

manipulador particular; cierto número de empleados utiliza el hilo de línea, cada uno á su vez, de suerte que transmiten y descansan alternativamente, y el hilo de línea funciona constantemente gracias á este medio. Méyer inventó en 1871 y aplicó á los signos Morse el primer sistema de transmisión múltiple basado en este principio, sistema que funciona especialmente en la línea de París á Lyon y en las grandes líneas de las redes suizas y austriacas.

Los aparatos transmisores del telégrafo múltiple Méyer son manipuladores de teclado. Cada uno de ellos se compone de cuatro teclas blancas y otras tantas negras; bajando una de éstas se produce una emisión breve de la corriente, un *punto*; bajando una blanca, resulta una *raya*, y por consiguiente, bajando simultáneamente unas ú otras, se tiene una combinación de puntos y rayas, cuyo conjunto forma, como en el alfabeto Morse, una letra, una cifra ó cualquier otro signo.

Cada uno de los receptores tiene por órgano impresor una fracción de hélice de un cuarto de circunferencia (si hay cuatro manipuladores). La punta de una palanca que forma la armadura de un electro-imán apoya el papel sobre la hélice por espacio de un tiempo igual á la duración de la emisión de la corriente; resultando una raya ó un punto en la cinta, que se desenrolla con una velocidad de 3 milímetros por vuelta delante de los cilindros que llevan las fracciones de hélice. Los signos quedan así impresos transversalmente, por lo cual no es posible que se confundan dos letras consecutivas, obteniéndose además una gran reducción en la longitud de la cinta que constituye el despacho. Añadamos que cada manipulador puede servir dos receptores, uno en la estación de partida y otro en la de llegada, con lo cual se tiene doble comprobación.

Pero el órgano principal del telégrafo Méyer es el *distribuidor* encargado de dirigir la corriente de la pila al hilo de línea, de modo que las emisiones emanadas de cada manipulador pasan sucesivamente al receptor correspondiente de la estación que transmite, y de allí á la del de la que recibe. El distribuidor Méyer es una rueda metálica fija, aislada, dividida en su circunferencia en 48 partes iguales. Cada cuarto de círculo formado de 12 divisiones está afecto al servicio de un manipulador. Cuatro grupos de divisiones dobles están unidas por un haz de ocho hilos aislados con las ocho teclas de su teclado; las otras cuatro divisiones comprendidas entre los grupos están en comunicación con tierra.

Un mecanismo de relojería, regularizado por un péndulo cónico, pone en movimiento á la vez las hélices de los receptores y una varilla elástica ó frotador que recorre la circunferencia del disco del distribuidor. El frotador pone así cada manipulador y el receptor correspondiente en contacto con la línea durante un cuarto de revolución, con lo cual cada uno de los cuatro empleados tiene la línea á su disposición mientras dura este cuarto, avisándole además el ruido de una pequeña palanca del momento en que resulta transmitido el signo que expide.

No hay para qué decir que la condición esencial de un sistema de este género es el sincronismo de los movimientos de los aparatos en las dos estaciones. Al describir el telégrafo impresor Hughes vimos ya cómo podía realizarse esta condición.

El telégrafo múltiple impresor Baudot imprime en caracteres ordinarios los despachos que transmite, como el telégrafo Hughes. Es una verdadera maravilla de precisión y rapidez, por lo cual su autor ha obtenido en la Exposición internacional de Electricidad una de las más altas recompensas, el diploma de honor. Necesitaríamos escribir muchos capítulos para que se comprendiera bien el modo de funcionar de todos los órganos de este sistema; por lo cual nos limitamos lisa y llanamente á hacer mención de él.

CAPITULO VI

LAS LÍNEAS TELEGRÁFICAS

I

LÍNEAS TELEGRÁFICAS AÉREAS.—LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

Hasta ahora sólo hemos hablado de los aparatos que sirven para producir ó recibir signos. Réstanos describir los hilos que los transmiten, es decir, que dan paso á las corrientes eléctricas, principio verdadero de la telegrafía.

