

# INSTRUCCION

SOBRE

# PARARAYOS,

POR

DON EDUARDO RODRIGUEZ,

INGENIERO INDUSTRIAL

Y CATEDRÁTICO DE FÍSICA.

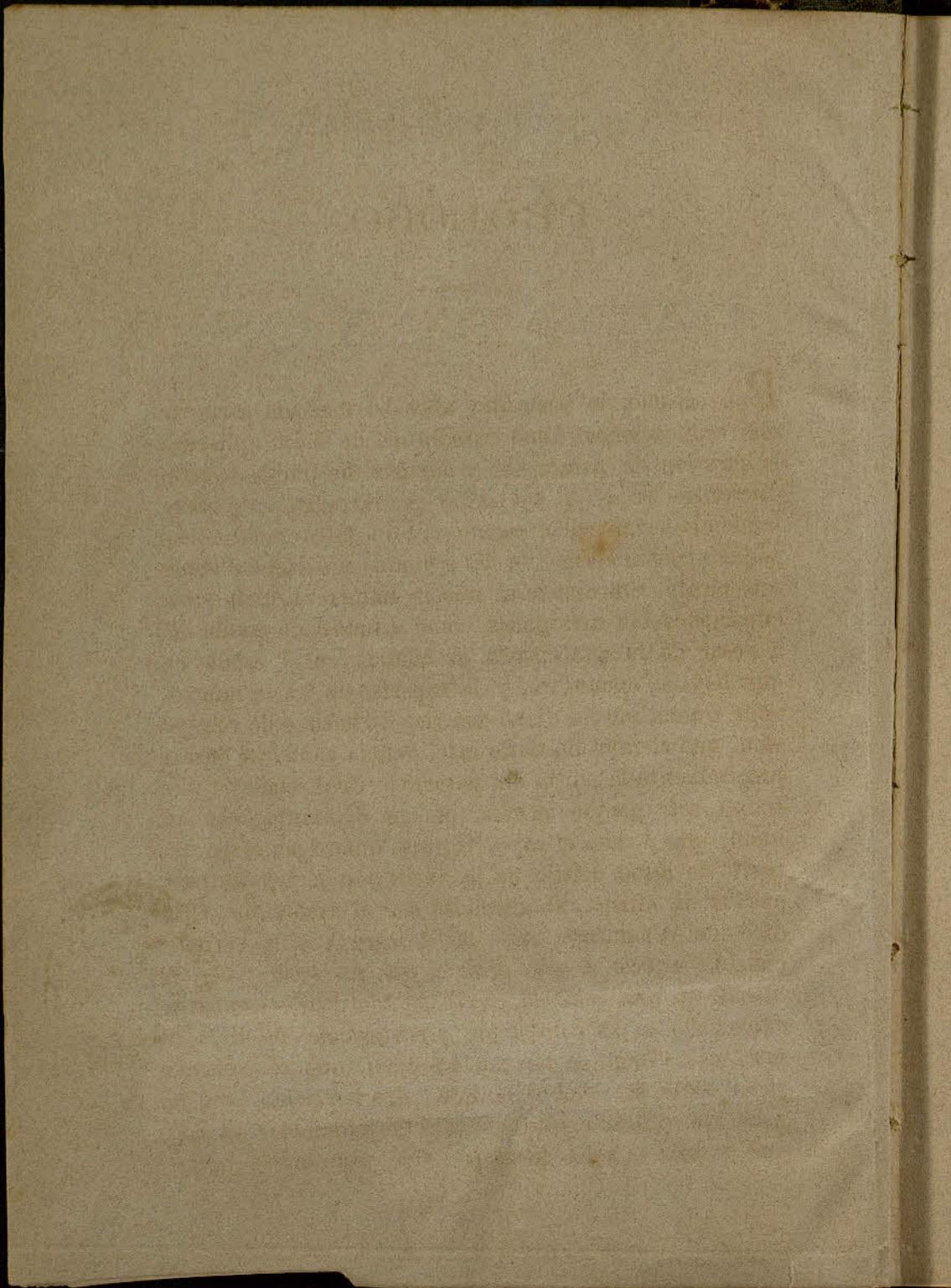


MADRID  
CÁRLOS BAILLY-BAILLIÈRE  
Plaza de Topete (antes de Santa Ana), número 8.

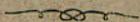
1869.

R 26949





## PRÓLOGO.



Por espacio de bastantes años ha formado parte de mis esplicaciones, como catedrático de física aplicada, la cuestion de pararrayos; y además, he tenido ocasion diferentes veces de ocuparme prácticamente de ellos, habiendo establecido algunos. Con tales motivos he podido convencerme de la general ignorancia sobre este punto, conociendo al mismo tiempo algunas preocupaciones tan arraigadas como dificiles de combatir, á pesar de lo que enseña la ciencia en el estado en que hoy se encuentra, y la esperiencia ya de muchos años. Quién, me ha dicho con risa de burla ó de compassion, que el rayo no tiene inteligencia para ir á buscar precisamente la punta del pararrayo. Cuál, concede virtud á este porque termina en un diamante ó en un iman, que atraen el rayo. Alguno, quiere poner un depósito de agua debajo de la varilla en el tejado, para apagar la chispa, ahorrándose así el conductor. Otro dice que el pararrayo atrae las descargas y es perjudicial, debiéndose á este error el que no se haya establecido en una casa de cierto pueblo donde estaba yo encargado de su colocacion, y adelantados los trabajos para ello. Tambien se me ha dicho que el pararrayo sirve, como su nombre lo dice, para los rayos, pero no para las centellas, que son mas perjudiciales. He oido, que no vale la pena de ocuparse de esta cuestion, pues-

to que los rayos no caen todos los días, y no ha de dar la casualidad de que á uno le hiera precisamente. Y no quiero recordar ciertas prácticas que pueden llamarse supersticiosas, con las cuales muchas personas se creen mas seguras de los efectos del rayo que con el pararrayo mejor dispuesto. En fin, un rayo vino á caer en el pararrayo puesto á indicacion mia y por mí en una habitacion donde habia varias personas, que no sufrieron daño ninguno, y cuando yo creia recibir muestras de agradecimiento por mi prevision ó buena idea, se me dijo que el rayo habia caido porque estaba colocado el pararrayo, y que de no estarlo, se hubieran ahorrado las personas el susto grande que las causó el fuerte trueno y la brillante luz. Estas y aun otras ideas tan absurdas como ellas he oido, y no solo á personas del vulgo, sino á varias de elevada categoria. No indicaré las ridiculas esplicaciones que se me han dado sobre el rayo, porque estas tienen su disculpa en la ignorancia de los principios científicos, y en que la razon de cada uno forja á su manera la esplicacion de los fenómenos cuyas causas no conoce. Otra cosa he tocado tambien de cerca, la cual está á la vista de todos, y es el abandono, la incuria sobre este punto. Magníficos edificios, ricas colecciones de objetos que no se podrian remplazar, depósitos de materias explosivas que pueden causar daños incalculables con una descarga eléctrica, y tantos otros sitios que deben ser preservados, no lo están, ó si hay alguno armado de pararrayo, puede contarse como una escepcion. ¡Polvorines hay que no tienen pararrayo! ¡Y cuántos depósitos de pólvora dentro de las poblaciones le tienen? Convencido, pues, de la existencia de tantas preocupaciones y del abandono é indiferencia con que se mira esta cuestion, he querido ensayar si me era posible el desterrar aquellas, y lla-

mar la atención de quien corresponda, para que se dé la importancia que merece este asunto, y se ponga fin á la incuria que hasta el día ha dominado; porque yo no concibo cómo en muchos sitios que reclaman pararrayos, no están puestos, y cómo no hay una ley que obligue á ponerlos en ciertos casos, en que son de necesidad. Estas son las razones que me han guiado en mi trabajo, el cual he creído conveniente dividir en tres partes. La primera comprende unas sencillas nociones sobre electricidad, suficientes para darse cuenta de los fenómenos que produce el fluido eléctrico en la atmósfera; nociones que pueden entender todos, aunque no tengan conocimientos de Física, y que deben bastar para que se destierren las equivocadas ideas que existen sobre pararrayos. La segunda parte es una instrucción completa, y acaso demasiado minuciosa, sobre el modo de colocar los pararrayos: pero si me he detenido con demasiados detalles, ha sido para hacerme comprender por todos, y para poner á cualquiera persona en el caso de establecer un pararrayo. Se halla apoyado todo lo que en esta parte se dice, en los principios que la ciencia admite hoy día, y mucho en la autoridad de la Academia de Ciencias de Francia, que se ha ocupado hasta una fecha muy reciente, varias veces de la cuestión. La tercera parte es una colección de hechos que dan á conocer prácticamente la verdad de cuanto se consigna en las otras dos; hechos que deben servir de comprobación ó demostración, digámoslo así, para todos los que, no estando familiarizados con la ciencia, necesitan ver. Y diré aquí, que esta ha sido para mí la parte mas penosa, pues no he perdonado medio ni trabajo, con el objeto de reunir los ejemplos que presento, completamente auténticos, y para lo que he tenido que buscar con mucha paciencia y no pocas difi-

cultades. Queda pues dicho el objeto de la presente instruccion; desterrar preocupaciones, y llamar la atencion sobre un punto tan importante á la par que sencillo. Si no lo consigo, téngase en cuenta por lo menos mi buena intencion.

## IDEAS GENERALES SOBRE ELECTRICIDAD.

---

1. **F**rotando con un paño, pedazos de cristal ó de resina, adquieren estos la propiedad de atraer á otros cuerpos ligeros, como pequeños trozos de papel, barbas de pluma, ó panes de oro. Este esperimento, muy facil de ejecutar, era conocido algunos siglos antes de J. C.: vamos á esplicar á qué es debido.

2. Existe en la naturaleza un agente sutil, imponderable, al que se ha dado el nombre de *electricidad* ó *fluido eléctrico*, porque los antiguos griegos le descubrieron al frotar el ámbar, que llamaban *elétron*; y este fluido es el origen de infinidad de fenómenos, y de muchas aplicaciones de grande importancia, algunas de ellas sorprendentes.

3. Varias son las teorías que se han presentado para esplicar los fenómenos eléctricos: una, inventada por Simmer, es la que se admite hoy día, porque con ella se da razon de un modo sencillo, y al parecer con exactitud, de todos los fenómenos cuya causa es la electricidad. Simmer supone que todo cuerpo, sea cualquiera su naturaleza, tiene una porcion de fluido eléctrico que le corresponde; pero este fluido, llamado *natural*, no es simple, sino compuesto de dos fluidos, que combinados en las proporciones convenientes, forman el natural: si algun cuerpo tiene esceso de uno de estos dos fluidos, es decir, tiene mayor cantidad de cualquiera de ellos que la correspondiente á la porcion de electricidad natural que debe tener, da señales de estar electrizado; señales diferentes que conoceremos despues.

4. Estos dos fluidos tienen una gran tendencia ó propension á reunirse cuando están separados, para formar el fluido natural; y por igual causa, si hay dos porciones del mismo fluido

separadas, tienden con mucha energía á separarse mas. De aqui resulta que si en dos cuerpos hay fluidos diferentes, estos desarrollan para unirse una fuerza ó *tension* mas ó menos grande, segun la distancia á que se encuentran, siendo inversa del cuadrado de esta distancia. Si la dicha fuerza puede vencer la resistencia que se opone al movimiento de los cuerpos que contienen los fluidos, hará mover á aquellos hasta que se junten; y si, en iguales circunstancias, los dos cuerpos tienen el mismo fluido, se pondrán en movimiento, separándose. Pueden hacerse estos experimentos, suspendiendo de una hebra de seda una esferita de médula de sauco ú otro cuerpo ligero, para que ofrezca poca resistencia al movimiento: si se toca á esta esferita con un cuerpo que tenga exceso de electricidad de una clase, este repartirá con ella la electricidad, y quedará la esferita con exceso de fluido del que tenia el cuerpo; si despues aproximamos á la esferita otro cuerpo electrizado con fluido de la misma clase que el que ella tiene, la veremos separarse de su posicion natural, alejándose del cuerpo que se la aproxima: si, por el contrario, tiene este cuerpo fluido de distinta clase que el de la esferita, veremos tambien á esta separarse de su posicion, pero será para acercarse al cuerpo que se le aproxima.

5. Cuando se frotan dos cuerpos, el fluido natural de ellos se descompone, separándose los dos elementales, pasando al cuerpo frotado un fluido de estos dos, y al frotante el otro fluido. Si el cuerpo frotado es vidrio, pasa á él en general el mismo fluido de los dos, y por eso se ha llamado á este que pasa fluido *vitreo*; pero si el cuerpo frotado es un pedazo de resina, el fluido que á esta pasa es el diferente del que pasó al vidrio, y por eso se le ha llamado fluido *resinoso*: sin embargo, pueden reunirse circunstancias especiales, que hagan pasar al vidrio el fluido resinoso y á la resina el vítreo.

6. Hay otra teoría debida á Francklin para esplicar los fenómenos eléctricos, mas antigua que la de Simmer (3). Francklin suponía simple el fluido eléctrico, y que los cuerpos tenían á veces mas ó menos fluido del que les correspondía naturalmente, en cuyos dos casos daban señales de estar electrizados. Cuando tenían exceso de electricidad, decía que estaban electrizados *positivamente*, ó que tenían fluido *positivo*; y si tenían falta, decía que estaban electrizados *negativamente*, ó con fluido *negativo*. Los fenómenos de electricidad vítrea de Simmer corres-

ponden á los de positiva de Francklin, y los de resinosa del primero á los de negativa del segundo; y por eso, conservando tambien la nomenclatura y anotacion mas antigua, se dice indistintamente electricidad *vitrea* ó *positiva*, y se anota con este signo + cuando es necesario indicarla en un escrito; y por la misma razon se dice electricidad *resinosa* ó *negativa*, y se anota con el signo —.

7. Siempre que se frota un cuerpo contra otro, se electrizan los dos, pero algunos no dan señales de estar electrizados, como, por ejemplo, los metales, y esto consiste en que pierden la electricidad á medida que se va desarrollando en ellos: pueden retenerla si se hallan dispuestos convenientemente, pero la pierden toda en el momento que dejan de encontrarse así dispuestos. Resulta por consiguiente, que hay cuerpos que dejan paso al fluido eléctrico con una gran facilidad, y á estos se les llama cuerpos *buenos conductores*; pero otros dejan paso al fluido con mucha dificultad, y por eso le retienen; á estos se les llama cuerpos *malos conductores* ó cuerpos *aisladores*. Pertenecen á los buenos conductores, los metales, el carbon muy calcinado, el agua y los líquidos en general, las disoluciones salinas, el vapor de agua, todos los sólidos que tienen humedad, y los animales y vegetales por los líquidos que contienen. Pertenecen á los malos conductores, el vidrio, resinas, gomas, seda, lana, algodón, grasas, maderas secas, piedras, ladrillos, morteros, carbon poco calcinado y gases muy secos; pero todos se hacen buenos conductores cuando están mojados ó húmedos. Debe advertirse, que no se encuentra un cuerpo tan mal conductor que no deje pasar el fluido, siquiera sea en pequeña cantidad, ni tampoco existe un cuerpo tan buen conductor que no ofrezca resistencia, mayor ó menor, al paso del fluido: el cobre deja pasar, en iguales condiciones, mucho mas fluido que el hierro, este mucho mas que el agua, y esta mucho mas cuando tiene una sal en disolucion, que si es pura.

8. Consecuencia de lo que dejamos dicho es, que un conductor ofrece mas resistencia al paso del fluido, ó lo que es lo mismo, que dejará pasar menos cantidad de este cuanto mas largo sea, pues se va repitiendo la resistencia en cada porcion del conductor. Así podrá hacerse de modo que dos cuerpos que conducen diferentemente el fluido en iguales circunstancias, le lleguen á conducir lo mismo, para lo cual no habrá mas que

augmentar la longitud del mejor conductor en la cantidad conveniente.

9. El fluido eléctrico necesita un cierto espacio de superficie para pasar por los buenos conductores: si este espacio disminuye, ó lo que es lo mismo, si disminuye el diámetro del conductor, se irá haciendo la resistencia mayor, dificultándose el paso del fluido. De aquí resulta, que podrá tambien igualarse la cantidad de fluido que pase por dos conductores, dando á cada uno el diámetro conveniente: un conductor de hierro, por ejemplo, podrá dejar paso en el mismo tiempo á igual cantidad de fluido que uno de cobre, si el primero se hace mas grueso que este último, dándoles diámetros inversamente proporcionales á sus conductibilidades. Cuando un conductor ofrece resistencia al paso del fluido por ser muy delgado, ó por ser de poca conductibilidad, puede el fluido acumularse en él en tan grande cantidad que le ponga candente, y aun que le haga pedazos, le funda ó volatilice, segun su naturaleza. Haciendo pasar el fluido en cantidad conveniente por un alambre delgado de platino, se ve á este al principio hecho ascua y despues fundido.

10. Un cuerpo buen conductor podrá retener cualquiera de los dos fluidos, siempre que se encuentre rodeado de otros cuerpos malos conductores, los cuales no permitirán el paso al fluido y le retendrán aprisionado en el conductor; en cuyo caso se dice de este, que se encuentra *aislado*: por eso, si un pedazo de metal se halla rodeado de aire seco y suspendido ó sostenido por cuerpos aisladores, como cordones de seda ó pies de vidrio, retendrá la electricidad: pero no indefinidamente, porque como el aire no está nunca completamente seco y además los soportes no serán tan malos conductores que no dejen pasar algo del fluido (7), resultara que al cabo de un tiempo mas ó menos largo, los cuerpos aislados habrán perdido toda la electricidad.

