

cual resulta que cuando en algún fuerte temporal la violencia del huracán rompe los palos, el rayo encuentra siempre un sistema de conductores bastantes para descargar el fluido y hacerle inofensivo. Arago refiere que la fragata inglesa *Dryad* se halló muchas veces expuesta en la costa de Africa á los grandes temporales que los marinos llaman *tornados* (el barco llevaba los nueve pararrayos de Harris). La materia fulminante bajaba entonces á lo largo de los tubos de cobre continuos en tal cantidad, que daba origen á una especie de atmósfera luminosa y á un ruido parecido al del agua que hierve con fuerza. El barco no sufrió daño alguno del fluido eléctrico.

III

SISTEMAS DE PARARRAYOS DE PUNTAS MÚLTIPLES

Según los experimentos efectuados en 1862 por M. Perrot, las barras metálicas ejercen una acción neutralizadora tanto mayor cuanto más aguda es su punta terminal;

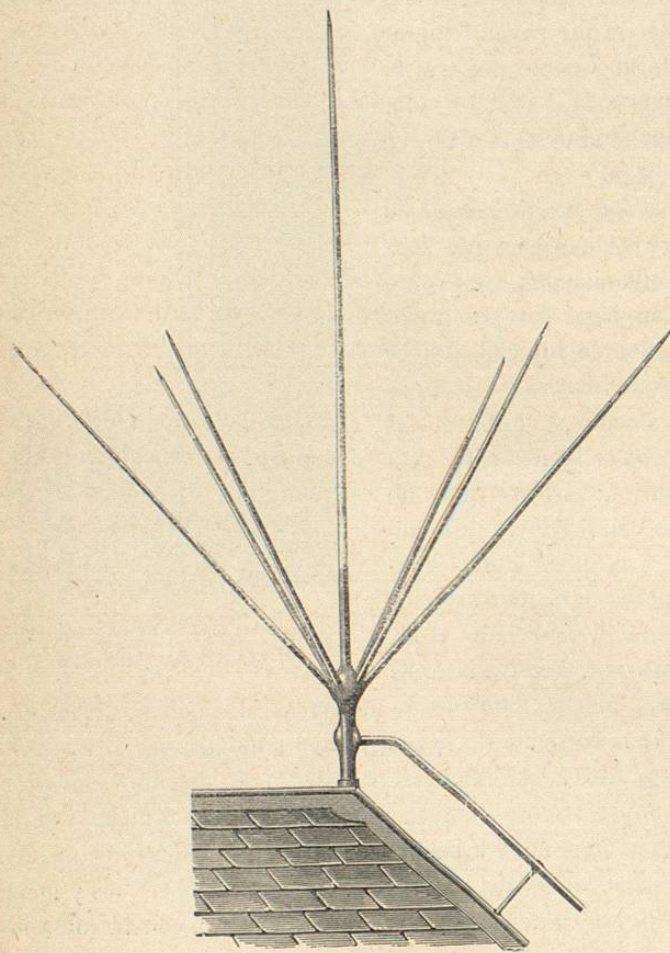


Fig. 307.—Pararrayos de puntas múltiples

as abatidas por el viento, armándola de la base al remate de cierto número de puntas laterales convenientemente dispuestas y espaciadas. Estas puntas múltiples, al mismo tiempo que aumentarían considerablemente la cantidad de electricidad suministrada

además, basta multiplicar las puntas terminales de una barra metálica para aumentar dicha acción; pero ésta no se ejerce sino en la región situada sobre el plano horizontal que pasa por cada punta. Al dar M. Gavarret cuenta de estos experimentos, deducía de ellos que sería ventajoso introducir algunas modificaciones en la construcción de los pararrayos. He aquí en qué términos formulaba dicho profesor estas modificaciones:

1.º Se haría la acción neutralizadora del pararrayos mucho más eficaz armando su extremo superior de una corona de puntas;

2.º Se le pondría al abrigo de los rayos lanzados lateralmente sobre la barra por los fragmentos de nubes tempestuosas

por el pararrayos en un tiempo dado, tendrían la ventaja de dividir la corriente; con lo cual cada una de ellas estaría cruzada tan sólo por una corriente demasiado débil para fundirla, aun en las más deshechas tormentas.

