los aparatos de este grande investigador, así como los de Fechner i otros que siguieron sus huellas, eran complicados i, por consiguiente, poco prácticos. Baste considerar que era necesario emplear un número considerable de hilos para relacionar entre si dos oficinas. Faltaba hacer un descubrimiento. Steinheil tuvo la suerte de hacerlo, descubriendo que era posible utilizar la tierra para cerrar un circuito telegráfico, sirviéndose, por lo tanto, de un solo hilo para trasmisir la enerjia. De aquí el orijen del primer telégrafo electro-magnético realmente industrial, instalado por Gauss i Weber en 1823, telégrafo que funcionó durante algunos años en Alemania, salvando una distancia de 11 kilometros. El fisico ingles Wheatstone tuvo a su vez el mérito de imájinarse i de servirse de electro-imanés de una gran sen-

sibilidad (denominados *traspasos* entre nosotros, i por lo jeneral, *relais*) como instrumento para llamar e introducir la corriente necesaria de una pila local, pudiendo accionar así, desde mui léjos, aparatos receptores. De esta manera quedó salvado el inconveniente que acarrea la distancia, (de disminuir la intensidad de la corriente), pues estos *relais* funcionan por la acción de corrientes de una pequenísimas intensidad.

En los últimos años se han hecho mui interesantes ensayos para transmitir telegramas sin necesidad de relacionar directamente las oficinas por un conductor. Entre estos experimentos, debemos mencionar, en primer lugar, las tentativas para poner en comunicacion un tren en movimiento con las estaciones de la via férrea. Así, por ejemplo, un ma-

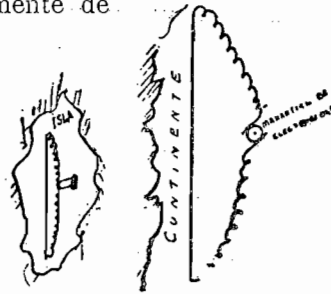


nantial de electricidad que produzca una corriente en un hilo tendido hácia lo largo del tren, provocará en un conductor colocado paralelamente a la via, corrientes inducidas que podremos utilizar para comunicar telefónicamente.

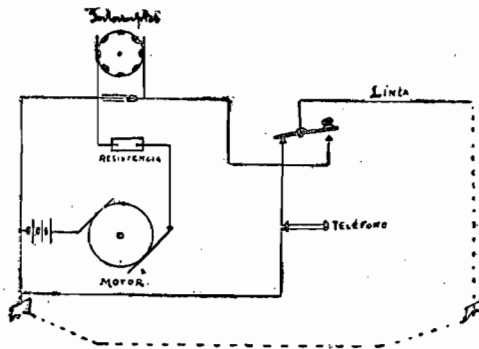
Si colocamos en la ribera del mar, verbigracia, un hilo conductor suficientemente largo (de un poco mayor longitud que la distancia por salvar) cuyas estremidades estén relacionadas a los dos polos de un enérgico manantial de electricidad, i a la distancia, en una isla, por ejemplo, hemos dispuesto un conductor paralelo al primero con un teléfono

intercalado en su circuito, toda corriente que circule en el primer conductor hará aparecer en el segundo una corriente inducida, perfectamente perceptible en el teléfono. Poniéndose previamente de

acuerdo respecto de la duración i sucesión de las impulsiones, se podrá comunicar entre las dos estaciones sin necesidad de tender un hilo entre ellas. Decimos sin hilo, pero vemos que es menester construir dos líneas paralelas i a veces de mayor longitud cada una



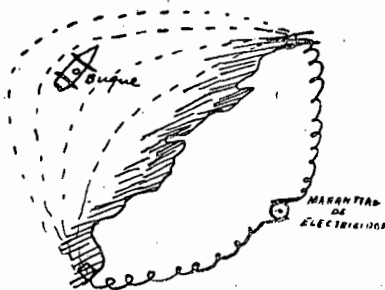
que la distancia que media entre los dos puntos. Agregaremos que los esfuerzos hechos hasta ahora por Evershed para intercalar un *relais* que permita llamar de una oficina a otra e introducir en el circuito inducido una pila local, no se pueden considerar aun perfectamente prácticos. Tal es el sistema que Preece empleó en 1895 para comunicar eléctri-



260 ondulaciones en el hilo primario, por segundo.

camente entre Oban i la isla de Mull, como ha podido hacerlo despues en el Canal de Bristol, a mas de 4 kilómetros de distancia, combinando un sistema trasmisor i receptor indicado en el diagrama siguiente:

entre las dos planchas; i, por consiguiente, de uno o de dos buques podremos hacer descender los electrodos de un teléfono hasta encontrar líneas de diferente nivel. El teléfono emitirá entonces sonidos que podremos extinguir o modificar desde tierra interrumpiendo o modificando la corriente del dinamo. Todos estos procedimientos son eficaces entre puntos relativamente cercanos, que no disten mas de 6 o 7 kilometros uno de otro.