11. Fácilmente podemos ahora esplicar un fenómeno que se observa en los cuerpos buenos conductores cuando están electrizados: siempre el fluido en ellos se encuentra en la superficie, y no en la masa del centro. Con varios esperimentos se prueba esta verdad; pero es evidente que debe de ser así, pues el fluido, que puede moverse en toda la masa del cuerpo con facilidad, marcha á buscar fluido contrario hasta que encuentre un obstáculo que se opone á su movimiento, y allí se detiene. El aire que toca á la superficie del conductor, ó el soporte aisla-

dor que sale de la misma superficie, son los obstáculos que impiden salga el fluido, y en ella por lo tanto se detiene y acumula este, repartiéndose en toda por igual. Inútil será según esto, para acumular mucha electricidad en un cuerpo conductor, ó para darla paso, hacer que este conductor tenga mucha masa: lo que necesita es grande superficie, y así, cuando otras circunstancias no lo impiden, se hacen huecos los conductores eléctricos, para que con poca masa y pequeño peso presenten superficie estensa.

12. Si un cuerpo buen conductor, aislado y electrizado, se toca con otro también buen conductor y aislado, pero no electrizado, el fluido del primero se reparte entre los dos en razón del tamaño de las superficies, pues equivale á aumentar la del primero, con toda la estension de la del segundo. Si este último es muy grande con respecto al primero, quedará en el menor muy poca electricidad; y si es tan grande que pueda decirse que es infinitamente mayor que el más chico, quedará este con una cantidad de fluido que podrá decirse nula. Así sucede cuando un conductor está rodeado de aire húmedo; el fluido eléctrico, que se reparte con la atmósfera, se marcha por completo del conductor: así también sucede cuando el cuerpo electrizado se pone en comunicación con la tierra, pues esta por componerse de muchos cuerpos buenos conductores, sólidos, líquidos ó gaseosos, forma una masa que es buena para conducir el fluido, y por tanto el cuerpo que reparte con ella su electricidad y que puede decirse es infinitamente más pequeño, pierde todo el fluido que contiene: por eso, tratándose de fenómenos eléctricos, se llama á la tierra el *depósito comun*. Sin embargo, como la tierra no es una masa homogénea, sucede con frecuencia que sus capas superficiales no conducen bien el fluido; de modo que si puede considerarse la tierra como buen conductor para pequeñas cantidades de electricidad, no será lo mismo para las grandes, que necesitan, para poderse perder instantáneamente en ella, encontrar capas de agua, ó por lo menos muy húmedas, ó grandes masas metálicas.

13. Se ha visto (11) que la electricidad se reparte por igual en la superficie de un cuerpo conductor; pero según experimentos hechos por eminentes físicos, resulta que la fuerza con que la electricidad tiende á salir del cuerpo, ó sea la tensión (4) del fluido, aumenta cuando la superficie disminuye; es decir, que

si el cuerpo es grueso y se va adelgazando en un extremo, la tension hácia este va creciendo; así, cuando el cuerpo disminuye de modo que forma una punta, la tension del fluido en ella es tan grande, que vence la resistencia que el aire le opone con su mala conductibilidad, y se sale por aquella todo el fluido que tenía el cuerpo: en este caso produce al salir, un penacho luminoso en la oscuridad, si es bastante grande la cantidad de fluido, y mayor, para igual cantidad de este, cuando es positivo. Por esta causa, no es posible acumular electricidad en un conductor que tenga una punta en cualquier parte de su superficie, pues á medida que el cuerpo recibe fluido, la punta le deja marchar. Así, todos los cuerpos conductores que deban retener el fluido eléctrico, han de terminar en superficies redondeadas, esto es, deben ser, por ejemplo, cilindros terminados por partes esféricas, para que no tengan ángulos ni aristas, que dejarían paso al fluido.

14. Si un cuerpo *A* (*fig. 1*), electrizado con cualquiera de

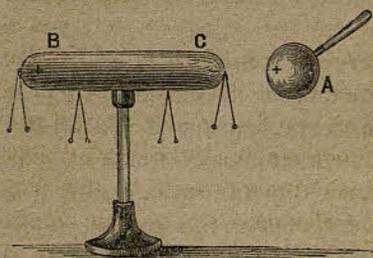


Fig. 1.

los dos fluidos, supongamos con el positivo, se aproxima á otro *BC* aislado y buen conductor, se observa que este cuerpo *BC* resulta electrizado en sus dos extremos, lo cual puede verse colgando en cada uno de ellos dos esferitas de médula de sauco suspendidas por alambres delgados: pasando el mismo fluido á

cada par de esferas por estos alambres, se separan naturalmente (4). Pero si se cuelgan esferas como estas en toda la estension de *BC*, las de los extremos se separan mas que las del centro; prueba de que el fluido no se ha repartido por igual, sino que se ha acumulado hácia los extremos. Para saber qué especie de fluido es el desarrollado en *BC*, podemos tomar un cuerpo electrizado, por ejemplo, un pedazo de lacre ó resina frotada: si el cuerpo *A* tiene electricidad positiva y aproximamos el lacre á las esferillas del extremo *C*, veremos á estas ser rechazadas por la electricidad del lacre, lo que prueba que ellas tambien tienen electricidad resinosa ó negativa; si aproximamos el lacre á las esferillas de *B*, las veremos atraídas por él, lo que nos pro-

bará que tienen fluido contrario al de este, ó sea vítreo; luego resulta, que por la *influencia* del cuerpo *A* electrizado y próximo al *BC*, se ha descompuesto el fluido natural de este, pasando á la parte mas próxima *C* el fluido de nombre contrario al de *A*, y el del mismo nombre, á la parte mas lejana *B*, y por esto en el centro de *BC* no hay electricidad. Si en este estado separámos el cuerpo *A*, los dos fluidos de *C* y *B* se unen recomponiendo el natural, y el cuerpo *BC* no da señales de electricidad. Si se pone en *B* un conductor hasta la tierra, ó una punta, el fluido de *B* se marcha, y queda en *BC* solo el otro fluido, de modo que separando en este caso el cuerpo *A*, queda el *BC* con la electricidad que habia en *C*, en el ejemplo propuesto negativa, y la retendrá, si se quita la comunicacion de *B* con la tierra, ó la punta, antes de separar el cuerpo *A*. Si la comunicacion con la tierra ó la punta se pone en *C*, se marcha el fluido que habia en este estremo, y el cuerpo quedará con el que está en *B*, en el caso presente con positivo. Estos fenómenos se llaman de electricidad por *influencia*, y se dice que el cuerpo *BC* está electrizado por la *influencia* del otro *A*.

15. A medida que el cuerpo *A* se va aproximando al *BC*, las electricidades de los dos van aumentando de tension (4); pero llega el caso en que la distancia que los separa es bastante pequeña para que la fuerza desarrollada en la electricidad pueda salvarla, venciendo las resistencias que presenta, y entonces pasa uno de los fluidos al otro cuerpo para combinarse con la electricidad de este y formar el fluido natural, ó *neutralizar* el fluido que en él habia. El paso de la electricidad se hace dirigiéndose al de mayor tension ó de mas cantidad de fluido, produciéndose una chispa de un color que varía con los cuerpos entre los cuales se produce, con una luz muy brillante y un calor tambien extraordinario: además, produce un ruido mas ó menos grande, segun la intensidad de la chispa. Si entre los dos cuerpos se pone otro cualquiera, y la tension del fluido es bastante para vencer la resistencia que este cuerpo oponga al paso de aquel, la chispa eléctrica le atravesará, produciendo diferentes efectos segun las circunstancias; si el cuerpo atravesado no tiene bastante superficie para dar fácil paso al fluido segun su conductibilidad, cuando es fusible, se fundirá en todo ó en parte; si es combustible, arderá; y cuando pueda la fuerza del fluido vencer la cohesion de las moléculas del cuerpo que

atraviesa, le hará pedazos, destrozándole segun su resistencia, y arrojando á veces estos pedazos á grandes distancias. Si el cuerpo atravesado es una persona ó un animal, sufrirán en razon de la intensidad de la chispa, ó una conmocion mas ó menos fuerte, ó heridas y quemaduras, ó una muerte instantánea, sobreviniendo poco tiempo despues la descomposicion del cadáver. En los vegetales puede producirse tambien, ó el incendio, ó la ruptura de los tegidos, y por tanto la descomposicion y la muerte, en todo ó en alguna parte. Estos son los efectos que produce la chispa eléctrica en los cuerpos que encuentra en su camino cuando pasa de un cuerpo á otro; pero si en uno de ellos, por ejemplo en *C*, concretándonos á la *figura 1.<sup>a</sup>*, se pone una punta, ese fluido irá saliendo por ella sin producir chispa ni los efectos indicados, y neutralizará el fluido del otro cuerpo *A*, en todo ó en parte, segun la cantidad que haya en el primero, *C*: en tal caso, ó los dos cuerpos quedan libres de los fluidos que pueden producir la descarga, ó en el *C* no queda fluido y en el *A* queda menos. Si el cuerpo *BC* está en comunicacion con la tierra, el fluido de *B* marchará á ella, y por esto no dejará de hacerse la descarga entre *A* y *C*; pero si hay una punta en *C*, irá pasando por ella el fluido que haya en esta parte, y cuando pase todo, vendrá de la tierra por la comunicacion, el que sea necesario para neutralizar completamente el de *A*. Estos fenómenos no son mas que una consecuencia natural de lo que hemos visto (14) sobre electricidad por influencia.

16. El agua tiene propiedades particulares con respecto á la electricidad; ya hemos visto (7) que conduce el fluido, y que un cuerpo mal conductor, si está húmedo, le conduce tambien; pero el agua no se electriza, ni directamente ni por influencia, hasta el punto de poder sacar chispas de su masa: por eso á veces hace el efecto de un cuerpo aislador. Varios esperimentos fáciles de repetir, pueden poner de manifiesto estas propiedades.

17. Si un cuerpo conductor electrizado, el *A* por ejemplo (*figura 1.<sup>a</sup>*), se pone en comunicacion con otro tambien conductor, aislado ó no, como el *BC*, por medio de dos cuerpos buenos conductores, la electricidad pasará desde el *A* al *BC*, repartiéndose por los dos que sirven de comunicacion, en razon de las superficies que presenten al paso del fluido, en caso de que sean de igual conductibilidad; pero si el uno es mejor conductor que el otro, la electricidad pasará toda por el primero y no pasará nada

por el segundo, á no ser que aquel sea insuficiente para dar paso á todo el fluido, en cuyo caso pasará por el otro solamente la cantidad que no pudo pasar por el primero. Tomemos con las dos manos los extremos de un alambre de cobre, y toquemos con estos extremos los cuerpos *A* y *B C*; el paso del fluido se efectuará desde un cuerpo al otro sin que sintamos conmocion ninguna, lo que probará que todo el fluido pasó por el alambre; y solo en el caso de que este sea muy delgado, sentiremos conmocion, porque ha sido insuficiente el alambre para dar paso á todo el fluido.

18. La velocidad con que pasa el fluido eléctrico de un cuerpo á otro, ya por un conductor, ya por una descarga, es extraordinaria. Se ha supuesto que puede andar, conducido por un alambre de hierro, hasta 18.000 leguas por segundo, y por uno de cobre, que es mucho mejor conductor, unas 32.000 leguas en el mismo tiempo. De aquí resulta que, tendido un alambre de hierro alrededor de nuestro globo por el ecuador, podria el fluido darle dos veces y media la vuelta en un segundo, y si el alambre fuera de cobre, cuatro y media.

19. La electricidad no se produce solo frotando dos cuerpos (5); se produce tambien por la evaporacion, por el calor, por la presion y el choque, en todas las reacciones químicas, y por algunos otros medios todavía. Poniendo en práctica de la manera conveniente algunos de estos medios de producir electricidad, se han hecho máquinas y aparatos con los que se obtiene el fluido, ya en chispas, ya en corrientes por un alambre, aprovechándose en varios casos este fluido producido, para importantísimas aplicaciones.

20. Como los fenómenos que desarrollan electricidad se están verificando constantemente en nuestro globo, sobre todo algunos de ellos, se estará produciendo tambien continuamente fluido eléctrico, que irá á la tierra y al aire: por ejemplo, en los puntos en que el aire está en movimiento, habrá produccion de electricidad por el frotamiento de este contra la tierra y demás cuerpos, y de los fluidos desarrollados, el uno pasará á aquella y el otro le tomará el aire (5); lo mismo sucederá con la evaporacion que en tantos puntos se produce, y tambien con otras causas. Así sucede en efecto, encontrándose á veces el aire atmosférico en un espacio de mas ó menos estension cargado de fluido, lo cual es facil reconocer de varios modos.

21. Si en la atmósfera se encuentra electricidad, naturalmente esta, buscando los mejores conductores, se acumulará en el aire mas húmedo, y en mayor cantidad aún en las nubes, que siendo masas de agua en un estado de gran divisibilidad, y en las que el aire está muy húmedo, son escelentes conductores.

22. A mediados del siglo pasado, cuando los conocimientos sobre electricidad eran cortos, varios físicos, y entre ellos Francklin, Romás y luego Charles, trataron de reconocer si la causa de algunos fenómenos que se producian en la atmósfera era en efecto la electricidad, como sospecharon bien pronto, y si esta era de la misma naturaleza que la obtenida en las máquinas entonces conocidas para producirla. Varios fueron los esperimentos que hicieron, los cuales llegaron á convencerles de una manera indudable, y no sin que costara la vida á alguno de ellos, que ciertos fenómenos observados en la atmósfera eran debidos á la electricidad, y que esta era la misma exactamente y con idénticas propiedades que la producida en las máquinas que para el efecto conocian.

23. Demostrada la existencia de la electricidad en la atmósfera, se esplican facilmente algunos fenómenos á que da origen, habiendo otros que se sospecha sean tambien causados por la misma electricidad, pero que no se pueden demostrar de una manera evidente. Entre los que se esplican muy facilmente, están el *relámpago* y el *rayo*, *centella* ó *exhalacion*. En efecto, supongamos una nube cargada de electricidad cualquiera, positiva, por ejemplo, y que pasa cerca de otra nube: si esta no tiene mas que electricidad natural, se electriza por influencia, y cuando llega la tension del fluido á ser bastante grande para poder pasar en forma de chispa de una nube á otra, pasa sin duda (15), sucediendo lo que se dijo con respecto á los cuerpos *A* y *B C* (*fig. 1*), que en este caso serán las dos nubes. Si la segunda de estas se encuentra cargada de fluido contrario al de la primera, el fenómeno se producirá tambien y con mas facilidad. La luz de la chispa es el *relámpago*, y el ruido de ella el *trueno*, que es largo y repetido, porque el producido instantáneamente por la chispa llega á nosotros repetido por el eco en los cuerpos donde las ondas sonoras se reflejan; por eso es mas largo en los países montuosos, y por eso tambien es mas largo cuando se produce á mucha altura en la atmósfera. Puede me-

dirse aproximadamente la distancia que media desde donde se hace la descarga eléctrica, ó relámpago, hasta nosotros, teniendo en cuenta que la luz de la chispa nos llega en un tiempo tan corto que podemos considerar como nulo, y el sonido solo recorre un espacio de  $\frac{1}{3}$  de kilómetro por segundo próximamente; contando los segundos que pasan desde que vemos el relámpago hasta que oímos el trueno, tendremos que se ha producido la descarga á tantos tercios de kilómetro como segundos han trascurrido. A falta de otro medio, podemos medir el tiempo con el pulso, pues las pulsaciones de una persona sana miden 1 segundo sin grande error.

24. Cuando podemos ver la chispa eléctrica, no percibimos un solo punto luminoso en movimiento, sino una línea de fuego mas ó menos tortuosa, compuesta de rectas ó curvas: sin embargo, la chispa no es esta línea, y si la vemos así, es por una circunstancia particular de nuestra vista. En efecto, en la *retina* ó parte del ojo donde se reciben las imágenes para que las percibamos, se pintan estas instantáneamente; pero cuando el objeto ha desaparecido del punto donde le percibimos, no se borra la imagen de la retina tambien instantáneamente, sino que persiste por algun tiempo que, segun varios fisicos, puede suponerse de  $\frac{1}{4}$  á  $\frac{1}{10}$  de segundo. Por consiguiente, si un cuerpo se mueve, le veremos en todos los puntos que va recorriendo en  $\frac{1}{10}$  de segundo, porque su imagen se pinta en la retina en el momento que va ocupando los diferentes puntos de su camino, y además le vemos en aquellos en que ya no está, porque la imagen de la retina no se ha borrado todavía. Facilmente podemos hacer un experimento que nos haga ver lo que llevamos dicho: encendamos un cuerpo por una punta, y démosle un movimiento rápido con la mano; veremos en tal caso una línea luminosa, que es el camino que la punta en ignicion recorre: así debe suceder con la chispa eléctrica en su movimiento, teniendo en cuenta la prodigiosa velocidad del fluido (18).

25. La chispa eléctrica, al pasar de un cuerpo á otro, marcha por los puntos donde encuentra mayor conductibilidad ó menos obstáculos á su paso, y por eso, á pesar de que deberia marchar en línea recta, por ser el camino mas corto, vemos que forma líneas tortuosas, unas veces con ángulos bastante agudos, desviándose de su camino, y otras formando líneas curvas,

ó como vulgarmente se dice, *culebrinas*. Estas líneas son mas ó menos estensas, segun la distancia de las dos nubes entre las que se hace la descarga, suponiéndose por algunos físicos, que el camino recorrido por la chispa debe ser en muchos casos en espiral (108), y que no es estraño ver las *culebrinas*, que serán entonces las proyecciones de la espiral sobre las nubes.