Hoy se han adoptado los pararrayos de puntas múltiples en varios países, y en especial en Bélgica, en donde distinguidos físicos, como Glæsener y Melsens, han estudiado las condiciones de su instalación en los edificios públicos y privados. Según M. Melsens, "en lugar de emplear una sola barra larga y aguda, de instalación costosa, es más ventajoso usar penachos de 6 ó 7 puntas, de 1 metro á 1^m,50 ó 2^m de altura á lo sumo, y multiplicar su número en los conductores, lo cual puede hacerse á poca costa. En efecto, diez penachos de cobre, con sus 60 á 70 puntas delgadas, no cuestan tanto como una sola barra del antiguo modelo, y si se cree tener bastante con el hierro galvanizado labrado en punta, doscientas ó trescientas puntas, diseminadas por la parte culminante de los edificios, en forma de penachos de 5, 6 ó 7 puntas delgadas, no costarán tanto como una sola barra de regular altura. Por lo común, dice el mismo físico, empleo penachos bastante cortos, de 0^m,50 á 1^m,50 y hasta 2^m, con las puntas inclinadas 45º y extendidas en forma de abanico ó de canastillo alrededor de la punta central más larga que las otras; estas puntas tienen de 6 á 8 milímetros de diámetro en la base. Se las puede hacer de cobre rojo ó de hierro y zinc; también se puede emplear un alambre de estos dos metales, terminado en una punta aguda de cobre rojo, disposición análoga á la empleada por la Academia para las grandes barras.,,

En la casa consistorial de Bruselas se ha instalado un sistema de puntas y penachos muy numerosos en todas las partes salientes y culminantes, estando unidas entre sí por una red de conductores que encierran todo el edificio como en una jaula metálica. Hase establecido muy extensamente la comunicación con tierra; los conductores del pararrayos aéreo van á parar á una caja de hierro galvanizado del que parten tres series de alambres subterráneos; una de ellas penetra en un pozo y las otras dos están empalmadas á las cañerías de agua y de gas.

El monumento del rey Leopoldo en Laeken está resguardado por un sistema de penachos y de conductores múltiples análogo; en Francia hay también varios edificios públicos en los que se ha adoptado ya este mismo sistema.

CAPITULO III

LA TELEGRAFÍA ELÉCTRICA

I

INVENCION DE LA TELEGRAFÍA ELÉCTRICA

La *telegrafía*, ó arte de comunicar á larga distancia, de modo que se transmitan órdenes, noticias é instrucciones detalladamente y con precisión, es una invención puramente moderna, un arte contemporáneo por decirlo así. En el capítulo consagrado á la telefonía hemos dicho cuáles eran los medios elementales usados desde tiempo inmemorial por todos los pueblos para ponerse en rápida correspondencia á grandes distancias: las hogueras, las bocinas, la voz humana transmitida de centinela en centinela, los

cañonazos, las señales marítimas consistentes en combinaciones de objetos visibles, todos estos medios se basaban en la propagación rápida, si no instantánea, de dos agentes físicos, uno mucho más lento que el otro, el sonido y la luz.

Pero hasta fines del siglo pasado no se pensó en perfeccionar la telegrafía haciéndola servir para la transmisión de despachos gubernamentales, para asegurar el secreto de estos despachos, sin dejar de darles el mismo grado de precisión que el lenguaje mismo. La Convención nacional adoptó en 1793 los telégrafos aéreos de Chappe, y al poco tiempo se difundieron por todos los países civilizados. Pero aun antes de idearse estos telégrafos, se habían hecho varios ensayos de otro género: una ciencia nueva, la electricidad, había venido á revelar la existencia de un agente que se propagaba con velocidad comparable á la de la luz, y en todas partes se concibió la idea de utilizar los fenómenos de este agente para las comunicaciones rápidas. Aún no habían transcurrido cincuenta años, cuando el telégrafo eléctrico estaba inventado y destronaba al aéreo.