Hace unos diez años descubrió el célebre Hertz que, cuando se descarga bruscamente un condensador cuya carga renovamos incesantemente, las chispas enjendran en el éter o electricidad ambiente, una serie de ondulaciones, casi análogas a las que resultan de la caída de cuerpo pesado en el agua. Demostró también que esas ondas se propagan, reflejándose, refractándose, polarizándose, como la luz, i que circulan con la misma velocidad. Justificando una célebre hipótesis de Maxwell, sus memorables investigaciones han dejado perfectamente establecido que las ondas eléctricas son semejantes a la luz i que sólo se diferencian por su largo de onda. Mientras las mas pequeñas ondas hertzianas que hayamos podido producir son de 0.005 m. de largo, las ondas luminosas mayores, recientemente estudiadas, tienen 50 microhms, es decir, son mil veces mas pequeñas. Si comparamos las ondas hertzianas con las del espectro visible capaz de impresionar nuestra vista, la diferencia seria cincuenta veces mas considerable.

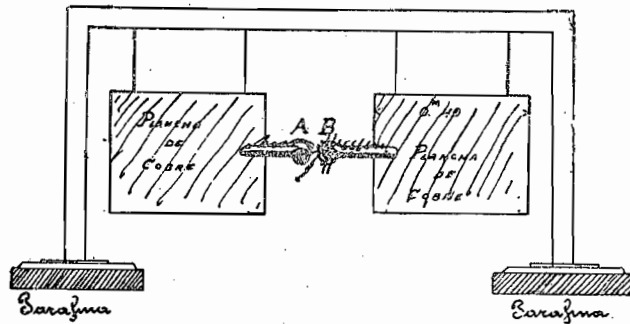
Estas ondas eléctricas difieren por completo de la electricidad tal cual la conocemos; acércanse mas por sus propiedades a la luz. Sin el conocimiento de su orijen nos habríamos podido creer en presencia de un nuevo modo de energía enteramente distinta de la electricidad. Las ondas eléctricas pasan a través de los cuerpos aisladores, no ejer-

cen acción sobre la aguja imantada, no producen acciones electrolíticas i se propagan a la distancia, sin los soportes materiales requeridos para transmitir las corrientes eléctricas.

Para descubrir a lo léjos su presencia era necesario encontrar un órgano análogo a lo que es el oído para las ondas sonoras o la plancha fotográfica para la luz.

El reactivo de las ondas eléctricas de que se servía Hertz, consiste simplemente en un conductor circular interrumpido, terminando por dos esferitas que se pueden colocar muy juntas. Transportando en el espacio este receptor, se ven estallar chispitas de inducción en el trayecto recorrido por las ondas. Recibiéndolas en grandes espejos de metal cilindro-parabólicos, se puede comprobar que en su foco se producen mas chispas, i, haciendo que las ondas atraviesen un prisma de parafina o de asfalto, se vé que se desvian. De esta manera demostró Hertz su reflexión i su refracción.

Valgámonos para palpar estos fenómenos de uno de los radiadores o productores de ondas de que se valia Hertz para



ajitar al éter; pero de menores dimensiones, mas o ménos dieziseis veces mas pequeño, que hemos preparado para esta Lectura.

De un soporte de madera que reposa en trozos de parafina sólida penden dos planchas de cobre sostenidas por delgados cordones de seda blanca. Las dos esferillas A i B, conexas a las planchas, distan unos 3 centímetros. Des-

cargando en este radiador un carrito de induccion, cuyo primario está alimentado por una corriente de unos 20 volts i provisto de un vibrador rápido, podremos palpar las chispas de induccion a 10 o 12 metros del radiador i aun a traves de los muros. El efecto es, sobre todo, visible con un receptor rectilíneo (dos varillas de bronce terminadas en punta, sustentadas en un mango circular.)