Una línea de telegrafía eléctrica aérea se compone de alambres suspendidos por lo común de postes de madera plantados á distancias iguales en el trayecto de la línea. En un principio estos alambres eran de cobre de 2 milímetros de diámetro. Este metal tenía la ventaja de ser muy buen conductor de la electricidad; mas aparte de su elevado precio, tenía el inconveniente de perder su elasticidad por efecto de los cambios de temperatura, y de hacerse quebradizo. El cobre, desechado generalmente (1), ha sido reemplazado por el hierro recocido, más resistente, menos costoso, y al cual se dan 3, 4 ó 5 y hasta 6 milímetros de diámetro; el alambre de 3 milímetros se usa en las líneas que pasan por las vías férreas, el de 4 en las de servicio interior, y el de 5 en las del internacional: por último, en las líneas un tanto largas, en las que importa que las corrientes encuentren la menor resistencia posible, se emplea alambre de 6 á 6,5 milímetros de diámetro, especialmente en Inglaterra.

Los alambres de las líneas telegráficas están galvanizados, es decir, que después de limpiarlos en agua acidulada, se los cubre de una delgada capa de zinc; ésta se oxida al aire, lo cual preserva al hierro del orín, y además impide, por una acción eléctrica, la oxidación de las partes que se encuentren accidentalmente á descubierto. Algunos constructores prefieren, no obstante, el alambre no galvanizado, pero entonces le dan mayor diámetro en compensación de la capa de zinc.

El modo de empalmar los extremos de los alambres que constituyen la línea entra por mucho en su buena conducción eléctrica. En la figura 356 representamos dos clases de empalmes. También se usan manguitos de hierro, en los que se introducen, comprimen y aplanan las puntas de los alambres, echándoles en seguida soldadura de estaño por la abertura del manguito. Este sistema da buenos resultados, tanto por lo que hace al contacto como á la solidez de las junturas.

Los postes de suspensión de madera de pino (2), inyectados de sulfato de cobre, son aisladores cuando están secos. Mas para impedir la pérdida de electricidad cuando el



Fig. 356.—Empalmes de los hilos telegráficos

(1) En España se vuelven á instalar líneas de alambre de cobre silicioso de 2 milímetros de diámetro.
(2) En la India, en Australia y en la América del Sur, en donde la madera dura poco á causa de los daños que en ella causan los insectos, se usan con frecuencia postes de hierro.

tiempo está húmedo ó lluvioso, no se cuelga el alambre directamente en los postes, sino de aisladores de vidrio ó de porcelana, y á veces de asperón ó de caucho endurecido. En la figura 357 se ve cómo se colocan estos aisladores en los postes, y cómo sostienen los alambres, ya en las partes rectas de la línea ó bien en los puntos en que describe brascas curvas y requiere una disposición particular (aisladores de retención) para evitar los efectos de tracción.

La distancia de poste á poste es por término medio de 100 metros, aunque suele ser menor en las curvas y mayor en los valles, donde los alambres pueden formar vanos de 400 á 500 metros. La altura de cada poste, de 6 á 10 metros, es mayor cuando la línea ha de cruzar un río, una carretera, etc. En las ciudades se fijan los aisladores

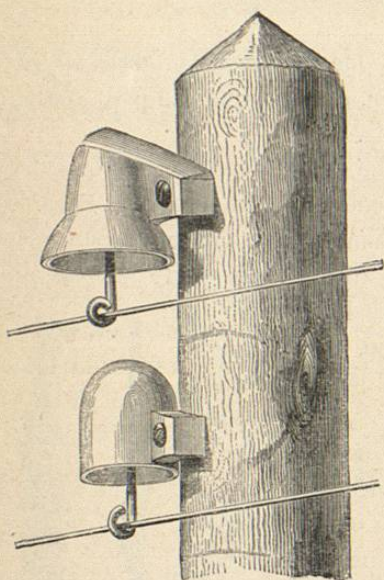


Fig. 357.—Poste y aisladores de suspensión

de porcelana en palomillas de madera empotradas en las paredes de los edificios y á veces en montantes sobre los tejados; pero de algunos años á esta parte se ha creído más conveniente reemplazar los hilos aéreos por hilos subterráneos, que se instalan también en las partes húmedas del trayecto, por ejemplo en los túneles. Cada poste sostiene por lo común muchos hilos, que se sujetan á intervalos de 25 á 30 centímetros, alternándolos á uno y otro lado para contrabalancear los efectos de tracción que pudieran derribar el poste. De kilómetro en kilómetro (á lo menos en Francia) se ponen *tensores*, aislados del mismo modo, esto es, suspendiéndolos de aisladores de porcelana; la placa de hierro que reúne los dos trinquetes es la que en este caso sirve para reunir eléctricamente las dos porciones del hilo (fig. 358). Esta tensión es necesaria para impedir que los alambres se toquen y se crucen.