Hoy surcan el globo entero los alambres que sirven para transmitir el pensamiento humano con la velocidad del rayo para las necesidades del comercio, de la política, de la ciencia, lo mismo que para la correspondencia privada. Forman una red de longitud asombrosa, que no tan sólo se extiende por los continentes, sino que cruza los océanos y une á todas las naciones del mundo, desde Europa hasta las Indias, en Africa, Australia y América. Esta maravillosa cadena llegará en breve desde el continente americano al Japón y á la China, atravesando el Pacífico en toda su extensión y completando así el enlace del esferoide terrestre. Más adelante daremos la estadística de la telegrafía eléctrica universal; ahora acabaremos de bosquejar la historia de tan maravillosa invención.

Para trazarla con todos sus detalles, se necesitaría no ya un capítulo, sino un volumen entero. Aquí nos bastará indicar someramente sus principales fases, y demostrar cómo van ligadas con los mismos progresos de la ciencia.

Antes de la invención de la pila, los proyectos de comunicación eléctrica no produjeron ninguna aplicación práctica, por más que fueron bastante numerosos. En el sistema de Lessage (1774), la electricidad de una máquina se transmitía por alambres aislados á electros copios cuyos movimientos marcaban las letras del alfabeto; había, pues, veinticuatro hilos para otras tantas letras. Más adelante, en 1798, Bethencourt sustituyó las descargas de una botella de Leyden á las de una máquina ordinaria, y se instaló el sistema entre Aranjuez y Madrid, en una distancia que no baja de 44 kilómetros. Era un sistema análogo al que construyó el físico francés Lomond en 1787. Reiser en 1794, Cavallo en 1795, Salvá en 1796 y por fin Ronald en 1823 se valieron también de la electricidad estática para la transmisión de señales, modificando el modo de indicación, por ejemplo utilizando las chispas que se hacen brotar de los cuadros chispeantes.

El descubrimiento de la pila encaminó á los inventores por una vía más interesante y más inmediata á la solución verdadera. El americano Coxe en 1800, Sæmmering en 1811 y Schweigger, el inventor del multiplicador, en 1828, tuvieron sucesivamente la idea de aprovechar las propiedades químicas de la corriente voltaica. Las burbujas de oxígeno y de hidrógeno procedentes de la descomposición del agua marcaban, al desprenderse en una de las estaciones, varias señales convenidas que se reproducían en la otra estación, es decir, en el extremo opuesto de los alambres, mediante interrupciones sucesivas de la corriente.

Un nuevo progreso de la ciencia, el descubrimiento de la acción de las corrientes sobre la aguja imanada (Ersted, 1820), fué el punto de partida de nuevas investiga-

ciones, que condujeron por último al objeto apetecido. El año mismo de este descubrimiento capital, Ampère definía dicho objeto, é indicaba en estos términos los medios de alcanzarlo:

“Con tantos hilos conductores y agujas imanadas como letras hay, dice este ilustre físico y filósofo, y con el auxilio de una pila situada lejos de las agujas y puesta alternativamente en comunicación por sus dos extremos con los de cada conductor, se podría formar una especie de *telégrafo* á propósito para escribir todos los detalles que se quisiera transmitir á través de cualesquiera obstáculos á la persona encargada de observar las letras colocadas en las agujas. Poniendo sobre la pila un teclado cuyas teclas llevaran las mismas letras y estableciesen la comunicación al bajarlas, sería fácil conseguir un sistema de correspondencia que no exigiría más tiempo que el necesario para tocar por un lado y leer por el otro cada letra.”

No se realizó la idea de Ampère tal como él la había formulado; hubiera sido demasiado grande el número de galvanómetros, cada uno de los cuales debía corresponder á una letra del alfabeto ó á cualquier otro signo transmisible; pero cuando describamos el telégrafo electro-magnético de agujas veremos que dicha idea es el principio en que se ha basado su construcción. Al ilustrado inglés Wheatstone se deben los perfeccionamientos y simplificaciones que han dado á la idea de Ampère toda su importancia práctica.