26. Muchas veces se ven relámpagos y no se oyen los truenos que deben acompañarlos: esto podrá ser, por producirse la chispa á grandes distancias, en medios pocos densos, ó bajo del horizonte del observador, ó acaso por otras causas desconocidas.

27. Supongamos que una nube cargada de electricidad pasa sobre un punto de la tierra y á conveniente distancia; en este caso (14) la nube es el cuerpo electrizado *A* (*fig. 1*), y la tierra el cuerpo *B C*. Los mismos fenómenos, esplicados con relacion á estos dos cuerpos, se reproducirán tambien ahora, dando lugar á diferentes resultados. La nube cargada de fluido descompondrá por influencia el natural de la tierra, atrayendo á los puntos mas inmediatos á la nube el fluido contrario al que esta contiene. En las poblaciones, los puntos mas inmediatos á la nube serán los edificios altos, las chimeneas de grandes fábricas, y sobre todo, las torres de los templos; en el campo serán las cimas de los montes y los edificios colocados en ellas; los árboles, y entre estos los mas elevados; y en las llanuras, las plantas de arbustos si no hay árboles, y las personas ó animales; pudiendo acumularse en el mismo suelo fácilmente la electricidad cuando en él haya capas poco profundas que contengan metales, ó que por otras circunstancias sea en algunos puntos un buen conductor; en el mar, serán los mástiles de los barcos y las torres de fortalezas, faros ú otros edificios que suelen encontrarse sobre islotes. Si los cuerpos donde se acumula electricidad son buenos conductores, subirá esta á su parte superior, y si no lo son, cuando sobreviene lluvia y se mojan sucede lo mismo, porque en este caso se hacen conductores. Los árboles y demás plantas vivas tienen bastante humedad entre sus tegidos para conducir el fluido, y por eso en la cima de ellos se acumula aunque no haya habido lluvia. Si no son buenos conductores los cuerpos, como sucede á los materiales de construccion de que está formado un edificio, el fluido, sin embargo, se acumulará en lo posible en la parte superior; y si esta parte contiene metales, como las torres, que tienen campanas, cruces y relojes, y

algunos edificios que están cubiertos ó tienen armaduras de metal, la electricidad se acumula en estos estensos conductores, descomponiéndose además la natural que ellos mismos contienen. Segun esto, resulta que en las partes elevadas se encontrará un fluido contrario al de la nube, con una tension tanto mayor cuanto menor sea la distancia entre estas y la nube.

28. Supongamos que en la parte superior del edificio ó cuerpo elevado hay un buen conductor terminado en punta: la electricidad acumulada por influencia, saldrá por esta punta (13) á neutralizar la de la nube, como se vió (15) en los cuerpos *A* y *BC* (fig. 1), pudiendo, como allí, neutralizarse completamente ó en parte, segun la cantidad de fluido que salga, y mejor si la nube viene despacio y da tiempo á que sea mucha la porcion de electricidad que pase por la punta. Si este cuerpo buen conductor, terminado en punta, está en comunicacion con el suelo por medio de cuerpos tambien conductores, naturalmente el fluido que podrá salir por aquella será en gran cantidad, pues por el conductor y la punta se establecerá una corriente de fluido desde la tierra hasta la nube. Vemos, pues, que si ponemos un conductor que termine en punta, no interrumpido desde el suelo á la parte mas alta de un edificio, habremos establecido un camino para que pase fluido hasta la nube, el cual neutralizará en parte ó en todo el de esta. El fluido que sale por puntas así establecidas, suele algunas veces formar un penacho luminoso, visible en la oscuridad (13). Sucede algunas veces que, por coincidencias casuales, hay en la parte alta de algun edificio una punta metálica, y esta se encuentra en comunicacion con la tierra por cuerpos buenos conductores: en tal caso se producirá naturalmente el paso del fluido, y se verá el mismo penacho luminoso cuando las circunstancias sean á propósito. A estos penachos ó luces suele dárseles el nombre de fuegos de San Telmo, Cástor y Pólux, y algunos otros.

29. Si la tension de los fluidos que contienen el cuerpo elevado y la nube, llega á ser bastante grande para que uno de ellos salve la distancia entre ambos cuerpos, venciendo la resistencia que le puedan oponer los intermedios, se hará una descarga de la nube al cuerpo, por ser este el de mayor tension (15). Esta descarga es el *rayo*, que el vulgo llama tambien *exhalacion*, ó *centella* cuando sigue un camino tortuoso; pero la ciencia no hace distincion entre el rayo y la centella, porque no

existe en realidad. Al caer el rayo á la parte mas elevada del edificio, que es donde le atrae la tension del fluido contrario, si este pudiera neutralizarle, no pasaría de allí; pero como cae mas fluido que el que puede ser neutralizado, sigue el rayo buscando los cuerpos que pueden conducirle bien, pasando en chispa de unos á otros, y atravesando en este paso los malos conductores cuya resistencia puede vencer, que serán hechos pedazos (15), lanzados á veces á grandes distancias, quemados, si son combustibles, y destruidos, ó maltratados si son personas, animales ó vegetales. Los buenos conductores que atraviere, si presentan bastante superficie, no sufrirán daño; pero si es insuficiente, serán fundidos ó volatilizados; lo que tambien les sucederá si están en hojas delgadas, como los panes de oro de los dorados, y aun se quemarán los cuerpos muy delgados, como la paja ó heno, el pelo, algodón, y otros semejantes. De este modo, produciendo tales estragos, y dejando un olor pronunciado como de azufre que se quema, llegará el rayo á la tierra, donde se perderá; en todo caso, mientras pasa por un buen conductor y de bastante seccion, ningun mal produce; pero si el conductor está interrumpido, salta en chispas hasta otro conductor, sea el que quiera, y da origen en estos pasos á todos sus desastrosos efectos.

30. Ya dejamos dicho (27) cuáles son los puntos en que se acumula el fluido por la influencia del de las nubes: en ellos será, por consiguiente, donde se harán las descargas. Las torres de las iglesias, como puntos mas elevados de las poblaciones, sobre todo en los lugares en que las casas son bajas, sufrirán las descargas eléctricas: añádase á su altura, el que en la parte mas elevada tienen cruces ó veletas de metal, y despues campanas, rejas y acaso armaduras para su cubierta, además de otros objetos metálicos; todos estos, acumulando fluido, tienen que atraer el de la nube, y la descarga se hará en la parte alta de la torre, que podrá destruirse ó incendiarse; si de aquí penetra en el templo y encuentra cerca un altar, como en él hallará generalmente madera dorada ó algunos metales en adornos y otros objetos, pasará de unas á otras de estas partes metálicas, y producirá facilmente el incendio de las maderas, naturalmente secas, de los retablos: desde aquí, no se puede trazar su camino; pero resultará de todos modos, que los templos serán asilos poco seguros en tiempo de tempestad, y sobre todo

al pié de las torres ó cerca de los altares y sitios donde haya metales. Además, la mucha gente formará una masa que conduce bien el fluido, y por eso no es raro ver que, por efecto del rayo, resulten heridas ó muertas varias personas á la vez. En los edificios ó casas particulares, el rayo cae, sin que se pueda decir cuál será su camino. Si hay tubos de chimenea metálicos, probablemente caerá por ellos, y así, será prudente alejarse de las chimeneas, porque puede saltar la chispa, desde el metal á las personas. Lo mismo se dirá de todo sitio donde haya metales, en lámparas, muebles ú otros objetos, y aun será conveniente que las personas no tengan sobre sí muchas piezas de metal ó de alguna estension. Para resguardarse lo posible, será conveniente echarse sobre lana, pluma y paja, sobre pavimentos de asfalto, y sobre todos los cuerpos malos conductores (7), evitando siempre las corrientes del aire. En los campos el peor asilo que puede escogerse durante una tempestad es debajo de un árbol, y este suele ser, sin embargo, el que se elige; pero ya se ha visto (27) que el rayo caerá con preferencia en los árboles, y como no son muy buenos conductores, puede la chispa saltar á la persona que está inmediata á ellos (29), y la esposicion será mayor cuanto mas elevado sea el árbol. Sin embargo, es preferible colocarse *cerca* de un árbol que estar aislado en medio de un llano, pues en este caso, la persona será un punto saliente donde el rayo podrá caer de preferencia. Pero siempre debe haber una distancia de 5 á 6 metros de la vertical que pase por la rama mas inmediata á la persona. En los árboles, generalmente el fluido pasa por entre la corteza y el tronco, que es donde encuentra mayor conductibilidad, y suele arrancar aquella; pero los efectos de esta clase son tambien muy variados. Se ha supuesto que hay algunos árboles que no se electrizan, y por tanto no son atacados por el rayo, entre ellos las hayas; Maxwell lo ha repetido en un congreso de Manchester; pero esto no es cierto, porque se han visto hayas quemadas por el rayo (120), y aun cuando su madera condujera peor el fluido que la de los demás árboles, si están vivas ó mojadas, serán sus jugos ó el agua los que conducirán el fluido que atraerá el de la nube: no hay, por consiguiente, ningun árbol que sea asilo seguro, sino, al contrario, muy espuesto en caso de tempestad. En los caminos, los alambres telegráficos deben huirse (121). Tampoco es buen asilo un

edificio en las alturas ó puntos elevados de los montes, y menos los árboles de estos sitios. Será bueno un valle profundo al aire libre ó un edificio bajo, pues en algunos sitios de estas condiciones, no se ha conocido que caiga el rayo en los edificios, ni aun en los árboles. Es tambien un buen medio de preservarse, el meterse en agua hasta las rodillas ó menos (16), y colocarse debajo de paraguas de seda, por la mala conductibilidad de esta. Cuando el rayo cae en el suelo hace un agujero, y de este se suele sacar á veces una especie de tubo, pues el rayo funde los cuerpos que encuentra á su paso, y los aglomera. Estos tubos se llaman *pedras del rayo ó fulguritas* (111).

31. Sabido es que las descargas eléctricas se producen durante las tempestades mas ó menos fuertes; pero algunas veces cae el rayo desprendiéndose de nubes pequeñas y sin que haya señales de tempestad en la atmósfera, de modo que se ha visto hacerse descargas eléctricas en medio de un día sereno y sin nubes apenas (105).

32. Algunas veces se han visto desprenderse las chispas eléctricas en forma de globos ó esferas de fuego perfectamente marcadas, y en tales casos parece que la velocidad del fluido no es tan grande como en los otros; pero los efectos producidos en ellos por las descargas son iguales á los que se producen en los demás (106).

33. La chispa eléctrica, antes de llegar á los cuerpos ó al tiempo de atravesarlos, y en el aire, suele alguna vez dividirse en varias partes que se dirijen á diferentes puntos (107), causando en ellos sus efectos funestos. En algunos casos, sobre los cuerpos atacados por el rayo se marcan perfectamente los caminos seguidos por las diferentes chispas en que se ha dividido la principal.

34. El ruido del trueno suele infundir temor, y sin embargo, no solo cuando se oye el trueno, sino cuando se ve el relámpago, ha pasado el peligro, puesto que siendo tan grande la velocidad del fluido (18), la persona que recibe una descarga, no tiene tiempo, antes de recibirla, de ver la luz que la acompaña ni menos de oír el ruido que produce (122).

35. Cuando un rayo cae pueden producirse efectos funestos, y lastimarse ó morir personas ó animales, en otro punto, á una distancia considerable de donde se ha hecho la descarga; distancia que puede ser tanta que no se oiga la caída del rayo.

Supongamos (*fig. 2*) una nube *A*, cargada de un fluido cualquiera, positivo por ejemplo; supongamos también una torre



Fig. 2.

en *B*, y una altura en *C*. Si la nube es bastante grande para estenderse en el espacio que media sobre *B* y *C*, electrizará estos dos puntos, atrayendo á ellos fluido negativo. Supongamos que el rayo cae en *B*; en tal caso la nube pierde toda ó parte de su electricidad, y deja de atraer en *C* toda la cantidad de fluido negativo que atraía, ó por lo menos una parte; si, por ejemplo, había en este punto *C* una persona, estaría cargada de fluido negativo; de pronto le pierde todo ó parte, y sufre una conmoción que podrá ser bastante violenta para dañarla, y hasta para matarla; de modo que cayendo el rayo á mucha distancia, y sin ser alcanzada por él, ha podido morir la persona colocada en *C*. De igual manera pueden producirse otros desastrosos efectos. A este fenómeno, que si no muy común, se produce sin embargo algunas veces, se le ha llamado *choque en retroceso* (114).

36. Si en la parte alta de un edificio se pone un conductor terminado en punta, la electricidad contraria á la que contenga la nube, saldrá por esta punta; y si la chispa cae, será á la misma punta, pues desde ella á la nube se establece una corriente de fluido que servirá de conductor al que cae, el cual, habiendo de seguir el camino que le presenta mayor conductibilidad, no encontrará ninguno que se le presente mayor que una corriente de fluido contrario. Llegada la chispa al conductor terminado en punta, pasará por él hasta que le recorra todo y salte después como en los demás casos, buscando cuerpos buenos con-

ductores, y produciendo entre ellos los efectos que ya sabemos (29).

37. Pero si el cuerpo conductor terminado en punta sigue sin interrupcion hasta la tierra, y si no hay otros cuerpos en sus inmediaciones, que sean mejores conductores, el fluido seguirá por aquel, y sin separarse de él pasará á la tierra (17), sin que los cuerpos inmediatos hayan sufrido nada, pues el fluido habrá caminado sin dejar señales de su paso. Vemos segun esto, que establecido en lo alto de un edificio un cuerpo conductor terminado en punta, y que siga sin interrupcion hasta el suelo, si en este puede perderse fácilmente el fluido, estará el edificio preservado completamente de la accion funesta del rayo, puesto que por la punta saldrá fluido desde la tierra, contrario al de la nube, y podrá neutralizar el de esta (28); si no se puede neutralizar y cae el rayo, irá á parar á la punta del conductor indispensablemente, siguiendo sin separarse de él hasta que se haya perdido en la tierra. Un conductor así dispuesto se llama *pararayo*; su accion, segun se ve, es *preventiva*, porque puede evitar la caida del rayo, neutralizando la electricidad de la nube; y *preservativa*, porque si el rayo cae, no producirá daño en el edificio.

38. Si el pararayo no termina en punta, siempre ejercerá su accion preservativa, que es la mas importante (95), pues será un buen conductor elevado mas que los otros cuerpos, el cual recibirá la descarga con preferencia á ellos; pero la accion preventiva será nula, porque no pudiendo salir la electricidad por el conductor, no se neutralizará la de la nube: como esta accion tiene mucha menos importancia, es de poca consideracion su pérdida. Resulta de esto que aun cuando un pararayo se quede sin punta, preservará completamente el edificio. Pero es necesario, para que el pararayo sea enteramente eficaz, que esté colocado en buenas condiciones, y estas son las que vamos á examinar, diciendo antes que fué Francklin el que inventó este aparato en 1755.

## CONSTRUCCION DE UN PARARAYO.



39. La Real Academia de Ciencias de Francia dió una instrucción sobre pararrayos, que fué publicada en 1823, á consecuencia de los muchos accidentes ocasionados por los rayos en el año anterior, sobre todo en las iglesias. Consultada despues la Academia en 1854, para ver si debia modificarse algo la instrucción primera, en vista de los adelantos de la ciencia y de los cambios introducidos en las construcciones de los edificios, en los que tantos metales se invierten á veces hoy dia, dió un suplemento á la instrucción primitiva. En marzo de 1855 publicó un informe aprobando las puntas construidas por Mr. Deleuil con arreglo á la anterior instrucción. En enero de 1867 dió la misma Academia otro informe, correspondiente en su mayor parte á preservar los almacenes de pólvora. Finalmente, en 20 de julio de 1868 dió tambien la misma Academia una instrucción sobre pararrayos, para el Louvre y las Tullerías de París. Citaremos diferentes veces estos documentos, de autoridad tan respetable; y aunque hay otros del mismo origen publicados en 1784, en 1799, y dos diferentes en 1807, nada dicen que no esté contenido en los posteriores.

40. Dividiremos el pararrayo en dos partes, *varilla*, ó porcion que se eleva y fija sobre el edificio, y *conductor*, ó parte que desde el pie de la varilla sigue hasta el suelo para conducir á este la electricidad. Ocupémonos primero de la varilla.

41. La varilla debe ser de un metal buen conductor, fusible á una temperatura muy elevada; y siendo posible combinar la economía con estas condiciones, deberá hacerse naturalmente. Descartando los metales preciosos por su mucho coste, aunque se encuentran entre ellos los mejores conductores; tambien los muy fusibles, como estaño, plomo y zinc, y otros que no son á propósito por su naturaleza especial, quedan reducidos los que pueden emplearse al hierro y cobre. Entre estos dos, el segundo es mejor conductor pero mas fusible; y como el hierro

es bastante bueno, y como además su precio es menor, y la construcción también mas barata, se prefiere siempre. Ciertamente es que necesita mas sección, ó sea mas grueso para conducir como el cobre; pero todavía así resulta menor el coste de la varilla de hierro, y además resiste mejor siendo gruesa á la fuerza de los vientos; si se hiciera de cobre con la sección correspondiente, la torcería un viento fuerte. Pero el hierro debe ser el llamado dulce, y no el fundido, porque este es quebradizo, y se rompería con una descarga, ó acaso con un viento impetuoso cuando la varilla fuera muy larga.