En los comienzos de la telegrafía eléctrica inspiraba poca confianza el sistema de suspensión de los hilos al aire libre, por creerlo sujeto á causas de frecuentes derivaciones ó pérdidas de corriente y porque se recelaban continuas averías á mano airada. En Prusia y en Rusia especialmente, se enterraban los alambres á 50 ó 60 centímetros de profundidad. Pero este sistema, dispendioso en demasía, se ha desechado casi en todas partes; hace algunos años estaba reservado, como lo está aún hoy generalmente, á los trayectos de línea que penetran en el interior de las ciudades ó que pasan por los túneles de las vías férreas. He aquí cómo se disponían en tal caso los diferentes conductores.

Los hilos eran de cobre, cubiertos de una capa de gutapercha y reunidos de modo que formaban un cable recubierto á su vez de cáñamo embreado. Colocábase este cable dentro de un tubo de hierro, de madera creosotada ó de plomo, que se sepultaba á la profundidad máxima de un metro, sobre una capa de arena ó de tierra cribada. Tal era la línea subterránea que enlazaba la administración central de telégrafos de París, situada en el Luxemburgo, con las estaciones de Montparnasse y de los ferrocarriles de Lyon y de Orleans: sus resultados no han sido enteramente satisfactorios, y hubo que retirar del servicio los hilos á causa de sus frecuentes pérdidas de corrientes.

Otro sistema consistía en usar alambres de hierro galvanizado semejantes á los de

las líneas aéreas, reunidos en grupos de cuatro, seis y diez, y aislados entre sí con masas de betún. El cable formado de este modo estaba metido en otra masa de betún extendida en el fondo de una zanja de un poco más de un metro de profundidad. Este procedimiento ha dado excelentes resultados, pero las zanjas deben estar resguardadas de las filtraciones del gas que á la larga alteran el betún.

En los túneles se colgaban los hilos de la bóveda, pero preservándolos de la humedad con una capa de gutapercha que los reunía formando un solo cable; hase reconocido, sin embargo, que la cubierta aisladora se altera muy pronto por efecto de la acción de los agentes atmosféricos.

Según acabamos de decir, las líneas telegráficas subterráneas eran, hasta hace pocos años, una excepción en la red cada vez más dilatada de la telegrafía eléctrica general. Pero precisamente, á medida que aumentan las necesidades del servicio, se sienten más y más los inconvenientes de las líneas aéreas. Estos inconvenientes son graves: las influencias de la electricidad atmosférica en los hilos producen de vez en cuando, por ejemplo en los temporales, perturbaciones que imposibilitan la marcha regular de las comunicaciones: las intemperies, vientos, heladas, nieves y rayos causan averías que interrumpen el servicio hasta que quedan remediadas. Durante el terrible invierno de 1876, el peso del hielo rompió los hilos en muchos puntos. Por último, en tiempo de guerra ó de contiendas civiles, las líneas están expuestas á violencias y destrucciones fáciles de llevar á cabo.

Por todas estas causas se vuelve á adoptar el sistema primitivo, y hace algunos años que las grandes potencias, como Inglaterra, Alemania y Francia, van sustituyendo, á lo menos en los grandes trayectos y en las líneas más importantes, las subterráneas á las aéreas. No podemos entrar en detalles acerca de los procedimientos técnicos empleados para la colocación de cables subterráneos, operación que, por otra parte, se relaciona indirectamente con nuestro objeto; por lo cual nos limitaremos á apuntar algunos datos sobre la situación actual de esta costosa sustitución.