Pero esta idea se aplicó de varios modos antes de llegar á realizarla por completo. Schilling la llevó al terreno de la práctica en 1833 en San Petersburgo, pero en pequeña escala. Cinco alambres de platino metidos en un cable de seda iban á parar á un multiplicador, cada cual por uno de sus extremos, y por el otro á un teclado como el de un piano. Emitíase la corriente de la pila á cualquiera de los alambres bajando la correspondiente tecla, y la aguja se inclinaba á un lado ó á otro, según el sentido de la corriente, lo cual formaba, con las cinco agujas, diez signos diferentes. Riehtie y Alexander construyeron en 1837 en Edimburgo un aparato por el mismo sistema: tenía treinta agujas que correspondían á otros tantos alambres tendidos entre las dos estaciones y á igual número de signos. Gauss y Weber emplearon también esta clase de aparato para poner en comunicación el gabinete de física con el observatorio de Göttinga.

Sin embargo, la corriente emitida era de origen electro-magnético: las desviaciones á derecha é izquierda de la aguja correspondían á los movimientos de un carrete, unido á los hilos de la línea, alrededor de un fuerte imán cilíndrico, de donde nacían corrientes de sentido contrario alternativamente.

Llega la época (1837 y 1838) en que la telegrafía eléctrica pasa del período de las pruebas y de los tanteos al de la realización verdaderamente práctica, y los nombres de Wheatstone, Steinheil, Morse, Massón y Breguet nos traen á la memoria los importantes trabajos, descubrimientos y adelantos que caracterizan á los diversos sistemas sucesivamente adoptados. Suspendemos, pues, las ojeadas históricas para entrar en la descripción de estos sistemas, mas al terminar debemos recordar con un ejemplo hasta qué punto se enlazan las aplicaciones de la ciencia con los progresos verdaderamente científicos. A no haber sido por el descubrimiento de las nuevas pilas y por la sustitución de las corrientes constantes á las de las pilas primitivas, probablemente estaría aún en la infancia el arte maravilloso de la telegrafía eléctrica, la cual no habría pasado de ser una aplicación curiosa de la física en vez de un invento de utilidad y uso universales.

II

EL TELÉGRAFO ELÉCTRICO. — TEORÍA GENERAL

Hemos visto que si en un pedazo de hierro dulce se enrolla en hélice ó espiral un hilo metálico aislado, se forma un *electro-imán*, es decir, un imán temporal, cuyo poder magnético subsiste mientras dura el paso de una corriente eléctrica, cesando tan luego como ésta queda interrumpida. También sabemos que esta imanación transitoria es instantánea y que cesa con la misma rapidez con que ha tenido origen. De aquí resulta que, si por un medio cualquiera se hace pasar una corriente eléctrica por la hélice del electro-imán, y luego se la anula en una serie rápida de operaciones compuestas de esta doble operación elemental, se reproducirá y cesará el mismo número de veces la atracción de la armadura del imán por sus polos. Hase aprovechado esta propiedad para obtener una serie de movimientos alternativos de la armadura, para lo cual basta proveerla de un muelle que la mantenga á corta distancia de los polos sin impedir que se ponga en contacto con éstos cuantas veces pase la corriente.

Se ha basado en este principio la construcción de máquinas que han recibido el nombre de *máquinas electromotrices*, porque la electricidad es la generatriz del movimiento que producen. Este movimiento, que se ha tratado de utilizar en concepto puramente mecánico, según veremos en otro capítulo, sirve para producir signos que se pueden transmitir con grandísima rapidez á distancias considerables, gracias á la inconcebible velocidad con que la electricidad se propaga por un alambre conductor. Tal es, reducido á su mayor sencillez, el modo de movimiento más generalmente adoptado en los varios sistemas que componen la telegrafía eléctrica.