Si tocamos con una llave u otro objeto metálico, las cañerías de gas o de agua potable, veremos producirse chispas de induccion mientras funciona el radiador; la misma chispa la veremos aparecer entre las puntas de los carbones de una lámpara de arco, situada en el recinto ajitado. El fenómeno, como vemos, es de lo mas sorprendente. Como el receptor Hertz no permite revelar la existencia de las ondas eléctricas sino a algunos metros del punto de emision, es, por consiguiente, un aparato poco sensible i quizas ha sido esto una felicidad. Si se hubiera servido Hertz de los receptores de ondas de que hoy disponemos en la telegrafia sin hilo, es probable que los fenómenos de la reflexion, de la refraccion i de la polarizacion no habrian sido comprobados tan facilmente. Si colocamos, en efecto, esos receptores sensibles no solamente en el foco de un espejo, sino en cualquiera otra situacion, ellos nos darán idénticas indicaciones. Lo mismo nos sucederia tratando de estudiar la refraccion. Como ha acontecido mas de una vez en la historia de las ciencias, un grosero instrumento ha sido mas útil al principio que un aparato mas delicado.

Los receptores poco sensibles de Hertz exijan aparatos productores de ondas muy enérgicos i, por lo tanto, muy voluminosos. Actualmente no sucede lo mismo.

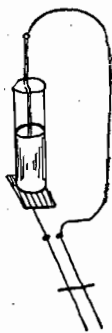
Para tener un manantial de radiaciones eléctricas, nos basta el productor de Righi, que es el mismo de que se vale Marconi en la telegrafia sin hilo. Se compone este radiador de ondas, de cuatro esferas metálicas macizas, aisladas, separadas algunos milímetros unas de otras, entre las cuales provocamos las descargas de un carrito de Ruhmkorff que produzca chispas de 15 a 20 centímetros. Con un productor

semejante obtendremos radiaciones de 20 centímetros de largo de onda aproximadamente.

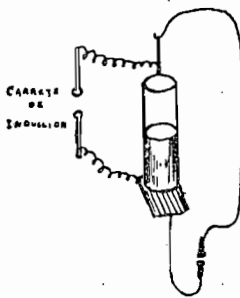
Pero, tratándose de esperimentos de laboratorio, en un pequeño espacio, no necesitamos un manantial tan poderoso. Es tal la sensibilidad de los receptores de que vamos a ocuparnos, que la dificultad no consiste en producir las ondas, sino mas bien, en no producirlas cuando se las quiere evitar. Toda descarga brusca de un cuerpo electrizado produce ondas eléctricas, aunque la chispa sea imperceptible. Podemos obtenerlas frotando un cilindro de ebonita, poniendo en actividad un timbre eléctrico i abriendo o cerrando el circuito de una pila. Si reflexionamos que el choque i la frotacion son constantes manantiales de electricidad, i que en realidad no se puede dar un paso o tocar un objeto, sin producir electricidad, convendremos que vivimos en el seno de radiaciones eléctricas, invisibles sin duda, pero que, sin embargo, llenan el universo.

Marconi utiliza estas ondas que, como acabamos de verlo, obedecen a leyes semejantes a las que rijen en la propagacion de la luz i el sonido. Si hacemos resonar una cuerda de un piano, todas las cuerdas que emitan sonidos armónicos vibrarán al mismo tiempo. Este fenómeno de resonancia se produce igualmente cuando hacemos vibrar un diapason i colocamos a su lado otro diapason semejante. Pero, si modificamos el número de vibraciones de este segundo diapason, agregando, por ejemplo, una pequeña masa a una de sus ramas, la resonancia dejará de producirse.