“En estos últimos cuatro años Alemania y Francia han entrado resueltamente en esta vía; añadiremos que la Gran Bretaña había hecho en 1873 un ensayo de esta clase construyendo una línea de 1,207 kilómetros, cuya prueba no salió bien, puesto que á los seis años hubo que reemplazar dicha línea subterránea por otra aérea. En 1876 se hizo una nueva prueba en Alemania, tendiéndose entre Berlín y Halle, ó sea en un trayecto de 195 kilómetros, un cable del tipo que se quería adoptar; habiendo parecido satisfactorios los resultados, se construyeron otras líneas, y en 1.º de enero de 1881 había 4,000 kilómetros de líneas enteramente terminadas. En dicha época, Berlín estaba en comunicación con Maguncia por Halle, Cassel y Francfort del Mein; con Colonia por Magdeburgo, Brunswick, Hanover, Minden, Münster, Wésel y Dusseldorf; con Hamburgo y con Kiel. Hay una línea de Francfort del Mein á Estrasburgo por Darms-

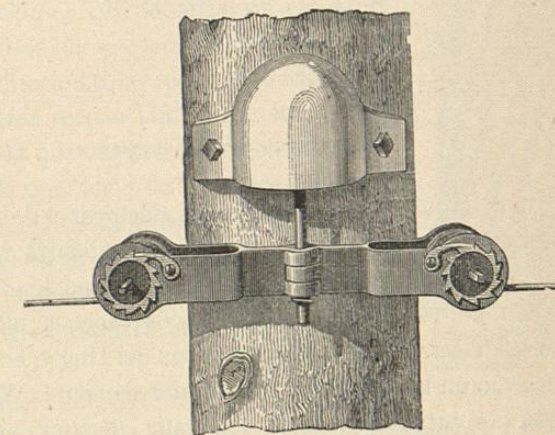


Fig. 358.—Tensor

tadt, Mannheim, Carlsruhe, Rastadt y Kehl, y otra de Colonia á Metz por Coblenza y Tréveris. Por último, Metz y Estrasburgo están también en comunicación subterránea.

„Hacia la misma fecha se habían construído otros ramales de menor importancia, habiendo en ejecución ó en proyecto varias líneas semejantes á las que dejamos mencionadas, y anunciándose que la red completa tendrá á lo menos 30,000 kilómetros.

„Francia ha emprendido este trabajo más tarde que Alemania; pero la activa ejecución de las nuevas líneas permitirá acabarlas en un plazo relativamente breve: de aquí á poco tiempo cada una de las grandes vías férreas tendrá á corta distancia otra línea telegráfica subterránea que seguirá el mismo trayecto general; y además se instalarán del propio modo otros conductores para enlazar directamente entre sí las principales ciudades de estas primeras arterias, y será teóricamente imposible una interrupción de comunicaciones telegráficas como la del invierno de 1879-1880.” (*La Luz eléctrica*, junio de 1882.)

II

LÍNEAS TELEGRÁFICAS SUBMARINAS. — CABLES TRANSOCÉANICOS

La transmisión de las corrientes eléctricas y de los signos que constituyen la telegrafía eléctrica, transmisión que, según acabamos de ver, se efectúa en el aire y en el seno de la tierra por medio de alambres aislados, ¿es posible en el agua?

Tan interesante problema resolvióse apenas planteado. En 1839, O'Shaughnessy enlazaba eléctricamente las dos orillas del Hugly, en la India, con un alambre aislado y sumergido en las aguas del río. Al año siguiente, Wheatstone, cuyo nombre va unido á cada fase progresiva de la telegrafía eléctrica, propuso enlazar á Douvres y Calais con un cable, proyecto que no se realizó hasta 1850, en cuya época el ingeniero francés Brett tendió un alambre de cobre cubierto de una capa de gutapercha entre el cabo Gris-Nez y Douvres. Este cable fué roto (1), pero quedó demostrada la posibilidad de la comunicación telegráfica submarina, y en 1851 se estableció definitivamente otro cable á través del estrecho. Aún se necesitaron quince años de pruebas, de tentativas más ó menos afortunadas para resolver por completo el problema; pero el feliz éxito de la colocación y funcionamiento del inmenso cable transatlántico que une á Europa con América, entre Irlanda y Terranova, fué el punto de partida de un desarrollo asombroso de la red telegráfica universal. En la actualidad el globo terráqueo está surcado, no sólo á través de los continentes, sino en la profundidad de los mares, de hilos que transmiten á todas partes con la rapidez del rayo los despachos oficiales y privados de todas las naciones civilizadas.