Sin embargo, en algunos de ellos la corriente eléctrica actúa, ya directamente sobre las agujas de un galvanómetro, ó ya indirectamente en virtud de sus propiedades químicas ó electrolíticas. Pero, cualquiera que sea el modo de acción de la electricidad, todo telégrafo eléctrico se compone necesariamente de las partes siguientes:

1.^a Un aparato productor de la corriente, es decir, de un *electromotor*; es una pila voltaica, pero también se podría emplear, y se emplea á veces, una máquina de inducción magneto-eléctrica;

2.^a Un aparato de transmisión que forma un circuito ó *conductor* electro-dinámico; es el hilo ó los hilos de línea que enlazan las estaciones de partida y de llegada de los signos;

3.^a Un aparato productor de signos llamado *manipulador*; es el que maneja la persona que transmite el despacho;

4.^a Un aparato receptor, en el que se reproducen los signos en la estación de llegada, y al cual se da el nombre de *receptor*.

En breve veremos que en un telégrafo eléctrico hay otros aparatos secundarios, como los timbres, los relevadores de corrientes, los pararrayos, etc., cuya descripción haremos en su lugar oportuno.

Estos son los principios de la telegrafía eléctrica, tal como se la viene practicando hasta el presente. El número de sistemas que han estado y están todavía en uso en la red universal es bastante crecido. Tan sólo podemos ocuparnos aquí de los más usados, y entre éstos de los más originales, esto es, de los que se distinguen por alguna idea característica, por un mecanismo especial ó la particularidad de los signos. Por este

último concepto, se pueden clasificar en cinco grupos los telégrafos eléctricos conocidos:

1.^o Los *telégrafos de agujas*, que son aquellos cuyos receptores se componen de agujas imanadas sometidas á la acción inmediata de la corriente que circula por el alambre de la línea, de lo cual resultan desviaciones á derecha ó á izquierda que constituyen los elementos mismos de las señales.

2.^o Los *telégrafos de cuadrante*, cuyo receptor consiste en una esfera ó cuadrante provista de una aguja indicadora á la cual imprime su marcha un electro-imán, sometido á su vez á la acción de una corriente alternativamente emitida por el hilo é interrumpida.

3.^o Los *telégrafos escritores*, en los que el despacho transmitido queda marcado en el receptor, en una cinta de papel que se va desarrollando de un modo continuo; un punzón ó una laminilla de acero cuyo movimiento es debido al paso y á la interrupción de la corriente, produce los signos de relieve ó los marcados con tinta.

4.^o Los *telégrafos impresores* en los que el despacho resulta impreso en caracteres tipográficos, por lo cual no hay necesidad de traducirlos.

5.^o Por último, los *telégrafos autógrafos*, que no tan sólo reproducen el texto, sino hasta el facsímil del despacho; de modo que se pueden expedir y reproducir firmas y dibujos con su forma original. Por este motivo, se ha dado á dichos aparatos el nombre de *pantelégrafos* (del griego *pan*, que significa *todo*).

Pasemos ahora á ocuparnos de los detalles del mecanismo de los principales sistemas de telegrafía cuya enumeración acaba de leerse.

III

LOS TELÉGRAFOS ELÉCTRICOS DE AGUJAS

Empecemos por los telégrafos eléctricos de agujas que, según hemos dicho antes, han sido los primeros sancionados prácticamente por la experiencia.

M. Wheatstone fué su inventor.

En un principio empleaba este ilustre físico cinco galvanómetros, lo cual requería seis hilos de línea, contando el de regreso. Las agujas estaban colocadas delante y en la línea central de un rombo, y los galvanómetros correspondientes detrás del cuadro, así como las puntas de los hilos de cada uno de ellos. Cuando se emitía la corriente con el manipulador á través de dos de los cinco galvanómetros en diferente sentido, las dos agujas se inclinaban á la vez, se colocaban diagonalmente y dirigían su punta hacia una de las letras inscritas en el cuadro. Por ejemplo, las agujas 1 y 4 (fig. 308) que dirigen sus puntas superiores á lo alto del lado izquierdo del cuadro, marcan la letra B; al pasar la corriente por ambos galvanómetros en sentido opuesto, dirigen las agujas sus puntas inferiores hacia la parte de abajo del cuadro, y marcan la letra V. Cuando se pone en movimiento una sola aguja, marca una de las cifras inscritas en los bordes inferiores del cuadro.