42. La varilla puede hacerse de una sección cualquiera, circular ó cuadrada, para el efecto que ha de producir, pero mas fácil es hacerla de sección circular. También puede ser recta ó curva, pero se hace recta por mas facilidad y menor coste. Su altura varia segun los casos; se han hecho hasta de 10 metros ó 33 pies: pero esta dimension es demasiado grande, y puede tomarse como máxima para algun caso especial. Deben hacerse mas gruesas hácia la parte inferior, sobre todo cuando son largas, para que resistan mejor sin doblarse á los esfuerzos exteriores. Su diámetro en la punta superior debe ser de 2 centímetros, ó sea 10 líneas, y debe ir engruesando de modo que al fin de cada metro tenga 4 milímetros mas de diámetro, ó sea al fin de cada vara 2 líneas mas, como marcan las siguientes tablas:

Altura en metros. . . . .	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.
Diámetro abajo en milim. . .	24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60.

Altura en pies. . . . .	3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33.
Diámetro abajo en líneas	12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32.

43. Cuando las varillas son largas, y hay necesidad de unir varios trozos de hierro para formarlas, debe tenerse el mayor cuidado de que estas uniones ó empalmes se hagan bien en la fragua, sobreponiendo los trozos por lo menos de 15 á 20 centímetros, ó sea de 6 á 8 pulgadas, cuidando de que no se interpongan escorias entre los pedazos: si los empalmes no están bien hechos, puede romperse la varilla por ellos cuando caiga un rayo. También es posible hacer una varilla de diferentes trozos unidos de modo que puedan separarse. Para esto, en el eje

de los dos trozos *A* y *B* (*fig. 3*), que se han de unir, se hace un taladro que tenga un diámetro igual á la mitad del de los trozos, y de una profundidad de 5 á 6 centímetros en cada uno, haciéndoles tuerca; en seguida se mete en el trozo *B* una barreta *C D*, que sea de muy buen hierro, y que forme tornillo, dejando fuera una espiga *H C*, del largo que tiene el taladro de *A*, para tornillar este segundo trozo: á este mismo trozo *A* se le une un manguito *E F* de cobre, que esté justo y soldado y que rebase desde *H* á *F*, de la mitad de su largo, debiendo tener en total desde *E* á *F*, lo menos 15 á 20 centímetros, ó 6 á 8 pulgadas. Al tornillar un trozo de varilla con otro, este manguito, que debe ajustar tambien al trozo inferior *B*, da resistencia á la union y hace contacto para que la varilla no esté interrumpida eléctricamente. Pudiera tambien sacarse la espiga *H G* en el trozo *B*, pero no aconsejamos esto, porque la esperiencia nos ha hecho ver que es mas fácil que se rompa por *H* en este caso, y sobre todo si no son de muy buen hierro los trozos de la varilla. Lo mismo decimos para todos los casos iguales.

44. Al extremo inferior de la varilla se hace una gola ó saliente, como se indica en *F* (*fig. 4*), para que el agua que moje la

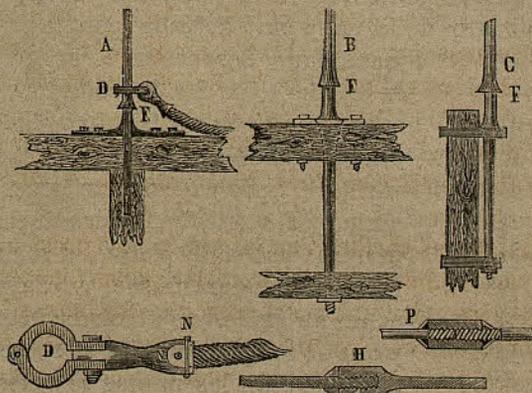


Fig. 4.

varilla cuando llueve, al escurrir sobre la superficie de ella, no se meta en el taladro ó caja donde está sujeta, y haga podrir

las maderas ú oxidar el hierro que la sostiene. Esta gola queda fuera, á la altura de las tejas ó de la cubierta donde está colocado el aparato. Se hace, metiendo un anillo grueso en la varilla; despues se caldea, y á martillo se le da la forma cónica por la parte superior, al mismo tiempo que se une, dejándola cortada en la parte inferior. Mas abajo de la gola tendrá la varilla un trozo del largo y forma convenientes para sujetarla, como se dirá despues.

45. Si el pararrayo ha de ejercer toda su accion preventiva, es necesario que termine en punta bien aguda y que la conserve siempre, puesto que perdiendo la punta, no podrá salir el fluido (38). Terminando la misma varilla en punta, como el hierro es muy oxidable, con los cambios de humedad y temperatura se oxidaria, y no se conservaria aguda. Sin embargo, los primeros pararrayos se hacian afilando la varilla, y para que pudiera conservarse á la intemperie, se doraba el extremo afilado hasta donde la varilla era ya bastante gruesa: á este medio se podrá recurrir en caso de no ser fácil otra cosa, ó mientras se prepara un método mejor. Las puntas que hoy dia se ponen varian bastante: vamos á examinar todas, para poder escoger la mejor, segun los casos ó circunstancias particulares. Las preferibles, ya porque resisten completamente á la oxidacion y se conservan siempre agudas, ya porque se funden rara vez con una descarga, son las de platino. Antes se ponía una punta *B* (fig. 5) de 2 á 5 centímetros de larga, y muy delgada, porque el platino es

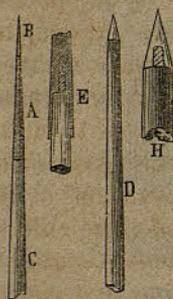


Fig. 3.

metal caro; despues se le añadía un trozo de cobre *A*, de 2 á 3 decímetros, que iba engruesando hasta terminar en un manguito y unirse á rosca *E*, á la punta de la varilla *C*, que ya bastante gruesa en esta parte, podía resistir una descarga sin romperse: la punta de platino se soldaba al cobre con soldadura fuerte, y todavía se solía poner un anillo que abrazaba la soldadura, y que se soldaba tambien al cobre y al platino. Así eran las puntas recomendadas en la instruccion publicada por la Academia Real de Francia (39); pero en el suplemento

que la misma Academia publicó despues, modificó estas porque las creyó muy delgadas, y por consiguiente fáciles de fundir con

una descarga, en cuyo caso se ponen romas, se doblan, se rompen, ó caen fundidas (101), á pesar de que las muy delgadas ejercen sin duda en mayor grado su accion preventiva. Para las nuevas propuestas *D* ó *H*, se dan á la varilla de hierro en su parte superior los 2 centímetros de diámetro que hemos dicho (42): á este extremo se añade una punta de platino en forma cónica, cuya base tenga de diámetro los mismos 2 centímetros, y cuya altura sea doble de este diámetro, ó 4 centímetros. Esta punta, que representamos en la *figura 6* de tamaño natural, *CAB*, unida

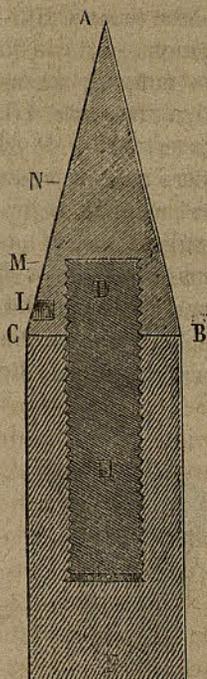


Fig. 6.

á la varilla, se hace maciza, y en el centro de la base se taladra un agujero *D*, que tenga 1 centímetro de diámetro y 1 también de profundidad, haciéndole rosca: en la punta de la varilla *BCF* se hace otro taladro *H* de igual diámetro, y de unos 3 centímetros de profundidad, formándole también rosca: se mete una espiga *DH* de buen hierro, á tornillo, en este taladro (43), y se deja saliente de ella una porcion *D*, que tenga 1 centímetro para atornillar la punta de platino *CAB*. Despues, en el contacto *CB*, esta punta se une con el hierro por medio de soldadura fuerte. Para poder sujetar mejor el cono *CAB* al hacer el agujero en *D*, y para poder despues atornillarle fuertemente, aconsejamos á los constructores que hagan un taladro lateral *L*, en el que podrán meter una espiga que les sirva para sujetar el cono entre dos pedazos de madera sin estropearle, y para apalancar despues al atornillarle en *D*. Para que las puntas resulten mas económicas, ha presentado el constructor Deleuil á la Academia de ciencias de Pa-

rís, y esta aprobó (39), una punta formada del modo siguiente. Se adelgaza la punta de la varilla de hierro, formando un cono, y se adapta á este otro cono hueco ó casquillo de platino, que se construye fundido, ó con una chapa soldada por sus bordes, el cual debe unirse al hierro con soldadura fuerte en toda su estension interior. Esta punta, de tan buenas condiciones como la maciza propuesta primero, es mas económica; pero si no está bien sol-

dada puede saltar en una descarga, y por eso dice el mismo Deleuil que debe estar fabricada por un obrero hábil para que la

suelde bien; las dimensiones serán las ya dichas, de 2 centímetros de diámetro en su base y 4 de altura. La *figura 7* representa esta punta de tamaño natural; *A* es el cono formado en la varilla y *B* el casquillo hueco de platino. Para facilitar la construcción y dar seguridad á la punta, proponemos construirla del modo siguiente. En una plancha de lámina de platino, que debe tener 1 milímetro de gruesa ó poco menos, se corta la *figura 8*, que es de tamaño natural, trazada del modo siguiente. Se tira una recta *AB*; con el compás se toma una estension de 44 milímetros, y haciendo centro en *A* se traza un arco *BC*; despues, con el compás, se toma otra estension de 61 milímetros, y haciendo centro en *B* se marca el punto *D*

para tirar la recta *AD*, y se corta la chapa por las líneas *BA*, *AD* y el arco *BD*; se dobla en cono, y se sueldan al tope las líneas *BA* y *AD*. La figura *BAD* es de tamaño natural. En

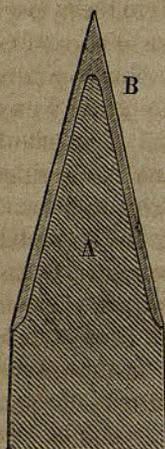


Fig. 7.

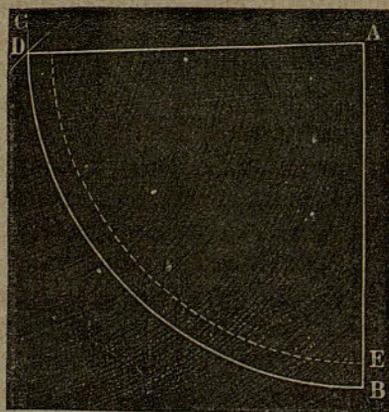


Fig. 8.

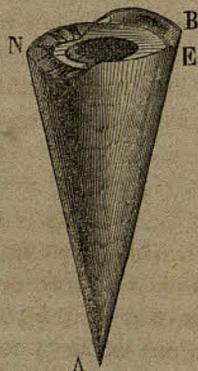


Fig. 9.

el interior de este cono se introduce otro cono de cobre hecho á lima, pero que ajuste bien, y cuidando de que entre de modo que el cono de platino deje un borde *BE* (*fig. 9*), que ten-

ga 3 milímetros, llegando solo hasta *EN*: este borde se dobla hácia adentro como se ve en *N*, y se suelda al cobre: antes de unir el platino al cono de cobre se le hace á este el taladro que le ha de sujetar á la varilla de hierro, como el *D* en la *figura* 6, y se suelda la union como allí se dijo. Tambien se le hace el taladro lateral *L*. Las dimensiones que resultan á esta punta asi construida, son las marcadas á las anteriores. La *figura* 9 es de tamaño natural. Aún proponemos otra punta fácil de construir: termínese la varilla de hierro en punta, de las dimensiones marcadas para las de platino, lo cual se hará con la lima: en seguida se cubre esta punta con una capa de cobre por medio de la galvanoplastia, en una estension de 1 decímetro lo menos: luego esta capa se cubre con otra de platino por el mismo procedimiento, en una estension que coja solo el cono formado en la punta ó poco mas. Este método será muy facil para todo el que conozca el sencillo manejo de la galvanoplastia, y pueda disponer de los baños necesarios. El constructor Deleuil de París hace tambien unas puntas de las dimensiones indicadas, pero pone solo los tres cuartos ó la mitad de platino; es decir, que la punta tiene la misma forma que *CBA* (*fig.* 6); pero solo la parte hasta *M*, que llega á tres cuartos de la altura, es de platino, ó la parte hasta *N*, que es de la mitad de la altura: estas puntas se unen á rosca, y se sueldan como la *CBA*, pero es preferible esta porque en *M* hay poca seccion para que resista el hierro, y menos en *N*. Los precios son

Puntas delgadas del antiguo sistema..	24 frs.	92 rs.
Puntas macizas de 4 cent. de altura..	180	684
de 3 cent. de id.....	100	380
de 2 cent. de id.....	50	190

46. En lugar del platino puede sustituirse el paladio, el oro y la plata, segun la opinion de la Academia de Francia, indicada en el informe citado (39): la ley de los dos últimos metales debe ser de 950 fino con 50 de liga. Las puntas en este caso se construirán por todos los métodos dichos para las de platino (45), incluso el de cubrir la de hierro con estos metales por medio de la galvanoplastia.

47. Como los metales dichos antes para formar las puntas son caros, se propone en el informe (39) hacerlos de cobre, lo

cual se repite tambien en la instruccion para el Louvre: en tal caso al extremo de la varilla se une un trozo de cobre rojo, haciendo la union como se ha dicho (43) (*fig. 3*), con el manguito *EF* ó sin él, pero soldado. Este trozo debe tener 2 decímetros de largo, y rematar en un cono de la forma y dimensiones dichas para las otras puntas (*fig. 6*) (45); es decir, que será lo mismo que la figura, haciendo el trozo *FB* de 2 decímetros, terminando en un cono de 2 centímetros de diámetro en la base y 4 centímetros de altura, y siendo todo de cobre y de una pieza.

48. Comparando ahora estas puntas entre sí, resulta que ninguna resiste á la oxidacion como la de platino, y aun á la fusion con una descarga; las de cobre son mas oxidables, pero resisten mucho tiempo sin oxidarse profundamente; tambien son mas fusibles por el calor, pero su buena conductibilidad las hace resistir mucho á la fusion por la electricidad, pues dan fácil paso al fluido, y segun observaciones hechas sobre la fusibilidad de las puntas de varios metales, resulta que entre 168 descargas que estudió Duprez, hubo 14 en que se fundió la punta; de estas 14 puntas fundidas, eran 7 de cobre, 3 de hierro y 4 de platino. De estas últimas es una la de la torre de la catedral de Strasbourg, que sufrió en 1843 dos descargas en el intervalo de 4 á 5 minutos; sin duda la primera descarga calentó la punta, y la segunda la fundió. Entre las de cobre está la que Franklin puso en el pararrayo de su casa. Las de hierro cubiertas de un metal, suelen ser frágiles, pues se rompen con la descarga. De modo que todas tienen ventajas, ya por su resistencia á las influencias atmosféricas, ya por su buena conductibilidad, ó por su bajo precio; y todas son buenas, mucho mas teniendo en cuenta que si un pararrayo pierde su punta, y con ella su accion preventiva, queda siempre eficaz para preservar (38). Sin embargo, si se nos pide un orden, no teniendo en cuenta el precio, marcaremos el siguiente: platino, oro, plata, paladio, cobre, hierro. Pero, á pesar de esto, preferimos en muchos casos las de cobre, por su bajo precio, y facilidad de construirlas en cualquiera parte por un obrero mediano.

49. Cuando las varillas son muy largas, y por tanto de difícil manejo, es posible que al ponerlas sufra la punta algun golpe y se deteriore; para evitar esto debe hacerse un trozo de varilla de 2 á 3 decímetros de largo, al cual se pone la punta, y este trozo se une á la varilla cuando se encuentra ya colocada

ó cuando se va á colocar, haciendo la union como se ha dicho para los trozos de varilla en la *figura 3* (43), sin omitir el mango *E F*.

50. Las puntas de platino, como no se oxidan, están siempre brillantes, y vistas al sol aparecen mas brillantes todavía; de aquí sin duda la creencia, bastante generalizada en el vulgo, de que los pararayos terminan en un diamante para atraer el rayo. Se ha visto ya que no es tal diamante, y por tanto esta creencia es un error. A poco que se medite se reconoce que no es posible poner un diamante del tamaño que aparece en las puntas de los pararayos, pues sería de un precio fabuloso; además, siendo esta sustancia mala conductora, y pudiéndose quemar con la descarga por ser carbono puro, reúne todas las peores condiciones para formar el extremo de un pararayo, aun cuando su precio fuera inferior al del platino.