Lo mismo sucede con la electricidad. El receptor discontinuo de Hertz es un verdadero resonador eléctrico. Al mismo investigador debemos una esperiencia de resonancia eléctrica que vamos a procurar repetir aquí: tomemos una botella de Leyde i con un alambre metálico formemos un circuito interrumpido en un solo punto; carguémosla hasta que por sí sola se descargue. Al lado de esta jarra de Leyde, coloquemos otra igual, pero con un circuito movible, que nos permita igualar exactamente su capacidad a la de la primera i agréguémosle una hojita de estañol en uno de sus bordes de modo

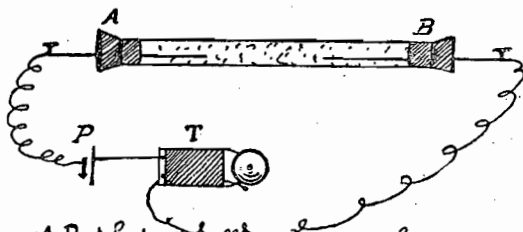


que las dos armaduras del condensador queden muy cercanas. Pues bien, cada vez que se descargue la botella, conexas al mantial, observaremos una chispa en la otra botella de Leyde. Esta resonancia simple corresponde a lo que sucede en acústica; pero, también podemos obtener resonancias múltiples, correspondientes a



sonidos armónicos; obtendremos chispas, en efecto, en la segunda botella si su capacidad es el doble o la mitad de la primera. Por consiguiente, las ondas eléctricas enjendradas por el estallido de la chispa en uno de estos condensadores, producen ondas en el otro condensador, que, a su vez, hacen estallar la chispa en él. Veamos ahora cuáles son esos sensibles receptores que nos permiten descubrir las ondas eléctricas a la distancia i el aprovecharlas de una manera sorprendente, gracias a la sagacidad de Marconi.

Hace algunos años, en 1890, estudiando Branly (según Marconi habría sido el profesor Onesti Calgocechi, el verdadero descubridor de los radio-conductores) la conductancia de las limaduras metálicas en tubos de vidrio, reconoció que estos cuerpos presentan una gran resistencia al paso de las corrientes eléctricas, resistencia al mismo



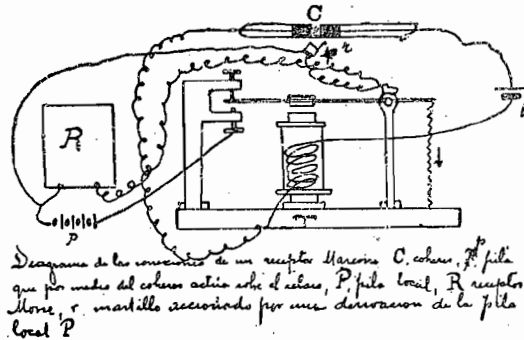
A B tubo de vidrio lleno de limaduras de hierro, circuito en que se ha intercalado una pila y un timbre. Cada vez que se produce una chispa en la cerámica, el timbre empieza a funcionar. Es necesario para que pase la corriente dar un golpe en el tubo.

tiempo mui variable. Ella puede pasar súbitamente de varios *megohms* a algunos *ohms* Pero, lo peculiar en este fenómeno consiste en que la producción de una chispa eléctrica—como es tan fácil verificarlo—en la cercanía de los tubos, es la causa mas eficaz para provocar esos cambios de resistencia. Branly, analizando estos fenómenos, reconoció toda la importancia que tenia el grado de compresion i el estado de la superficie de la limadura; comprobó que un tubo con limaduras, transformado en conductor por el efecto de una chispa, permanece siendo conductor, i que bastaba un lijero choque para restituirle su resistencia inicial; pero no se le ocurrió que este sencillo aparato pudiera servir para reconocer las ondulaciones hertzianas. La ciencia a cada paso nos presenta ejemplos semejantes. Los descubrimientos mas trascendentales son el resultado de una evolucion realizada mediante los esfuerzos constantes i desinteresados de centenares de pacientes investigadores.

Cúpole a Oliverio Lodge, el eminente físico de Liverpool, el demostrar todo el partido que se podia sacar de las investigaciones del físico frances. Lodge hizo ver experimentalmente que la delicada accion de las ondulaciones eléctricas en los tubos con limaduras, podia ser transformada en un fenómeno enérgico por el paso de una corriente. Las ondulaciones eléctricas producen contactos en la limadura, i de aquí el nombre de cohesores (*coherers*) dado por Lodge a los tubos de Branly. Para analizar estos fenómenos, estudió en el microscopio algunos granitos de limadura colocados entre dos puntas mui cercanas de estañol, pegadas en un vidrio, i vió que bajo la accion de las ondas electro-magnéticas estallaban chispitas i se formaban puentecitos entre los granos de limadura; vió, ademas que esos puentecitos se podian destruir, como es natural, por un lijero choque. (Oliverio Lodge siguió en estos experimentos la huella trazada por Arons, a quien se debe un estudio mui completo sobre el *cohesor*. (*Annales Wiedemann*, LXV, páj. 567; 1898). He ahí, pues, las propiedades principales de estos *radio-conductores*, como lo llama Branly, o *coherers*, como dice Lodge.