Dos cuadrantes iguales unidos entre sí por los cinco hilos de la línea daban á la vez las mismas indicaciones, cuando la persona que transmitía el despacho manejaba el manipulador. Cuando éste estaba en reposo, todos los circuitos estaban cerrados unos por otros. Bajando dos de los botones marcados con las cifras 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18, situados en dos filas horizontales diferentes, pasaba la corriente por

los dos galvanómetros correspondientes, después de recorrer á la vez los hilos de la línea y de poner en movimiento las mismas agujas del cuadrante receptor.

No describiremos el mecanismo del manipulador de este sistema, que si bien funcionó con éxito en el ferrocarril de Londres á Birmingham, fué reemplazado por otro sistema más sencillo. Y en efecto, M. Wheatstone, asociado con M. Cooke, lo modificó en breve reduciendo el número de galvanómetros á dos y hasta á uno, de cuya modificación resultaron los telégrafos de una y de dos agujas, que se adoptaron en las líneas inglesas y que vamos á describir. Como se verá, su mecanismo es muy sencillo.

La figura 309 representa, á la izquierda, la cara anterior del aparato que es idéntico en la estación de origen y en la de destino. En el centro se ve la aguja exterior

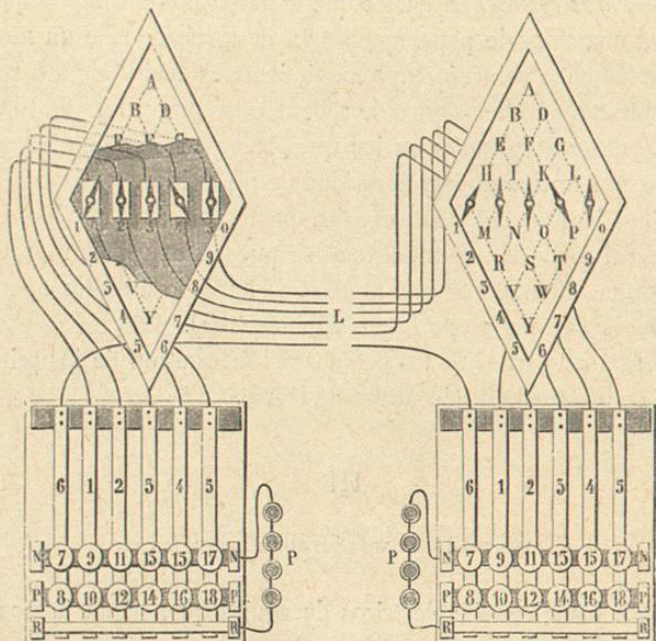


Fig. 308.—Telégrafo de cinco agujas de Wheatstone

del galvanómetro, cuyas desviaciones á derecha é izquierda están marcadas por las cifras 1 y 3, y limitadas á uno y otro lado por un botoncito de marfil. En la parte inferior se ve el mango del manipulador, que el empleado inclina á derecha ó á izquierda, según el sentido de la desviación que quiera producir. Combinando el orden y el número de las desviaciones de la aguja á ambos lados, bastan 1, 2, 3 ó 4 movimientos para representar las letras del alfabeto, las cifras de la numeración y los signos convencionales. Estos últimos eran en Inglaterra los siguientes:

A	33	H	113	O	11	V	1311
B	1131	I	31	P	1111	W	1333
C	311	J	3133	Q	1313	X	3113
D	133	K	1331	R	333	Y	3111
E	1	L	331	S	111	Z	3131
F	313	M	1113	T	3		
G	1133	N	13	U	131		

Las cifras están marcadas por el número y el orden de las desviaciones á derecha é izquierda de la punta inferior de la aguja. Mediante un signo convenido se pasa de

las letras á las cifras y de éstas á aquéllas. Digamos de una vez para siempre que estas combinaciones de signos son puramente arbitrarias, y por consiguiente los adoptados en Bélgica para este sistema de telégrafos eran distintos de los susodichos, á pesar de lo cual el mecanismo era idéntico.