51. La longitud de la varilla depende naturalmente de las circunstancias del edificio. Mucho se ha discutido sobre la estension que puede preservar un pararayo segun su altura, suponiendo algunos ser un círculo cuyo centro es el pie de la varilla, y su radio cuatro veces la altura de esta; otros han supuesto que es de mucho mas radio el círculo preservado; pero tambien hay quien supone que es de menos. La instruccion ya citada (39) fija, para estension preservada, un círculo cuyo centro es el pie de la varilla, y el radio, doble que la altura de esta. La misma dimension ha quedado en el suplemento posterior, tambien citado, y esta es la admitida. Sin embargo, en la última instruccion para el Louvre, la distancia de las varillas puestas en los puntos menos elevados del edificio, se marca mayor que la correspondiente á esta regla. Todos suponen efectivamente que la accion preservativa debe estenderse mas, y no hay ejemplo de que un rayo haya caido sino á bastante distancia fuera de la estension marcada; pero conviene sujetarse á la práctica establecida que se conoce buena, y de este modo se tiene completa seguridad de la accion del pararayo. Así pues, para determinar el número de varillas necesarias en un edificio, y la altura que deben tener, fijaremos primero los sitios donde podrán colocarse, que serán las partes mas altas, los caballetes, torrecillas, miradores y demás puntos salientes; veremos desde estos puntos la mayor distancia á que debe llegar la accion del pararayo, y tomando la mitad de esta distancia, esa

será la altura de la varilla; y si resulta mayor que 10 metros (42), ó aunque menor nos parece excesiva, se divide la distancia para poner otra varilla en un punto intermedio. Generalmente suele ser mas ventajoso aumentar el número de varillas haciéndolas mas cortas.

52. Cuando es un templo ú otro edificio con torres, naturalmente deberá ponerse una varilla en cada una de estas; pero en tal caso, dicen las instrucciones citadas (39), y esta es la práctica seguida, que no se cuente preservada la parte de edificio que está mas baja, sino en un círculo cuyo radio sea la altura desde el tejado de esta parte baja hasta la punta del pararrayo, contando como varilla la estension de torre que sobresale encima de los tejados bajos. En estos se pondrán además las varillas que sean necesarias, para preservar toda la estension de edificio que no lo esté con las torres y sus varillas.

53. Para hacer mas eficaz la accion preventiva de los pararrayos, se han hecho en algunos casos las varillas terminadas en varias puntas; de este modo hay mas salidas para el fluido, y neutralizarán mayor cantidad del de la nube. Si se quiere emplear este método en algun caso particular, es evidente que no habrá mas que unir á la varilla otras en forma de candelabro, del grueso conveniente para que tengan los 2 centímetros en el extremo donde se ha de poner la punta (45), que debe quedar vertical. Estos brazos podrán unirse á cualquier punto de la varilla, por ejemplo, á 3 ó 4 decímetros de su extremo superior, haciendo que entre las puntas haya una distancia de 2 ó 3 decímetros; pero estos números pueden ser menores, si la altura que se da á la varilla es pequeña.

54. Para sujetar las varillas al edificio se emplearán los medios que parezcan mas convenientes, segun los casos particulares; pero siempre es necesario que se tenga presente que el aire ejerce un gran esfuerzo en ellas, sobre todo cuando son largas; y si no están bien sujetas ó tienen movimiento, con el continuado efecto de los vientos pueden destruir sus soportes, ó producir deterioros en la parte del edificio donde se sujetan. Cuando son largas, de 1 metro en adelante, deben estar sujetas por debajo de la gola, y por otro punto distante de esta de 0<sup>m</sup>,7 á 1 metro ó mas, para lo cual se habrá hecho en la varilla un vástago ó zanca de estas dimensiones bajo de la gola. La *figura 4* marca varias disposiciones. En *A* se ve el medio de su-

jetar un pararrayo pequeño; se ponen dos zapatillas que se clavan á la hilera, y otras dos laterales que se clavan al madero vertical, si le hay, ó á la tabla de la misma hilera, y quedará bastante sujeto. En *B* hay otro método para varillas mas largas, que es hacer un taladro en la hilera, si es gruesa, por donde entra la zanca de la varilla, sujetándola con dos zapatillas, ó acuñándola con cuñas de madera para que no tenga movimiento; despues entra en el madero inferior, que se figura paralelo al de arriba, pero que puede ser otra cualquiera su posicion, sujetando el extremo con una tuerca, ó acuñando tambien con cuñas de madera. En *C* se ve el modo de sujetar la varilla á un pie derecho, y tambien á un pendolon taladrando la hilera; dos abrazaderas de hierro están clavadas y acuñadas al pie y en un saliente de estas, entre la zanca de la varilla, que se sujeta abajo con una tuerca y se acuña en las entradas con clavos, para evitar los movimientos laterales; pero este método deberá emplearse para pequeñas varillas, á menos que el pie derecho esté muy firmemente establecido. Tambien las pequeñas pueden terminarse en una zanca plana, en la que se harán dos ó tres agujeros, y por ellos se introducirán tornillos á tuerca que los sujeten á un pie derecho ó á la hilera, haciendo la zanca horizontal. El método propuesto en *B* puede emplearse cuando las maderas son gruesas; pero si no lo son, ó se teme debilitarlas con

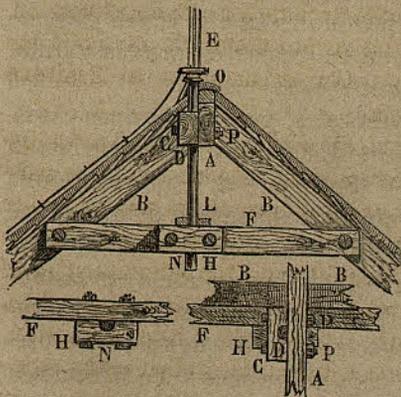


Fig. 10.

agujeros, se puede poner un zoquete sujeto con tornillos á tuerca á la hilera: en él se hará la caja donde entra la varilla. La *figura 10* representa este medio de sujetar una varilla larga. A la hilera *A* se sujeta con dos tornillos *P* y tuercas, una pieza ó zoquete de madera *C*, en el cual se hace la caja *D* ó agujero donde entra la zanca de la varilla *E*; á la distancia conveniente, que será segun la longitud de la zanca, la cual á su vez dependerá de la que tenga la varilla, se sujeta una traviesa *F* á los dos pares *B*, siempre por medio de tornillos y tuercas, que

sujetan mejor que los clavos, y no hay que golpear, lo cual deteriora la fábrica. A esta traviesa se añade otro zoquete de madera *II*, en el que se hace un agujero *N* que se halle á plomo con el *D* que está arriba; en *N* entra el extremo de la zanca, y puede tener la varilla una clavija atravesada *L*, para que no se baje: sujetando esta con cuñas en *D* y *N*, queda muy bien asegurada. Tambien pueden ponerse, en lugar de la traviesa *F*, dos cruzadas entre cuatro pares, y donde se unen estas traviesas, hacer la caja equivalente á *N*. Estos métodos serán buenos para las varillas largas, haciendo la zanca desde *D* á *N* de la longitud conveniente. Debajo de la gola, en el caballete *O*, debe ponerse una planchita de zinc que ajuste á la varilla y con ella y la gola, no hay que temer que el agua penetre por el agujero *D*.

55. Cuando ha de sujetarse la varilla á una bóveda ó cubierta de piedra, se hará una caja bastante profunda, donde entrará el pararrayo, apoyándose en la gola; además deberá llevar debajo de esta, tres ó cuatro patillas, que entrarán tambien en la piedra, y se sellarán con plomo. Si la varilla es algo larga, deberán ponerse tres tornapuntas ó tirantes tambien de hierro, sujetos á un anillo que abrace la varilla, á la altura conveniente, segun la longitud de ella; los tirantes, separados mas ó menos del pie de la varilla, tambien segun su longitud, se reciben en cajas hechas en la piedra, donde se sellan con plomo. Si es fábrica de ladrillo, convendria introducir en ella trozos de madera bien recibidos y sujetos, en los cuales entrará la varilla, añadiendo tirantes como en los sujetos en piedra.

56. Las varillas se ponen verticales, pero en algunos casos, aunque muy raros, se han puesto inclinadas, formando con la vertical un ángulo como de 45°. Su objeto es influir sobre una nube que pueda venir de pronto lateralmente, y sobre la cual el pararrayo vertical no tenga bastante accion preventiva, suponiendo que esta accion se ejerce lateralmente á mayor distancia en direccion del pararrayo. No creemos necesarias estas varillas inclinadas, pues aun dando como cierto que su accion preventiva se ejerza á mayor distancia sobre una nube lateral que se ponga enfrente, en cuanto esta nube varie de posicion ya no será eficaz, y habria necesidad de muchas varillas en distintas direcciones. Además, la accion preventiva de los pararrayos verticales es incontestable, aun para las nubes que no estén enteramente

encima de ellos: añádase á esto, que la accion preventiva es la menos importante de un pararrayo, y resultará que son innecesarios los inclinados. No es decir, de ningun modo, que sean perjudiciales las varillas así dispuestas, pero el edificio estará lo mismo preservado con solo varillas verticales, y por lo tanto no hay necesidad de ponerlas inclinadas, evitando así el gasto que ocasionan. Es evidente que si se ponen, deben aplicarse á ellas todas las condiciones que se han dicho y se digan en adelante para las verticales.

57. Puede unirse á las varillas una veleta á cualquiera distancia de la punta, ó una rosa de vientos, y todos los adornos y adiciones que se quiera, seguros de que no interrumpiéndose la varilla metálica, en nada influirá para su accion todo cuanto se añada; y al contrario, si las adiciones son metálicas y tienen puntas, aumentarán naturalmente la accion preventiva del pararrayo.

58. El conductor debe estar unido al pie de la varilla, y seguir sin interrupción ninguna hasta el suelo (99), donde se le dispondrá de modo que dé fácil salida al fluido para que se pierda instantáneamente en la tierra. Pueden hacerse los conductores de varillas de hierro ó cuerdas de alambre; tambien de cobre en varillas, cuerdas ó chapas; algunas veces se han hecho de laton en forma de cuerdas; y otras se han empleado cadenas de hierro. Los mas fáciles de construir, en general, y de encontrar en cualquiera localidad, son los de varillas de hierro, pero no de fundicion, sino de hierro dulce (41). Cualquiera forma sería buena, pero las cilíndricas se encontrarán en general mas fácilmente. Su diámetro en este caso será de 15 á 20 milímetros, que dá 45 á 60 milímetros para la circunferencia de su seccion, lo cual se ha visto en la práctica que es suficiente, pues no se conoce ejemplo de que se hayan roto ni fundido con una descarga eléctrica, varillas de estas dimensiones; por tanto se escogerá la varilla que mas facilmente se encuentre en el comercio, entre estos dos diámetros. Si fuera de seccion cuadrada, deberá tener 12 á 15 milímetros de lado para presentar tanta superficie exterior como la cilíndrica.

59. Los trozos de varillas que componen el conductor, deben ser lo mas largos posibles, para que tengan pocas uniones. Estas pueden hacerse de varios modos, pero siempre deben formar un contacto bien íntimo, y ser muy firme, para que no se

rompa en una descarga, y quede el conductor interrumpido. Si el contacto es en una pequeña estension superficial, equivale á disminuir la seccion del conductor, y esponerse á los daños que de esto pueden resultar (9). Un medio será hacer un manguito de 4 centímetros de largo, con rosca interior, como en *P* (*fig. 4*), y hacer entrar en él, á tornillo, los dos extremos de las varillas que se han de unir; despues se debe soldar, por el exterior, con soldadura de estaño, para hacer mas íntimo el contacto, y para impedir que la humedad penetre por entre el manguito y las varillas, oxidando y destruyendo el tornillo. Otro método será hacer una caja *H* en uno de los extremos de la varilla y atornillar en ella el extremo de la otra varilla, cuidando de poner la soldadura en la entrada. Puede tambien hacerse el manguito ó caja como en *H*, y en lugar de entrar el extremo de la otra varilla á rosca, se entra simplemente ajustada (*fig. 11*), como entra la *A* en el manguito de la *B*, y

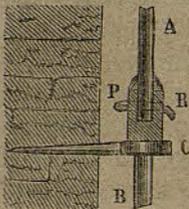


Fig. 11.

se atraviesa una clavija de hierro *PR*, que se dobla despues un poco en el extremo *R*, que ha pasado, para que no salga. Luego se hace la soldadura como en los casos anteriores, para lo cual es conveniente que la varilla que entra sea la de arriba. Advertiremos, que cuando una pieza de hierro ó de otro metal se ha de poner en contacto con otra, como por ejemplo, en este caso la varilla *A*, que entra en la *B*, deben rasparse ó limarse ligeramente las partes que se han de tocar, para que se quite la capa de óxido que cubre las superficies que se unen; si tienen que entrar á tornillo, como en *P* ó en *H* de la *figura 4*, no se pondrá aceite ni grasa en las

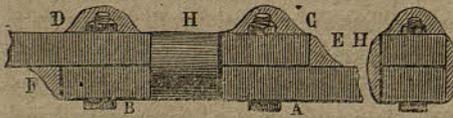


Fig. 12.

rosclas; y como es fácil que el herrero al hacerlas haya empleado aceite, se las dará, despues de hechas, una calda para que el aceite se queme. Cuando los conductores se construyen de varillas cuya seccion es cuadrada, pueden hacerse las mismas uniones redondeando las puntas, ó si no del modo siguiente, recomendado en la instruccion de la Academia (39). Se sobrepone un trozo de la varilla á otro en una estension de 8 á 10 centímetros (*fig. 12*),

y se pasan dos tornillos *A* y *B* con sus tuercas; despues sobre estas, en *C* y *D*, y en los extremos de las varillas *E* y *F*, se pone soldadura de estaño, así como en el centro *H*, para que el contacto eléctrico sea siempre perfecto. Puede hacerse esta misma union en varillas redondas, aplanando los extremos para producir el contacto como en las cuadradas.

60. Para sujetar el conductor á la varilla puede emplearse un medio cualquiera, siempre que el contacto sea perfecto, y en una estension bastante grande. Un buen método, y sencillo, será (*fig. 13*) hacer una abrazadera abierta *A*, que se mete en la varilla por la parte superior hasta que descansa sobre su gola, donde debe ajustar: al conductor *B* se le hace un anillo *C* que se coloca entre las dos orejas *E* de la abrazadera; estas tienen un taladro que da paso al tornillo *F*, el cual entra tambien por el anillo *C* del conductor: apretando bien la tuerca del tornillo *F*, y habiendo tenido cuidado de raspar ó limar las superficies que han de tocarse (59), la union es perfecta. Para que lo sea tambien la de

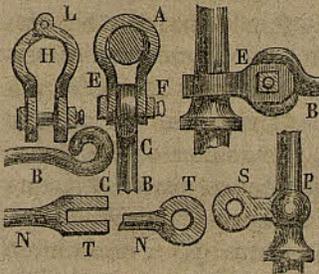


Fig. 13.

esta abrazadera con la varilla, se meten á martillo, en el hueco que resulte, unos clavos de hierro bien limados: así la abrazadera ajusta á la varilla, y donde no se tocan, están en contacto por los clavos. Puede además echarse encima de todo esto soldadura de estaño, y así hay seguridad de una buena union eléctrica. Si la varilla es muy alta, para mas comodidad se hace una abrazadera como la *H*, que es articulada en *L*, y así se abre y coloca en la varilla sin meterla por la punta. Otro medio de unir la abrazadera al pié de la varilla, será el marcado en *P*: una pieza *S* con un taladro está unida al pié de la varilla, y á esta pieza se une el conductor *N*, que termina como indica *T*, con otro taladro para que, poniendo unidas *S* y *T*, se pase un tornillo con su tuerca, y se haga bien la union y el contacto eléctrico, añadiendo soldadura de estaño para mayor seguridad. Todavía puede unirse el conductor, sobre todo en las varillas cuyo pié es grueso (*fig. 14*),

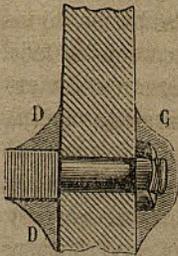


Fig. 14.

el conductor, sobre todo en las varillas cuyo pié es grueso (*fig. 14*),

haciendo á esta un taladro y limando el conductor para que entre por este taladro: despues se sujetará con una tuerca y se pondrá soldadura de estaño en *C* sobre ella, y al rededor de la entrada del conductor en *D*. Este método sirve lo mismo para conductores de seccion circular ó de cuadrada.

61. Para poner conductor de una varilla á otra, se hace una abrazadera dividida en dos trozos *P* (fig. 15), que rodearán la varilla, y por medio de dos tornillos se unen los trozos *D* y *M* de conductor, como se ha unido el *B* á la abrazadera *A* en la figura 13.

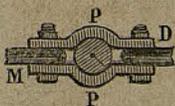


Fig. 15.

62. No es necesario poner el conductor de bajada desde el pié de la varilla: puede estar unido tambien á cualquier punto del conductor que une las varillas una á otra. En tal caso se sujetará de cualquiera de las maneras dichas para unirle al pié de la varilla, pues todos son aplicables. Y tambien en este caso

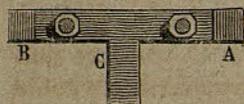


Fig. 16.

hay otro medio, si la barra que forma el conductor de union de las varillas es cuadrada, y aun si no lo es, cuadrándola en un trozo para el efecto. El conductor de bajada (fig. 16) *C* se termina en forma de *T*, y se coloca encima del otro, uniendo los dos con tornillos á tuerca que los atraviesen, y cubriendo las uniones en los estremos *A* y *B*, y encima de las tuercas, con soldadura de estaño.

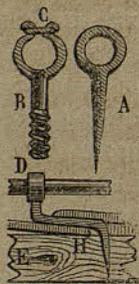


Fig. 17.