Marconi construye estos *cohesores* con un tubo de vidrio de $2\frac{1}{2}$ milímetros de diámetro i de 4 a 5 centímetros de largo, en cuyo interior resbalan dos cilindritos de plata; bien ajustados, entre los cuales se deja un espacio de 1 milímetro que se llena con una mezcla de limadura de níquel i plata. En este tubo se hace un vacío incompleto.

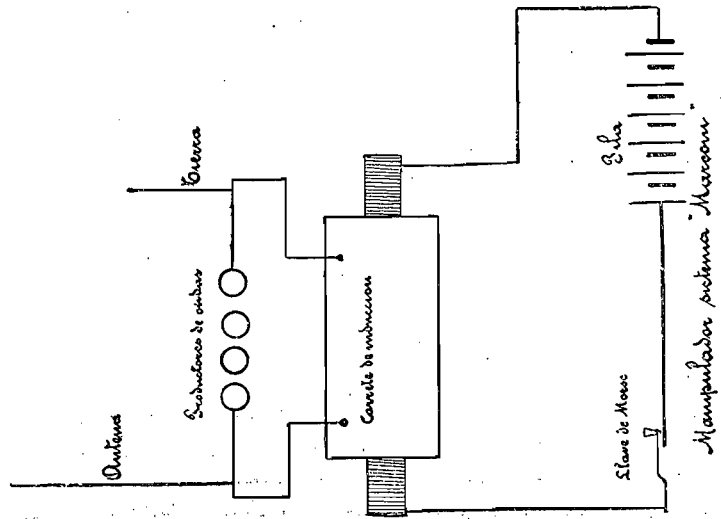
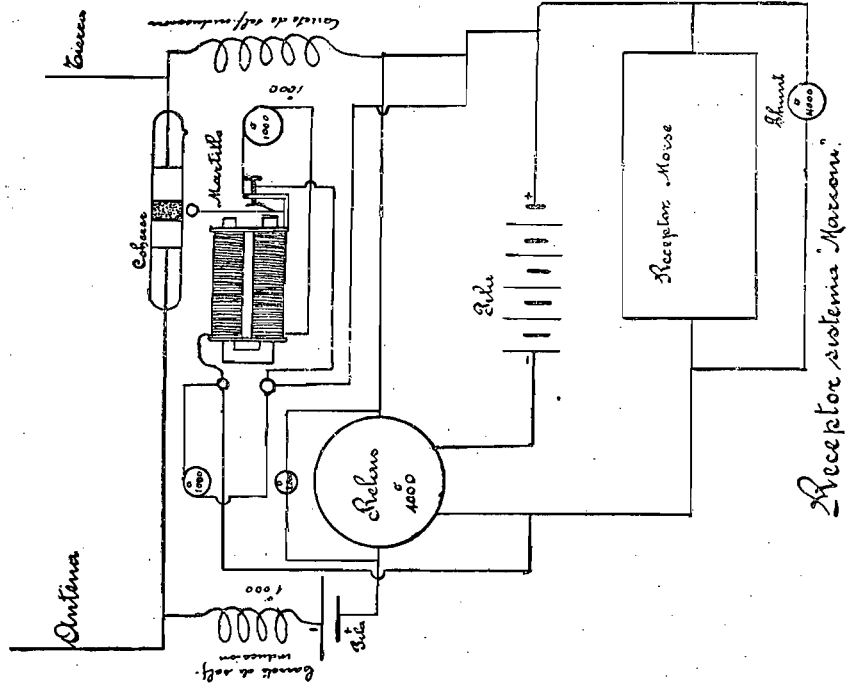
Construido así el aparato e intercalado en el circuito de un elemento de una pila, vemos que no es atravesado por una corriente sensible cuando todo está en reposo. Pero si se produce una onda eléctrica i ésta hiere el tubo, inmediatamente la corriente pasa i se mantiene mientras el tubo no



reciba un ligero choque. ¿Qué tendremos que hacer entonces para que el *coherer* se transforme en el más maravilloso receptor telegráfico? Hacer lisa i llanamente que esa corriente accione sobre un *relais* que cierre el circuito de una pila potente, por medio de la cual haremos funcionar un receptor telegráfico Morse i al mismo tiempo el martillito de un timbre cuyos golpes sobre el tubo le restituirán su resistencia inicial.