Entremos en algunos detalles acerca de las líneas submarinas, de la estructura de los cables que contienen los hilos y del método de inmersión adoptado.

El alambre conductor de un cable submarino está cubierto de muchas envolturas que tienen por objeto el aislarle, ó bien el de preservarle de cualquier avería. Consiste, bien en un alambre de cobre de uno ó dos milímetros de diámetro, ó bien en una cuerda formada de cinco ó seis hilos muy finos retorcidos en espiral; hoy se da la preferencia á esta última disposición porque, en caso de avería ó de rotura de los hilos in-

(1) Pasaron algunos despachos, unos 400; pero de pronto el hilo cesó de funcionar. Un pescador lo había sacado en sus redes, y cortando un trozo de él, se apresuró á llevarlo triunfalmente á Boulogne para enseñar aquel raro producto marino de centro dorado.

teriores, basta que uno ó dos de éstos resistan para que no se interrumpa la comunicación.

Lo importante es que los hilos estén rodeados de una capa de gutapercha, siendo por lo general cuatro de estas capas las que se ponen, de un espesor total de 3 á 4 milímetros. La gutapercha, además de ser una excelente materia aisladora, casi no se altera en el agua del mar. En un principio no se ponía á los cables otra envoltura, pero en breve se reconoció la necesidad de preservarla de cualquier avería, así es que hoy se la rodea de una capa de cáñamo embreado, y además de una serie de alambres galvanizados enrollados en espiral. En los adjuntos grabados reproducimos, en su tamaño natural, varios de los cables que funcionan en diferentes líneas telegráficas submarinas. Como se ve, estos cables son de distinto grueso, pero su fabricación es casi idéntica; sin embargo, en los antiguos cables se ponían varios hilos separados (fig. 360) á fin de multiplicar los medios de comunicación, mas se ha renunciado generalmente á este método por haberse reconocido los inconvenientes de los hilos múltiples, pues aparte de que requieren un volumen y un peso considerables, que dificultan la operación de tenderlos, la proximidad de los hilos engendra corrientes de inducción que entorpecen la transmisión. Por esto se prefiere, en el caso de que el mucho servicio lo exija, tender varios cables entre las estaciones extremas, con tanto mayor motivo cuanto que, si se inutiliza uno, siempre queda otro disponible.

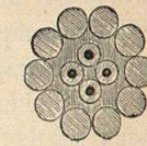


Fig. 359.—Cable submarino de varios hilos.

El cable de una misma línea suele ser de distinto grueso, según la parte de ésta que atraviese. Junto á la costa, donde hay poca profundidad y donde que proceden de la agitación de las olas durante los temporales, ó de tropezar en ellos las anclas de los buques ó las redes de los pescadores, el diámetro del cable es mayor; la envoltura metálica se compone de alambres gruesos revestidos de una composición silícea, la cual tiene por objeto aumentar la resistencia al desgaste causado por el roce contra las rocas. Tal es el *cable de costa*. Para las profundidades medias se adopta un cable de menor diámetro, tanto para el conjunto como para la envoltura metálica. Finalmente, para la parte destinada á su inmersión en alta mar, en las aguas más profundas, se adopta el grueso mínimo, pues allí el cable no está expuesto á las agitaciones de la superficie, y la disminución de su peso facilita su colocación.

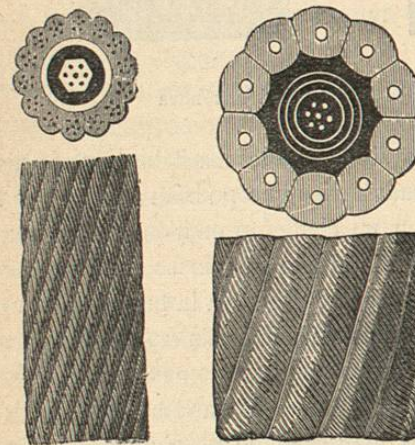


Fig. 360.—Cables submarinos: vista exterior y corte

Este peso es efectivamente enorme en los cables de las líneas submarinas un tanto largas. El de Douvres á Calais, tendido en 1851, pesaba más de 180,000 kilogramos y sólo tenía 41 kilómetros de longitud. Los cables transatlánticos que enlazan á Valentia y á Brest con América pesaban, el primero 865 kilogramos por kilómetro y el segundo 836, ó lo que es igual 4,300 toneladas de peso total el uno y cerca de 4,000 el