63. Para sostener el conductor por encima de los tejados ó cubiertas de los edificios, con el objeto de que el aire ó cualquiera otra causa no los mueva de su sitio y deteriore la cubierta, ó se deterioren ellos, se empleará tambien el método que parezca mas propio, segun las circunstancias: el mejor será poner unos clavos terminados por un anillo (fig. 17), como el *A*, por el cual se mete el conductor antes de hacer sus uniones. Estos clavos podrán estar hechos para tornillar, como el *B*; y si se hace el anillo abierto, como en *C*, se coloca el conductor y se ata encima con un alambre; así podrá ponerse despues de hechas las uniones. Pero es necesario cuidar de que no penetre la humedad por estos clavos, y haga goteras ó pudra la made-

ra, y para esto se pondrá una planchita de zinc bien unida al pié de ellos, cubriendo la parte de agujero por donde haya entrada para el agua. Tambien, con el mismo objeto, se emplearán clavos como el *D*, que se clava en el madero *E*, sea el que quiera, y se pasa una teja *H* por debajo y otra *L* por encima, y así no habrá gotera. Deben meterse entre el conductor y el anillo unas cuñas de madera ó un clavo, ó atar con alambre para que las varillas no golpeen el anillo, pues no entrando enteramente justas, acabarían por arrancar el clavo ó romperle. Se ha recomendado tambien el empleo de coginetes como los que sostienen las barras en un ferro-carril, segun la importancia de los edificios.

64. En los sitios en que los conductores han de estar verticales ó muy inclinados, es necesario, no solo sujetarlos sino apoyarlos, para que no obren con todo su peso sobre la parte superior, lo cual puede tener inconvenientes, y particularmente en edificios muy altos, en los que el conductor será largo y pesará mucho: debiendo tambien tener en cuenta que la tenacidad de los metales varía con la temperatura, y bastante mas la del cobre que la del hierro; así es que un conductor de cobre podría romperse si no estuviera bien apoyado, cuando sobreviniera un cambio de temperatura grande. El método mas sencillo para esto será emplear los clavos *A* (*fig. 17*), haciendo los anillos de modo que pase por ellos la varilla, pero no el manguito de la union: cuando esta se ha hecho, se entra la varilla en el anillo, el que se sube hasta la misma union como en *C* (*fig. 11*), y se clava á la altura bastante para que aquella se apoye en el clavo, que para el objeto deberá ser mas largo, pues tiene que entrar en la pared una buena parte de él: poniendo uno en cada union será suficiente. Lo mismo se hará si estas son como las *P* ó *H* (*fig. 4*), cuidando tambien de introducir los clavos hasta las uniones, y clavar despues.

65. Cuando la cubierta del edificio y las paredes son de piedra, no es posible clavar los apoyos. En tal caso hay que hacer cajas bastante profundas para que entren, y sellarlos con plomo, siendo mas conveniente rematarlos en dos patillas (*figura 17*) como *N*, ó 3 ó 4 en lugar de punta: lo mismo se hará para las bajadas; pero colocando las patillas, si no son mas que dos, en direccion del conductor cuando sirven para sostener el peso de este. Tambien será otro método, colocar una palomilla

(fig. 18): para ello se introduce en el muro una pieza bien sellada, ó se coloca al tiempo de construirle: esta pieza tiene unas espigas salientes, á las que se sujeta con tuercas la palomilla, que puede rematar como se indica en C; y para que sujete el conductor, se colocan dos piezas de madera ó porcelana A B, que aislarán mientras no estén húmedas. Si por circunstancias especiales se creyera que el conductor debe estar siempre aislado de la pared ó edificio, se podrá poner, en lugar de las piezas A y B, la que se representa cortada, en D: esta, aunque llueva aislará; pero muy rara vez ocurrirá aislar el conductor. Es evidente que

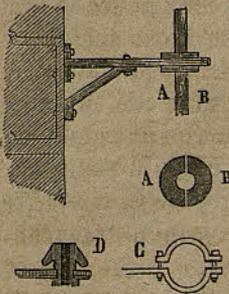


Fig. 18.

las palomillas, con todo lo que de ellas se ha dicho, son aplicables á los muros de cualquiera clase.

66. Cuando ocurre preservar un edificio de muy grandes dimensiones, si se establece un conductor en toda ó parte de su estension, tendrá este una longitud en la que las dilataciones y contracciones por los cambios de temperatura, deben tenerse en cuenta. Si, por ejemplo, el conductor es de 100 metros de longitud, tomando para dilatacion del hierro  $0^m,000012393$  por metro y por 1 grado de diferencia de temperatura, será para los 100 metros  $0^m,0012393$ . En un verano fuerte, podrán las barras encontrarse al sol á la temperatura de  $60^\circ$ , y en un invierno riguroso, á  $-20^\circ$ , cuya diferencia es  $80^\circ$ : de modo que este cambio de temperatura, dará de dilatacion en los 100 metros  $0^m,0012393 \times 80 = 0,099144$ , ó sea 1 décímetro, cantidad que no es despreciable aun en la estension de 100 metros. Para estos casos, la instruccion última de la Academia (39), aconseja que se pongan compensadores interrumpiendo el conductor en una estension de 15 centímetros poco mas ó menos, y poniendo de un extremo á otro de esta interrupcion, una banda de cobre de 2 centímetros de ancha por 5 milímetros de gruesa y 70 centímetros de larga, por medio de tornillos: soldado el cobre al hierro, se cubren de soldadura tambien las tuercas. Si se dilata el conductor, se pliega mas el cobre, y si se contrae aquel, se estiende la curva de este. Así no se interrumpe el circuito eléctrico, y los efectos de la dilatacion no producen ningun desper-

fecto, esta disposicion se representa en la *figura 19*; *A* es la banda de cobre que se pliega. En el caso de un largo conductor, las

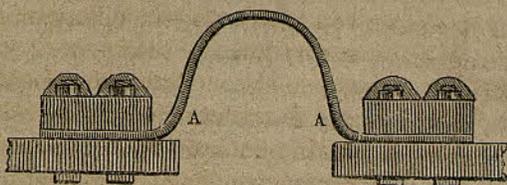


Fig. 19.

varillas deben estar fuera de él; pero por supuesto unidas eléctricamente, para lo cual saldrá de su pié un trozo de conductor que irá á unirse al general, empleando los medios ya dichos. Si este trozo de union es largo, y se cree que puede hacer movimientos al dilatarse ó contraerse el general, podría ponerse tambien en aquel un compensador, que se hará (*fig. 20*) uniendo al

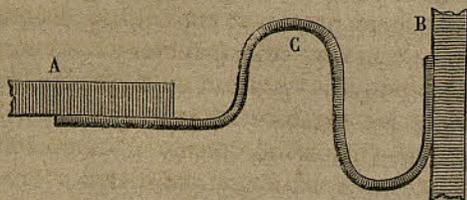


Fig. 20.

extremo *A* del trozo que sale de la varilla, y que no debe llegar al conductor general *B*, una banda de cobre *C* de 2 centímetros de ancha por 5 milímetros de gruesa, y del largo suficiente para ondularla con dos ó tres vueltas, y luego unirla al conductor general *C*. Estas uniones pueden hacerse como indica la *figura*, soldadas fuertemente, ó si no, como se marca en la *figura 19*.

67. El conductor seguirá todas las sinuosidades del edificio, pues no importa que tenga cualquiera forma, recta ó curva, para lo cual se va doblando sin dificultad, porque lo permite el grueso de las varillas; así llega al suelo, y allí es necesario que dé salida fácil á la electricidad que debe perderse en el depósito comun: para esto se hace entrar en tierra, en direccion vertical, 2 á 3 decímetros, y luego se dobla en la direccion que mas se aleje del edificio; es decir, que si baja por una pared, se doblará en direccion perpendicular á esta, y si baja por un ángulo, se dobla de modo que se aleje por igual de las dos paredes to-

mando un camino intermedio. Para que se pueda colocar, se habrá hecho antes un foso que empiece por la profundidad de 2 á 3 decímetros, y se vaya inclinando para tomar mayor profundidad, hasta llegar á la capa de agua del terreno, ó á un pozo ó depósito de agua que debe buscarse, á una distancia lo menos de 4 á 5 metros del edificio; y si el agua está profunda, se dobla la varilla verticalmente para que llegue á ella. En el extremo del conductor, se hace un anillo como el *C* (*fig. 13*), y se meten por él unos pedazos de alambre de cobre, de 2 á 4 decímetros de largo y de 2 á 3 milímetros de diámetro, que se doblan por su mitad, y se retuerce un cabo con otro para sujetarlos al anillo y para que estén bien en contacto con él: estos pedazos de alambre tendrán los extremos terminados en puntas agudas, hechas á lima, serán 8 á 10, es decir, 16 á 20 puntas, y todos desiguales, formando juntos un manojó, que dará salida fácil por todas las puntas á la descarga eléctrica que ha venido por el conductor, y estas son las que han de estar metidas en el agua, para que por ellas y el terreno húmedo, se pierda fácilmente el fluido en el depósito comun. Si fueran de hierro estos alambres se oxidarian pronto, y quedarian destruidos; por eso es necesario ponerlos de cobre. Pueden, sin embargo, emplearse alambres de hierro, siempre que despues de sacarles punta á los pedazos, se cubran con una capa de zinc, lo que se llama *galvanizarlos*. Tambien se sustituyen estos alambres con una plancha de zinc, cobre ó hierro galvanizado ó estañado, enterada en el suelo en tierra húmeda, ó en el agua del pozo, y bien unida al extremo del conductor: estas planchas, gruesas de 2 á 4 milímetros, segun el metal, siendo de cobre las mas delgadas y de hierro las mas gruesas, no deben tener menos de 5 decímetros de lado si son cuadradas, es decir,  $\frac{1}{4}$  de metro cuadrado de superficie cuando están en agua ó terreno muy húmedo, aumentando su tamaño hasta 1 metro cuadrado cuando el terreno es mas seco. La parte de conductor que esté enterrada en el foso, tambien se oxidaria pronto si no se tomaran precauciones: debe estar rodeada de cisco de carbon bien calcinado, y para ello se hace en el fondo del foso una caja de ladrillo, poniendo una hilada á lo largo, que forme el suelo, y despues, á los dos costados de esta, se ponen dos filas de ladrillos de canto, sostenidos solo con la tierra; se echa una capa de cisco en la caja que resulta, y se coloca en medio el

conductor, cubriéndole tambien de cisco hasta llenarla: encima se pone una cubierta de ladrillos, y se terraplena. Puede ponerse tambien una canal de tejas, y echar en ellas la capa de cisco; despues se coloca el conductor cubriéndole con mas cisco, y se tapa con otras tejas colocadas en forma de cobijas. Estas canales podrán formarse lo mismo con piedras, y si el terreno es algo duro, haciendo la zanja con cuidado, será fácil colocar el conductor rodeado de cisco en toda su estension, sin necesidad de ladrillos ni tejas. El carbon tiene por principal objeto impedir que el hierro se oxide; pero además, como por sí es muy buen conductor (7), presenta una masa que recibe la electricidad, y la da paso en mucha parte antes de llegar á las puntas de cobre. Se han registrado conductores así dispuestos entre el carbon á los treinta años ó mas de colocados, y se han encontrado en perfecto estado de conservacion. Estos fosos se terraplanan bien, y se deja igual el terreno. La parte de conductor que no puede rodearse de carbon porque baje al pozo

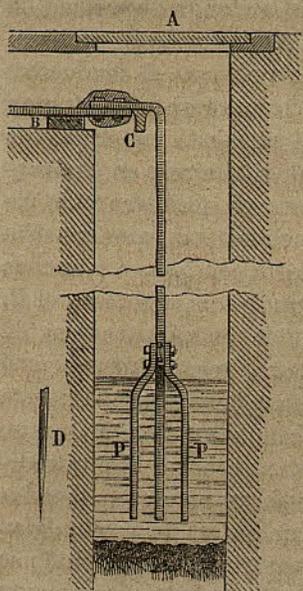


Fig. 21.

vertical ó muy inclinada, se debe cubrir con una trenza de estopa ó arpillera empapada en brea caliente: se rodea la barra, y luego se ata con una cuerda; encima de esta se da una mano de brea tambien caliente, y así queda bien preservado el hierro, pudiéndose emplear el mismo método en toda la parte enterrada; pero es preferible el carbon por su conductibilidad. La brea debe abrazar tambien el ojo extremo de la barra y algo de los alambres de cobre, para que toda la parte que es hierro, quede preservada. La instruccion última de la Academia (39), propone otro modo de terminar el conductor. Se le unen en su parte inferior (*fig. 21*) cuatro piezas como las *P*, lo cual hará cinco ramales, que entrarán en el agua en una longitud lo menos de 80 centímetros. Nos parece deben hacerse las cuatro piezas *P*, de cobre, y terminarlas en punta como se marca en *D*, gal-

vanizando el hierro que está dentro del pozo, ó pintándole por lo menos con una gruesa capa de pintura al óleo, y aun preferiremos rodearle de breá.

68. El punto donde se sumerja el extremo del conductor, para que se pierda con facilidad el fluido, no debe ser un pozo del servicio ordinario de una casa, pues entrando en él las barras, resultarian inconvenientes, y entre ellos, que estas, rozadas y golpeadas á cada instante con los cubos, se destruirian pronto: además, los alambres de cobre en el agua potable pueden producir malos efectos: por eso deberá hacerse otro pequeño pozo inmediato, lo cual será fácil, pues á la misma profundidad del que ya está construido, se encontrará la capa de agua que se estiende en el terreno; pero solo se necesita que los alambres de cobre del extremo del conductor lleguen hasta donde la tierra empiece á encontrarse muy húmeda, que es el principio de la capa de agua, y así este pozo no tendrá que ser tan profundo como el otro. Su diámetro no necesita ser mayor que el preciso para alojar el conductor, y tampoco tiene que estar revestido, pudiendo cegarse despues de metido el conductor, cuando se tenga seguridad de que este termina en la capa de agua. Un taladro de 15 centímetros poco mas ó menos, en cuyo centro se coloque el conductor, y luego se rellene de cisco de carbon, formará un pozo en muy buenas condiciones. Sin embargo, si el pozo está construido de modo que pueda registrarse el conductor sumergido en él cuando se crea necesario, será preferible. Por esto, la instruccion última de la Academia (39) indica un buen sistema, que consiste en colocar el conductor en un foso cubierto con losas ó planchas de hierro *A* (*fig. 21*) y apoyado sobre unos soportes como el *B*; desde aquí se dobla ó añade, y sostenido en una traviesa de hierro *C*, baja hasta el fondo de un pozo, terminándose como se ha dicho antes y está indicado en la misma *figura*. De este modo es fácil reconocer el estado del conductor siempre que se quiera. Si no hay un indicio que nos dé á conocer la profundidad á que se encuentra la capa de agua, es menester ahondar el pozo hasta que se encuentre, sea cualquiera la profundidad que resulte, pues no se puede tener seguridad que el fluido se derrame instantáneamente, si no es en un terreno enteramente mojado. En el caso de que se haya llegado á mucha profundidad sin encontrar la capa de agua, podrá disponerse un pozo lleno de carbon, en el que se alojará el conductor, cubriendo

despues con una rejilla: dando algun declive al terreno hácia este pozo, el agua de lluvia, cuando caiga, irá á él, y esta agua, filtrando por el carbon y por la tierra del fondo, matendrá el espacio con la humedad necesaria para dar paso al fluido. Tambien puede, en las estaciones secas, echarse en el pozo agua, como se riega un tiesto. Es evidente, que si hay un estanque, arroyo ó canal de riego, debe dirigirse siempre el conductor á cualquiera de estos sitios, ó debajo de ellos, buscando asi el terreno mas húmedo. Unos buenos puntos para rematar el conductor serán tambien las alcantarillas de aguas pluviales, y en una palabra, todo sitio húmedo, teniendo presente que la tierra no conduce muy bien el fluido, cuando este es en cantidad, si no está húmeda (12). Cuando el terreno sea roca, el foso se hará bastante profundo, y se llenará lo mismo de carbon, poniendo entre este el conductor, y uniendo á él algunos pedazos de alambre de cobre terminados en punta como los del extremo, para que por ellos salga tambien el fluido: despues se hace un barreno en la roca, de un diámetro de 2 á 3 decímetros lo menos, que no sea menor de 3 á 4 metros, y á la distancia de 5 á 6 del edificio; y se introduce el conductor en él, rodeado de carbon, haciendo que las aguas de lluvia entren por una rejilla colocada cerca del punto donde el conductor se introduce en el terreno, para que de este modo el agua filtre por todo el foso y el taladro ó pozo, dando así paso al fluido por toda la estension de conductor enterrada. Deben aprovecharse las fisuras del terreno, ó buscar tierra, aunque esté algo mas lejos; y téngase presente que los pararrayos que exigen mas cuidado en su terminacion son los de esta clase de terrenos, por la mala conductibilidad de estos: por lo tanto, hay que aprovechar todas las circunstancias favorables, aun á costa de mas trabajo y mayor gasto. Un pozo cuyas paredes no se filtren y no estén en buena comunicacion eléctrica con la tierra húmeda, aunque se encuentre lleno de agua, puede ser causa de funestos accidentes (100).

69. No debe terminarse el conductor atándole á las barras de un ferro-carril, porque acaso no estén en contacto eléctrico con el suelo, y antes de perderse el fluido en él, podrá producir algun mal efecto. Tampoco se atará á los conductos de plomo ó de hierro por donde pasa agua, pues una descarga sería en algunos casos bastante fuerte para fundir los primeros ó romper

los otros. Si son tubos que conducen gas, no solo no debe atarse á ellos el conductor, sino que ha de terminar lejos, pues la chispa encendería el gas y produciría esplosiones, al mismo tiempo que fundiera los tubos de plomo (104), ó que rompiera los de hierro.