En cuanto al *manipulador* de Marconi, no es otro sino el productor de ondas de Righi, que ya hemos descrito, alimentado por un *carrete* de Ruhmkorff, en cuyo circuito primario hai instalada una llave de Morse, que permite al telegrafista producir descargas i, por consiguiente, ondulaciones, como si operara con un manipulador ordinario.

He aquí los aparatos, tales como el señor Elliot los ha ins-



talado en el Laboratorio de Física Jeneral, reglados para poder comunicar a 50 kilometros de distancia. El radiador Righi está alimentado por un carrete de induccion que produce chispas de 15 centímetros i éste en su primario por una corriente de 16 volts i 2 amperes.

Réstanos decir unas pocas palabras sobre las *antenas*, esos hilos verticales que Marconi agrega a sus aparatos, manipulador i receptor, i que son de una decisiva eficacia, tratándose de transmitir las ondas a una gran distancia.

Tan pronto como Hertz descubrió las ondulaciones, hizo esfuerzos para concentrarlas, valiéndose de espejos parabólicos. Buscaba, como era lójico, aumentar la intensidad de sus ondas como hacemos para los rayos luminosos. Hasta cierto punto lo consiguió, pero vióse obligado a abandonar el campo de sus esperimentos detenido por el fenómeno de la difraccion, mui difícil de evitar cuando se trata de largos de onda considerables, como es el caso en la electricidad. Seria necesario emplear enormes espejos o bien disminuir el largo de onda, valiéndose de pequeños aparatos, condiciones ámbas inaceptables. Como lo hemos dicho, el oscilador de Righi permite obtener oscilaciones de algunos centímetros de largo de onda; pero cuando queremos llegar al centímetro o a ménos del centímetro, a ejemplo de Labedew, la falta de enerjia de la radiacion es un grande obstáculo.

De aquí el orijen de la antena imaginada por Marconi, de ese hilo vertical adaptado a una de las esferas del oscilador, poniendo la otra a tierra, i de otro hilo paralelo colocado en el receptor, como un apéndice del *cohesor*.

Broca acaba de hacer la teoría de las antenas, apoyándose en la teoría electro-magnética de la luz i valiéndose del cálculo, este buen sentido condensado, como dice Lord Kelvin. En conformidad con esta teoría, mui sencilla, la antena, en su conjunto, es un centro de sacudimientos, productor de líneas de fuerza magnéticas circulares, que se propagan en planos perpendiculares a la antena. Cuando las antenas son verticales, las ondas resbalan en la superficie del suelo sin ser absorbidas, porque las líneas de fuerza eléctrica son normales

a esta superficie; son paralelas, por el contrario, cuando las antenas son horizontales. La tierra desempeña el papel de un espejo respecto de las antenas verticales, siendo la antena emisora equivalente sencillamente a un exitador rectilíneo de Hertz i la antena receptora a un resonador rectilíneo del tipo Joubert.

Esta nueva luz de Hertz atraviesa la neblina, con la misma facilidad que una atmósfera trasparente; está, pues, llamada a reemplazar los faros i los fuegos de los buques, evitando las colisiones i terribles fracasos que en el mar provoca la oscuridad. Bastará proveer los buques de antenas colectoras de las ondas para poder ponerse en seguridad a una distancia cualquiera de los puertos i faros. En fin, el sistema Marconi permitirá la comunicacion con los trenes en movimiento.

Gracias a la valiosa cooperacion del señor Elliott, colaborador de Marconi en sus mas recientes i memorables investigaciones, hemos podido describir el sistema telegráfico del porvenir. Reciba el señor Elliott el homenaje de todo nuestro agradecimiento (1).

Volta, dándonos la pila eléctrica en los albores del siglo, echó las bases de la no interrumpida serie de maravillosas aplicaciones de la electricidad. Marconi, otro italiano, inaugura en sus postrimerías una nueva era inagotable de descubrimientos. Honor a ellos, insignes campeones de la raza latina!

Prestó en esta Lectura su cooperacion en los esperimentos el señor W. Elliot, representante en Chile del señor G. Marconi, en esa época.