otro, valuando sólo la porción comprendida entre Brest y Saint Pierre Miquelón. Sólo un buque era capaz de embarcar semejante carga: el coloso de los mares, el *Gran Oriental*. Pero el inconveniente de semejante peso es sobre todo grave cuando la colocación se efectúa en las grandes profundidades, cuando la porción de cable en suspensión se desenrolla á 2,500 brazas (4^{km},06) de profundidad. Mas como no hemos de describir aquí las peripecias de la operación de tender un largo cable submarino, volveremos á ocuparnos del aspecto físico del asunto.

Antes de haberse logrado el resultado apetecido, muchas personas dudaban de la posibilidad de transmitir signos submarinos á grandes distancias, por ejemplo del conti-

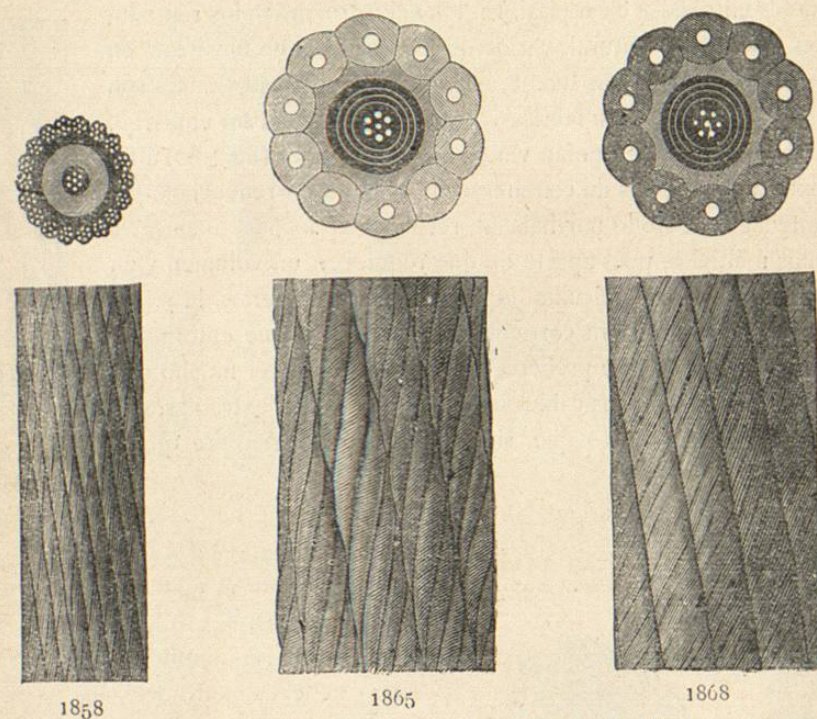


Fig. 361.—Cables transatlánticos de la línea de Valentia á Terranova

nente europeo al americano á través del Atlántico, si bien no les asustaba tanto la distancia misma como el desconocimiento de las circunstancias que podrían acompañar á un cable sumergido á profundidades enormes y en un elemento eminentemente conductor como es el agua de mar. ¿Qué resultados daría el hilo cuando se emitieran por él las corrientes eléctricas? ¿Sería suficiente su aislamiento? ¿Lo sería la fuerza de la corriente para llegar sin alteración de uno á otro extremo de la línea sin *relais*? Estos temores, formulados vagamente en un principio, parecieron por un momento justificados cuando, en agosto de 1858 y después de transmitirse algunos despachos entre los Estados Unidos é Irlanda, se vió que en los aparatos iban saliendo poco á poco signos confusos hasta que cesaron de funcionar, ignorándose al pronto la causa de la interrupción.

Hubo, pues, que emprender, ó mejor dicho, que empezar de nuevo el estudio práctico y teórico de la transmisión de corrientes por un hilo aislado y sumergido, de modo que se conocieran los obstáculos y se pudieran vencer con medios eficaces. Varios sabios acometieron esta tarea, entre ellos Faraday, Wheatstone, Guillemin, Gaugain y Siemens, y todos ellos contribuyeron á la solución de tan importante cuestión.