70. Observaremos aquí que es un error suponer, como vulgarmente se cree, que el agua apaga la chispa eléctrica, lo mismo que la producida por un combustible: lo que hace el agua es dar paso al fluido, que se esparce en la masa líquida (7), y va á perderse por las paredes del recipiente que la contiene, si es buen conductor y está en comunicacion con la tierra, ó si es el mismo suelo.

71. En lugar de varillas de hierro, se han empleado cuerdas ó cables de alambre, de hierro, de cobre ó de laton. Estas últimas, ó sea las cuerdas de laton, deben desecharse completamente, pues resulta de los esperimentos de Van-Marum, hechos en 1787, que el alambre de laton tiene la propiedad de romperse en muchos pedazos con una descarga eléctrica, lo que se encuentra tambien comprobado con el ejemplo que citamos mas adelante (102).

72. Los cables de cobre ó hierro no se rompen, como los de laton, con una descarga, por la naturaleza distinta del metal; pero puede el fluido pasar solo por algunos alambres, que no presentando bastante superficie para dar paso al fluido, se romperán ó fundirán, y aun podrá romperse el cable todo (15). En efecto, si los alambres están oxidados ó cubiertos de polvo ú otro cuerpo que se haya interpuesto al formar el cable, se encuentran acaso aislados unos de otros aunque se toquen. Para que esto no suceda, dice el suplemento á la instruccion ya citado (39), que se deben estañar las puntas de los alambres, por separado, en una estension de 1 decimetro, próximamente, y luego soldarlos unos á otros en la misma longitud, formando un cilindro enteramente macizo en el extremo del cable, del cual saldrá el fluido á repartirse por todos los alambres, aunque despues se encontraran aislados. Esta indicacion se ha confirmado con los recientes esperimentos de Mr. Melsen, de los que resulta, que si varios alambres están pegados á un conductor, aunque no se toquen unos á otros, el fluido se reparte por todos ellos. La instruccion dice que se forme la cuerda de hierro, retorciendo 4, hecha cada una de 15 alambres, de modo

que el conjunto de los 60 alambres tenga un grueso que dé 16 á 18 milímetros de diámetro. De cobre pudiera hacerse algo mas delgado ó de menos alambres, por ser este mejor conductor; sin embargo, como es mas fusible, no creemos sea prudente disminuir el diámetro, y así se tomarán las mismas dimensiones para los cables de cobre que para los de hierro. Es evidente que en cuanto al precio estos son mas baratos. Los cables se unirán al pie de la varilla, como se indica en *D* (*fig. 4*). Se hace una pieza de hierro *N*, que se sujeta á la abrazadera de la varilla, segun se ve en la *figura*; esta pieza lleva una caja ó parte hueca en *N*, donde entra la punta de la cuerda, ó sea el cilindro hecho con el estaño. Dos tornillos pequeños con tuercas, ó dos espigas remachadas que entren en direcciones que formen ángulo recto, como indica la misma figura, sujetan el cable conductor á la pieza *N*, que á su vez está unida á la varilla por la abrazadera *D*. Tambien puede hacerse el cilindro formado con estaño, en el extremo del cable, de una longitud de 2 á 3 decímetros, y doblarle como la varilla *B* en *C* (*fig. 13*), uniéndolo el cable á la abrazadera, como si fuera la misma varilla *C*. El cable conductor, que debe ser de un solo trozo sin soldaduras, pues esta es su ventaja sobre los de varilla, llega al suelo, donde se colocará como se ha dicho (67) que se hace con los que no son de alambre. Si es de cobre, se destuerce un pedazo y se dejan separados los alambres, haciéndoles punta uno por uno con lima, y se introducen en el pozo ó tierra. Si es de hierro, no puede hacerse esto, y en tal caso, soldando los alambres en el extremo inferior como en el superior, se mete este extremo inferior en otra pieza como la *N* (*fig. 4*), terminada en un anillo, en *D*, donde se atan los alambres de cobre, como se dijo, en los conductores de varilla, ó se dobla el extremo soldado, formando anillo, y á este se atan los alambres de cobre. Los cables son difíciles de construir, y en muchos casos no se encuentran contruidos; por eso generalmente, para edificios, es mas cómodo y ventajoso emplear conductores de varilla.

73. Las cadenas ó series de eslabonés mas ó menos largos no deben nunca emplearse, pues en los puntos en que estos eslabones se tocan pueden tener óxido, polvo ú otro cuerpo que impida su contacto; y aunque no haya nada de esto, y se toquen en superficies bien limpias, no suele ser bastante estenso

el contacto, y la electricidad acumulada en estas uniones, encuentra dificultad en pasar, y las funde ó rompe (9). Por esta razon, el mismo suplemento citado (39) dice, que «la forma de cadena no es nunca admisible; debe escluirse muy severamente de todo empleo de esta naturaleza.» (103) Aun cuando la cadena fuera de grandes dimensiones, deberia proibirse, pues de un eslabon á otro se harian descargas que podrian tambien salir del conductor.

74. El número de bajadas ó conductores depende del de varillas, ó mas bien de las dimensiones del edificio; todas estas varillas deben estar unidas entre sí por un conductor, de la manera indicada (61), á menos que esto sea muy difícil por las circunstancias locales. Se ha solido poner una bajada para cada dos varillas; de modo que, unidas estas, tiene bajada una varilla si y otra no. Puede hacerse una sola bajada para tres varillas, si el edificio es grande, y aun menos, colocando estas bajadas con sus pozos, repartidas á distancias iguales en el edificio, ó sea espaciadas convenientemente en todo él. Así hay edificios muy grandes que tienen pocas bajadas (77, 83), de modo que á cada una corresponde un número de varillas bastante mayor que 2 y 3. Téngase presente que estando bien unidos los pies de las varillas por medio de un conductor general, no es necesario muchas bajadas, si están establecidas en las buenas condiciones que llevamos esplicadas. Si las varillas no están unidas, necesitará una bajada cada una de las que estén solas ó aisladas. Tambien se ha de tener presente que no deben sumergirse en el mismo pozo dos ó mas conductores: cada uno debe tener el suyo.

75. Las bajadas deben ponerse en los puntos menos frecuentados de los edificios; nunca en el tránsito público, aun cuando sea en punto donde esto se permita; y las razones son: la facilidad de destruir ó deteriorar el conductor, si está en la calle; y además, porque pudiera una persona tocar al conductor en el momento de una descarga, y recibir conmocion mas ó menos intensa, pudiendo ocasionarla mucho daño y hasta la muerte; y aunque no toque precisamente al conductor, podrá recibir la descarga, porque como el agua y la tierra, donde va á sumergirse el extremo de este, ofrecen siempre resistencia á la propagacion del fluido, es fácil que el conductor, al hacerse la descarga, desprenda chispas sobre los cuerpos buenos conductores ó

sobre las personas que estén cerca. De esto resulta, que no deben aproximarse á los conductores las personas cuando hay tempestad, pues se hallan espuestas á recibir una descarga. Los mejores puntos para colocar las bajadas son los patios, jardines interiores ú otros sitios análogos, y aun en estos se deben colocar en los ángulos entrantes. Si, aun colocadas así, se cree que podrán acercarse las personas naturalmente, conviene hacer una caja de madera, ancha de 2 á 3 decímetros lo menos, que rodee la bajada sin tocarla, y que la encierre hasta 2 á 3 metros de altura. Nunca deben ponerse las bajadas dentro de los muros, para poder en todos momentos reconocer su estado. Debe cuidarse tambien de que no estén colocadas cerca de los conductos de plomo por donde pasa el gas del alumbrado, porque el metal de ellos pudiera atraer la chispa y fundirse, inflamando este gas: varios casos que presentamos despues (104) prueban lo necesario de tal precaucion.

76. Nos falta una advertencia muy importante, que ha de tenerse en cuenta al establecer los pararrayos, porque de olvidarla pueden resultar funestos efectos. En muchas construcciones, y sobre todo en las modernas, entran en cantidad los metales, en cubiertas, canalones, bajadas de aguas, rejas, balcones y barandillas, y además en armaduras, columnas de apoyo, armazones de muros, arcos de ventanas, y aun los muros mismos se construyen de hierro en algunos casos. Si hay pararrayo establecido en un edificio que contenga mucho metal, podria la influencia de este atraer el fluido del pararrayo, así como el mismo edificio le atrae de la nube; en tal caso el fluido correrá por el metal, y si este no está en comunicacion con la tierra, pasará aquel por donde le sea mas facil, formándose un nuevo rayo desde el metal al suelo, que podrá producir todos los funestos efectos de un rayo que cayera donde no estuviera establecido el pararrayo; pero si el metal está en comunicacion eléctrica con la tierra, por esta marchará el fluido, y no se producirá ninguno de sus malos efectos. Para que esto se logre, sirve el mismo conductor del pararrayo mejor que ningun otro, uniéndose á él todas las partes metálicas de alguna estension que tenga el edificio: de ese modo el fluido al caer podrá estenderse por todo el metal, pero despues correrá por el conductor á la tierra y se perderá en ella. Esta union se hace por medio de cuerpos buenos conductores, ya en varillas ya en alambres. Las cubier-

tas de plomo, zinc ó hierro, de un edificio, se unen al conductor, haciendo que este pase por encima de ellas, sosteniéndole en soportes de hierro, que se construyen modificando algo los ya esplicados (*fig. 17*), como se indica en la *figura 22*. La parte *M* por donde pasa el conductor *I*, es como se ha indicado en *A* ó *C* de la *figura 17*; pero para unirlos á la cubierta, se hace una vuelta ó zapatilla *P* (*fig. 22*), que se sujeta con dos clavos

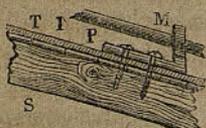


Fig. 22.

al madero *S*, ó con dos tornillos, sobre la cubierta metálica *T*. Al colocar este apoyo se raspa bien la parte de la cubierta *T* que le ha de recibir, y se lima la parte baja de la zapatilla *P* para que el contacto eléctrico sea perfecto; y al pasar por el anillo *M* el conductor *I*, también es necesario que el contacto esté bien hecho, y para ello se lima por dentro el anillo, y también la superficie de la varilla donde le ha de tocar, rellenando el hueco que pueda quedar, con clavos limados y achatados para que pasen de una parte á otra. También podrá atarse el anillo *M* á la varilla con un alambre galvanizado, para establecer el contacto, y mejor que todo será soldar la varilla al soporte, y este á la cubierta con soldadura de estaño. Estos soportes se pondrán á la distancia de 2 metros uno de otro, no tanto para sostener el conductor, como para que haya comunicacion entre este y la cubierta por varios puntos. Si el edificio tiene armadura de hierro, encima de alguna de las piezas de esta, que naturalmente se hallará unida á las demás, se colocarán los soportes como el *MP*, y así toda la armadura estará en comunicacion con los conductores; pero si esta se compusiera de partes aisladas unas de otras, debe establecerse comunicacion eléctrica entre ellas, poniendo barras de hierro de una á otra. Si hay azoteas ó miradores con barandillas de hierro, deben estas unirse á los conductores, atándolas á ellos con alambres, para establecer la union; y en tales casos, también será buen punto, para colocar la varilla del pararrayo, la misma barandilla, siempre que no haya inmediato otro punto más elevado, poniendo en la parte baja un soporte de hierro unido á ella, para que sirva de apoyo al extremo inferior de la varilla, y una abrazadera, también de hierro, que sujete y junte eléctricamente la varilla á la misma barandilla, en la parte alta de esta. Si la barandilla ó masa de metal está lejos del conductor, se estable-

ce desde este un ramal que vaya á unirse á ella; este ramal se hace de varilla de hierro, ó de alambre. Los canalones deberán unirse al conductor atándolos con alambres, y las bajadas de aguas que estén descubiertas y próximas á él, tambien deben atarse del mismo modo; los que están dentro de los muros no necesitan esta precaucion, pero será conveniente que todas estas bajadas de agua lleguen hasta el suelo (104); y si, como algunas veces sucede, terminan mas arriba, deben ponerse en comunicacion con la tierra, por medio de una varilla ó un pedazo de hierro que esté en contacto eléctrico con la bajada, y metido en el suelo de 2 á 3 decímetros. Esto es conveniente aun en donde no haya pararrayos, pues muchas veces una descarga eléctrica baja por estos conductos, y si están en comunicacion con la tierra, el fluido se pierde en ella sin producir estragos, lo que no sucede cuando terminan antes de llegar al suelo. Los balcones, rejas y demás partes metálicas que se encuentren á menos distancia que 1 metro del conductor, deben unirse tambien á este; y aun las que están á mayor distancia, si el metal está en grandes cantidades. En las torres es necesario que todas las campanas, reló y demás partes metálicas estén tambien unidas al conductor. Las campanas pueden unirse unas á otras, fijando desde sus asas una cinta de cobre de 3 á 4 centímetros de ancha por 1<sup>mm</sup> de gruesa, al armazon de madera que las sostiene, haciendo que llegue esta cinta al eje de metal sobre que apoya y da vueltas la campana; desde los soportes en que se sostiene este eje, que serán tambien de metal, pasará la cinta clavada en el muro hasta el soporte de otra campana inmediata, y desde el eje de esta, por su armazon de madera y las asas, al otro eje, y así en todas, uniendo al fin la cinta de cobre con el conductor. Si no se pueden poner cintas de cobre por no encontrarlas en la localidad, se ponen de hierro, de 5 á 6 centímetros de anchas. Si las campanas son fijas, es decir, que no se voltean, se establece un conductor desde las asas al pararrayo. El reló, que ha de ser metálico naturalmente, se pondrá en comunicacion con el conductor, atándole á él con alambre ó por medio de una varilla; y lo mismo se hará con todas las piezas metálicas que se encuentren en la torre; y para establecer cómodamente todas estas comunicaciones, será mas conveniente que el conductor se coloque dentro de la misma torre, y no por la parte exterior de ella, lo que tiene además la

ventaja de que esté oculto, y no haga mal efecto á la vista por la parte exterior.

77. Cuando el edificio tiene mucha cantidad de hierro ú otro metal en su construccion, acabamos de decir (76) que todo este debe estar unido sin interrupcion, y además unido á los conductores; pero vamos á poner como ejemplo de un caso en que la cantidad de metal es muy considerable, lo que dice el suplemento á la instruccion antes citada (39), para el palacio en que se verificó la esposicion de París el año 1855, hoy palacio de la Industria; origen tan autorizado da una gran fuerza á este ejemplo. El palacio se compone de una nave rectangular, cuyo ancho es de 48 metros, y la longitud de 192. Esta nave se halla rodeada en sus cuatro lados por una galería, que tiene de ancha 24 metros; hay además en los ángulos 4 pabellones, y uno en el centro de cada lado mayor; mide en su exterior 250 metros de longitud por 100 de ancho, sin contar los pabellones. El edificio se halla cubierto en bóveda con 25 formas de hierro espaciadas de 8 metros, que están unidas por tirantes y otras piezas, y hay un canal practicado al rededor de la bóveda para cojer las aguas. La comision de la Academia dijo que debian ponerse los pararrayos en los puntos mas elevados de las formas, no pasando de 6 á 7 metros de altura, por no permitir mas el sistema de esta construccion; debian estar colocados en cada una de tres formas, quedando la distancia de 24 metros de uno á otro, resultando por tanto sobre la nave central 9 varillas; y conservando esta misma distancia, al rededor sobre la galería, deberia haber 30 ó las que correspondieran, poniéndose en los pabellones tambien las que fuera necesario. Que en toda la longitud del canal que rodea la nave central se colocara un gran conductor de hierro, metálicamente continuo, cuya seccion fuera de 8 á 9 centímetros cuadrados. Cada varilla de pararrayo habia de tener un conductor particular que viniera á soldarse á este gran conductor, el cual se pondría en comunicacion con el suelo por cuatro pozos lo menos, que se habian de hacer en los cuatro ángulos del rectángulo ó hácia el medio de los lados, y que deberian tener siempre á lo menos 1 metro de altura de agua; siendo importante que estos pozos estuvieran lomas lejos posible unos de otros, y tambien que los conductores que habian de sumergirse en ellos, se encontraran en contacto con el liquido por grandes superficies, ya ramificándolos de diferentes modos, ya soldando á sus extremos, hojas an-

chas y gruesas de zinc, de cobre ó de hierro estañado. Los pararrayos de los pabellones se habian de unir tambien al conductor comun ó al mas inmediato de sus ramales que se dirijiera hácia el pozo. Examinando esta disposicion, se notará que hay unos 40 metros de distancia entre el pie de un pararrayo de la nave central y el mas inmediato de la galería lateral, siendo así que, segun las reglas establecidas con relacion al circuito de proteccion (51), no deberian tener mayor distancia que 28 metros; pero tales condiciones están impuestas en este caso por la naturaleza de la construccion, que no permite colocar pararrayos sino en la cima de las formas: además nos parece (habla la comision de la Academia) que el esceso de distancia no puede tener gran peligro, puesto que desde el pie de los pararrayos, la cubierta, que tiene figura de cilindro horizontal de base circular, va bajando rápidamente. Hasta aquí la instruccion: el palacio se construyó y los pararrayos se colocaron como ella dice, habiendo producido en los 13 á 14 años que hace funcionan, una completa proteccion. Aquí se notará que, segun el número de bajadas propuestas, corresponde una para bastantes varillas (74).