He aquí cuál es el manipulador del telégrafo de Wheatstone de una sola aguja (*single needle*).

Como se ve á la derecha de la figura 309, que presenta el aparato por su cara posterior, el galvanómetro G está situado en el centro de la borna vertical que está representada por su cara anterior en la misma figura. La aguja indicadora está montada so-

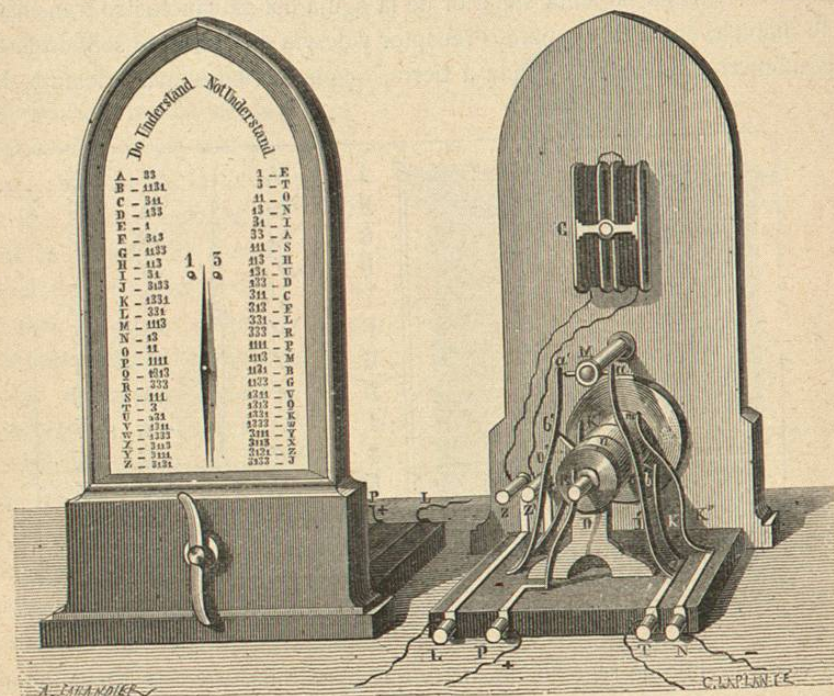


Fig. 309.—Telégrafo de una aguja de Cooke y Wheatstone: manipulador y receptor

bre el mismo eje que la imanada del galvanómetro; si bien ambas están imanadas, formando un sistema compensador, como en el galvanómetro de Nobili. Lo que en rigor constituye el manipulador ó conmutador está situado debajo del galvanómetro, y se compone de un cilindro de boj, sustentado por dos muñones metálicos, en el eje del mango exterior y que, como éste, puede girar á derecha ó á izquierda. Dicho cilindro está rodeado exteriormente de dos láminas metálicas aisladas entre sí, *m* y *n*. El muñón D está en contacto constante con el muelle R, y también con la placa *n*. De cada una de estas placas parten dos puntas metálicas *b* y *b'*, y según su posición, tropieza la primera con el muelle K y la segunda con el U. La placa *m* está en contacto permanente con el muelle K". En M se ve un vástago metálico provisto lateralmente de dos puntas que, según la posición del mango, tocan en *a* y *a'*, ya con el muelle U', ya con el U.

Por último, los hilos del galvanómetro aducen á dos bornas Z y Z' unidas á su vez, la primera con la borna L del hilo de línea, y la segunda con los muelles U' K' y el hilo del polo positivo de la pila; por otra parte, los muelles K y U están enlazados con el hilo de tierra T, y K" con el polo negativo N de la pila.