Reconocióse entonces que cuando una corriente eléctrica recorre un cable sumergido en el agua del mar, se transforma éste en un condensador análogo á la botella de Leyden: la carga eléctrica del hilo de línea interior actúa sobre los conductores exteriores, armadura metálica y agua del mar, al través de la envolvente aisladora, compuesta de gutapercha. Las corrientes inducidas así engendradas por la influencia de la corriente emitida á la línea por los aparatos persisten algún tiempo después de la rotura del circuito, de suerte que no es posible emitir una nueva corriente hasta que transcurre este tiempo, pues de lo contrario ocurrirían las cosas como si la línea estuviese recorrida por un flujo continuo de electricidad, y por lo tanto sería imposible transmitir signos. También quedó demostrado que la gutapercha no es absolutamente aisladora y

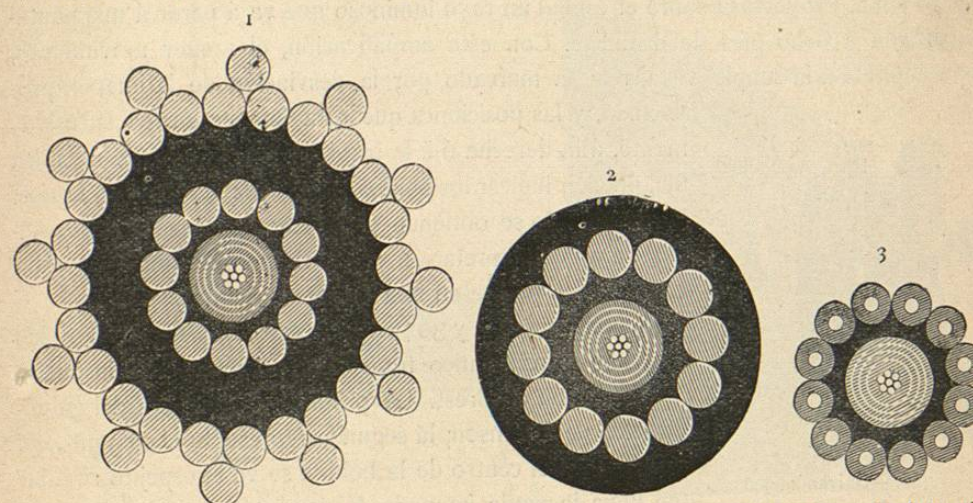


Fig. 362.—Cable transatlántico de la línea de Brest á San Pedro, tendido en 1867: tamaño natural: 1, cable de costa; 2, cable de profundidades medias; 3, cable de fondo ó de grandes profundidades

que la corriente se debilita á causa de cierta pérdida que tiene efecto al través de la envolvente aisladora.

Conocidas estas causas, fué ya posible combatir sus efectos. Reemplazáronse desde luego los electromotores voltaicos, las pilas, con aparatos de inducción magneto-eléctrica que daban corrientes de mayor intensidad, las cuales se propagan con más rapidez que las ordinarias. Además, para neutralizar las corrientes inducidas se han discurrido varios medios: uno, de Wheatstone, consiste en emitir por el cable alternativamente corrientes de sentido contrario; las inducidas que resultan de ellas son asimismo de sentido contrario, de suerte que se destruyen ó neutralizan. M. Varley ha interpuesto entre el manipulador y la línea un condensador de ancha superficie (40,000 pies cuadrados ingleses). He aquí cómo obra este condensador, según Du Moncel, para neutralizar las corrientes inducidas: "En el momento del contacto del manipulador (que es un simple invertidor de corriente, de teclas), pasa una corriente por el cable actuando sobre el receptor, corriente que es positiva ó negativa, según la tecla del manipulador que se baje. Mas tan luego como se levanta esta tecla, se establece una comunicación entre el condensador y la tierra, y la electricidad condensada puede perderse en ésta á ambos lados de la línea. Entonces sucede que la carga de nombre contrario de la que ha dado la primera corriente que ha influido en el receptor, encuentra á ésta al través del cable y la neutraliza instantáneamente destruyendo á la vez el efecto de inducción producido por ella en la envolvente del cable. De este modo, el cable se halla reinten-