78. Las torres de las iglesias, y en general las de cualquier otro punto, terminan por una cruz, y en tal caso es inútil poner varilla de pararrayo, pues como la forma nada influye, es evidente que la de cruz será igual á la de varilla, siempre que se reunan las demás condiciones que debe tener un pararrayo bien establecido. La instruccion citada (39) dice, que la misma cruz, sin ninguna preparacion, sirve de pararrayo uniéndola un conductor: y en efecto, la accion protectora existirá (95), pero no la preventiva no teniendo puntas (38): por esta razon, si se construye la cruz de modo que tenga unidas una ó mas de estas puntas en las condiciones esplicadas (45), ó si, estando ya construida y colocada anteriormente se le añaden, tendrá la accion preventiva y la protectora, lo mismo que las varillas, y aun mas exagerada la primera, si tiene mayor número de puntas que una. Estas no desfigurarán la cruz, y si puede llegarse á ella sin gran dificultad, tampoco se necesitarán muchos preparativos para colocarlas; pero podrá dejarse de ponerlas y prescindir de la accion preventiva, si la cruz es muy inaccesible, ó se quieren evitar los gastos de colocacion. Es evidente, que cuando una cruz se construye de nuevo, puede hacerse de

un dibujo que admita las puntas: se puede terminar en su parte superior en una espiga ó pequeña varilla, donde se pone la de platino ú otra, lo mismo que se ha dicho para las varillas (45); y se podrá poner tambien mas que una, pues al extremo de los brazos será fácil colocar otras dos, y así la accion preventiva resultará mayor. Para adaptar la punta á una cruz cualquiera ya colocada, se construye una pequeña varilla de hierro de 1 á 2 decímetros de longitud, concluyéndola en su parte inferior en unas orejas formando montante, segun el dibujo de la cruz, y se sujeta con tornillos á tuerca (*fig. 23*). En *A* se indica

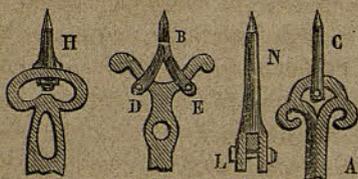


Fig. 23.

una barra de hierro *C*, ó *N* en mayor escala, que lleva la punta de platino, y un montante que entra en la cruz con un tornillo á tuerca *L*, que se aprieta y queda sujeta. En *B* está la misma barra y punta, pero tiene dos montantes *D* y *E* con sus

tornillos á tuerca. Estos métodos tienen la ventaja de que aun en las cruces que sean bastante inaccesibles se puede aplicar, pues sujetando una escalera de mano, apoyada en los brazos de la misma cruz, sube un hombre, que no necesita mas herramientas que una llave para tornillar las tuercas; y una vez puesta la escalera, puede subir tambien á tomar medida de la parte donde se ha de sujetar la varilla para que adapte bien: de este modo la cruz no se desfigurará, pues si es grande y la torre alta, ni apenas se conoce. Si, teniendo en cuenta la altura que debe darse á las varillas en las torres para proteger un espacio (52), se necesita poner las partes *C* ó *B* mas largas, se sujetarán de igual manera á la cruz. Cuando esta es de fácil acceso, podrán ocurrir otros métodos, como por ejemplo, el de hacer un agujero á la cruz para meter la varilla y sujetarla con una tuerca como en *H*. Dispuesta la cruz con las puntas, ó sin ellas, se unirá á su pié un conductor, ya sea en la parte que entra en la torre para sujetarse, quedando dentro de ella, ó ya á la parte exterior al pié: nada diremos de este conductor, que deberá tener las condiciones ya esplicadas (58). Despues de poner la cruz en condiciones de pararrayo, se calculará el círculo que protege (52), y se pondrán las varillas necesarias en el resto del edificio, si todo él no está protegido por las torres.

79. Las fábricas y almacenes de pólvora y de fulminatos necesitan indispensablemente pararrayos, y en este caso es necesario el mayor esmero en la construcción del aparato completo, pues si hubiera la mas pequeña solución de continuidad, podría en ella producirse una chispa, que inflamaria el polvo que pudiera haberse depositado con el aire, de la misma pólvora, y comunicarse el fuego hasta el depósito. La instrucción citada (39) dice, que deben ponerse en este caso los pararrayos, no encima del edificio por si hay polvorin que pueda inflamarse, sino en unos mástiles separados de él 2 á 3 metros, y poniendo en estos mástiles las varillas de 2 metros de longitud; debiendo resultar en todo una altura tal, que la punta se encuentre lo menos de 4 á 5 metros sobre la cubierta del edificio, cuidando tambien de ponerlos algo mas juntos que lo que resultaria por lo dicho del círculo que protejen (51). En el informe de la Academia de Francia, dado en 1867, tambien citado (39), se dice que en los almacenes de pólvora, los pararrayos deben establecerse fuera del edificio, al otro lado del camino de ronda y parte exterior del muro de cercado. En los grandes almacenes que tienen 28 metros por 20 y una altura de 11, se pondrán inmediatos á los extremos de uno de los lados mayores, el que mas cerca se encuentre de la parte por donde las tempestades vengán generalmente, dos soportes ó mástiles de 15 metros de altura, que pueden ser de fábrica, madera ó hierro, y estar estos últimos clavados en la tierra, en tres pies, ó como mejor convenga; un soporte igual se pondrá en medio del otro lado mayor opuesto: á la punta de los tres soportes se colocan varillas de 5 metros de altura, que tendrán sus conductores hasta el suelo. En el camino de ronda, y al lado del muro de cerca, se hará en el suelo una canal, en la que se colocará un conductor que forme un circuito, no interrumpido, al rededor del edificio: á este conductor vendrán á unirse, en perfecto contacto eléctrico, los tres conductores de las varillas, y desde un punto de él saldrá otro conductor que irá á perderse en el pozo como en los demás casos (67). La canal puede estar descubierta ó tapada, y no importa que se llene de agua cuando llueve; solo se cubrirá siempre en los pasos, para que el conductor no se deteriore. Esta canal se hará de ladrillo, teja ó hierro, y no necesita estar en ella el conductor cubierto de carbon, sino bien pintado, y de modo que se pueda registrar con facilidad siempre que se quie-

ra; por eso, descubierto y á flor de tierra estará mejor. Dispuestos los pararrayos por este método, el conductor de circunvalacion impide en todo caso que la electricidad llegue á la pólvora por la tierra húmeda al salir de las varillas; además se hacen lejos de la misma pólvora los trabajos de instalacion y reparaciones, y no hay peligro ninguno, sean los que quieran. Si los almacenes son medianos, bastan dos pararrayos; y si son pequeños, estarán suficientemente protegidos con uno, pero poniendo siempre el conductor de circunvalacion. Estas precauciones se han de tomar aunque haya alturas inmediatas, pues no por eso estará libre el edificio; y aun cuando el rayo caiga en ellas, puede el fluido llegar hasta la pólvora por la tierra húmeda. El conductor se establece tambien al aire, si está muy distante el pozo: para esto se unen al de circunvalacion seis alambres de 6 á 7 milímetros de diámetro, y se colocan separados, sosteniéndolos en postes de madera como los de un telégrafo; pero no aislados, sino, al contrario, haciendo de hierro los apoyos que sostienen los alambres en los postes: así se hacen llegar hasta donde se encuentra el pozo ó depósito de agua, y se atan al último poste; desde esta atadura bajan á meterse en dos tubos de hierro de 4 á 5 decímetros de largo, colocando tres alambres en cada uno, doblados sobre sí mismos á la punta; los tubos se colocan verticales y se les llena de soldadura fundida, y así los tres alambres se unen en un solo conductor: desde estos tubos sale el ramal que entra en el pozo. Este sistema de conductores al aire deberá emplearse solo en casos extremos, por los inconvenientes que ofrece en su instalacion y conservacion.

80. Deben ponerse pararrayos tambien y conservarlos con esmero en todos los depósitos de materias que sean muy inflamables, como petróleos, aguarrás, alcoholes y otras, ya sean sólidas, líquidas ó gaseosas. Deben ponerse tambien en los museos, donde un incendio puede causar pérdidas irreparables; en las casas de fieras, ó sea colecciones de animales vivos y feroces; en los depósitos de mercancías, edificios de exposiciones, grandes fábricas, sitios donde se reunen muchos individuos, como cuarteles, castillos guarnecidos y hospicios, sobre todo si se encuentran en puntos elevados, porque un rayo puede causar en tales casos la muerte de muchas personas; y en las cárceles y presidios, por esta misma razon y por la seguridad de

los presos. Otros puntos, que sería largo enumerar, necesitan los pararrayos indispensablemente; y apenas se concibe que no estén mas generalizados, y que no se pongan hasta en las casas particulares estos aparatos tan útiles é importantes, muy fáciles de colocar y de un coste no grande. Hay algunos casos en los que puede creerse innecesario el pararrayo, por ejemplo en un monumento ó columna de piedra, por ser esta mala conductora del fluido; pero téngase presente que la electricidad nada respeta, y se han visto monumentos de esta especie estropeados por el rayo (119), lo cual sucederá mas fácilmente si tienen masas metálicas en su parte superior, estátuas por ejemplo. En este caso pueden ponerse los conductores ocultos al construir estas obras; y cuando ya están construidas, debe estudiarse el colocarlos de modo que no hagan mal efecto á la vista.

81. Si en un edificio que tiene pararrayos hay que hacer algunas obras ó reparaciones, y para ellas es necesario cortar los conductores, deberán hacerse los cortes de modo que ninguna varilla quede sin comunicacion con la tierra, pues mientras exista la incomunicacion, se encuentra espuesto el edificio á todos los peligros que resultan de un pararrayo que no está en buenas condiciones.

82. Todo pararrayo, con su varilla, conductor y soportes, como se encuentra espuesto á las acciones atmosféricas, se oxida pronto; y además del mal efecto que esto produce para la accion que debe ejercer, toma un aspecto feo y mancha los muros. Para evitar la oxidacion es necesario pintarlo todo con una pintura al óleo. Esta puede prepararse, como las de su género, con aceite de linaza y un color, que el mas á propósito en este caso será el negro de humo; y para que se seque pronto se añadirá un secante, ya el llamado secativo inglés, ya la sal de saturno, poniendo onza por libra de aceite, ó ya cualquiera otro. Si es posible, se pinta despues que esté colocado; pero si esto no es fácil, se pinta antes, cuidando de raspar la pintura en los contactos metálicos para que se toquen los metales. Esta pintura es necesaria para todo lo que sea de hierro, pero puede omitirse en los conductores ó piezas que sean de cobre. Es evidente tambien que las puntas no deben pintarse. Mejor que la pintura, por mas permanente, será emplear las piezas galvanizadas, ó sea cubiertas de una capa de zinc; para lo cual se introducen en el zinc fundido, preparando antes la superficie de

ellas para que reciban bien el metal en fusion; pero esta es operacion menos fácil que el pintado, y que no se halla al alcance de todos en los casos que pueden ocurrir. La pintura produce buen efecto, y es fácil prepararla en todas partes.

83. Como ejemplo de la disposicion que puede adoptarse para proteger un edificio de muy grandes dimensiones, vamos á dar á conocer lo que ha dicho en su instruccion última la Academia de Francia (39), consultada sobre la manera de preservar el inmenso edificio que forma en París el palacio de Tullerías, unido al Louvre por medio de otros dos grandes edificios que se han terminado no hace muchos años, y que todos forman una linea de cerca de 3 kilómetros. Dice la instruccion, que debe colocarse sobre los caballetes de los tejados, y en toda la estension de los edificios, un conductor no interrumpido de varilla de hierro cuadrada, que tenga 2 centímetros de lado, y con los ramales necesarios sobre los caballetes de las partes salientes, que los tienen perpendiculares ó paralelos al general. Este conductor estará apoyado en soportes cualesquiera, de buenas condiciones, ó sobre coginetes de fundicion que pesen 5 á 6 kilogramos, colocados simplemente sobre el caballete. Cuando este se encuentre interrumpido por un pabellon, subirá el conductor por el costado de aquel, y pasando por encima, descenderá al otro lado para continuar sobre el caballete. Las barras que formen el conductor tendrán cada una 4 á 5 metros de longitud, y las uniones se harán como indica la *figura* 12, poniendo compensadores (*fig.* 19). Este conductor deberá estar unido eléctricamente con todos los canalones de plomo; y suponiendo que estos estén muy bien construidos y formen un todo continuo, se establecerá de trecho en trecho una comunicacion entre ellos y el conductor, ya por medio de planchas de hierro, ya por varillas, pero que no tengan menor seccion de 1 centímetro cuadrado; y que las soldaduras, tanto en el conductor como en el canalon, tengan una superficie de 20 á 25 centímetros cuadrados. Las demás piezas metálicas del edificio, se unirán entre sí en lo posible con bandas de hierro soldadas, y cada grupo se unirá lo mismo al conductor ó á los canalones, segun sea mas cómodo. El conductor general se pondrá en comunicacion con el suelo por medio de bajadas que vayan por el camino mas corto, las cuales se unirán á dicho conductor, así como todos los ramales que salgan de él, por el método que se marca (*fig.* 16). Estas

bajadas terminarán en pozos, que serán como se han explicado (67) en la *figura 21*; y estos pozos, que no han de estar nunca secos, serán en número de 10 ó 12. Las varillas tendrán una altura de 6 á 8 metros, y se pondrán en comunicacion con el conductor general, si están separadas de él, por medio de otros conductores unidos á su pie, como se dice en la *figura 14*, y luego terminados en compensadores (*fig. 20*). Las puntas serán de cobre, de la forma indicada en la *figura 6*. Deben ponerse varillas en todos los puntos elevados, como pabellones, torrecillas y otros análogos, y entre estos, en las partes bajas, se pondrán otras varillas á distancia de 25 á 30 metros si hay puntos salientes, como chimeneas ó adornos; y si no hay estas partes salientes, podrán ponerse á distancia de 50 á 60 metros. Se recomienda que una vez al año, por lo menos, se visiten todas las diferentes partes de los pararrayos, levantando acta del estado en que se encuentren. Nos permitiremos algunas observaciones á esta instruccion. Preferimos los apoyos fijos (*fig. 17*) (63) para el conductor, á simples coginetes colocados sobre los caballetes, que son mas caros y menos seguros. En cuanto al conductor que se sumerge en el pozo, hemos dicho (67) que haríamos de cobre las varillas unidas á su extremo y terminadas en punta, prefiriendo tambien tener el conductor entre carbon, y embreado. Nos parece igualmente que un edificio de esta importancia podia llevar puntas de platino, pues su mayor coste importa poco allí. Las distancias de 25 á 30 metros, ó de 50 á 60, que se marcan para las varillas, son mucho mayores que la admitida (51); y como no se apoya en ninguna razon esta disminucion de varillas, no la admitimos por nuestra parte, y recomendamos lo que dejamos dicho sobre el espacio preservado. Por lo demás, el sistema general nos parece muy bueno.

84. Los barcos sufren con frecuencia descargas eléctricas, lo cual nada tiene de estraño, puesto que los palos elevados que sobre ellos salen, son puntos á bastante altura sobre la superficie de los mares, y por tanto, espuestos á las descargas del fluido. La instruccion y el suplemento citados (39) se ocupan tambien de esta cuestion importante, y la práctica ha dado á conocer las ventajas ó inconvenientes de los métodos que se han empleado. En muchos barcos, el conductor del pararrayo se engancha al pie de la varilla, y se echa al mar el extremo inferior cuando hay indicios de tempestad; pero este método es ma-

lo, porque además de que es facil olvidar el engancharle, ó encontrar dificultades para hacerlo en tal momento, resulta el inconveniente de que el extremo del cable echado al agua puede, con los movimientos del barco, quedar fuera de ella ó sumergirse poco (127). Debe el conductor colocarse de una manera permanente, y así producirá sus buenos efectos. La varilla se construye lo mismo que para un edificio (41), pero dándola solo 3 á 4 decímetros de largo hasta la gola, ó algo mas si se quiere poner en ella una veleta. Se colocará en la cabeza del palo mayor, que deberá estar bien cinchada con una fuerte abrazadera; se pondrá una chapa de cobre que cubra toda la cabeza del palo, y se hará entrar la varilla á rosca, de modo que penetre 2 á 3 decímetros hasta la gola. Tambien puede sostenerse la varilla en dos anillos sujetos al palo por medio de abrazaderas, á distancia de 3 á 4 decímetros uno de otro. Estas abrazaderas pueden ser un aro entero, ó una parte; y en todo caso, despues de colocadas, se sujetan al palo por medio de tornillos. La varilla entra en el anillo superior hasta una pequeña gola que no la permite pasar de él, y en el anillo inferior penetra hasta 4 á 5 centímetros: y en esta parte, que tendrá rosca, se pone una tuerca. Pueden tambien pegarse las abrazaderas á la varilla, y sujetarla por ellas al palo con tornillos, como queda dicho. El conductor debe ser una cuerda de alambres de cobre rojo, porque este metal es mas conductor que el hierro, y así se puede hacer de una seccion tres veces menor, con lo que resulta mas flexible y cómodo para manejar: es tambien el cobre menos alterable con las influencias atmosféricas que en este caso ha de sufrir. Los cables de laton deben proscribirse completamente (71). Ha de tener el cable lo menos 1 centímetro cuadrado de seccion metálica, para lo cual se tomarán alambres de 1 á 1,5 milímetros de diámetro; si es de 1 milímetro, se tomarán 22 alambres, que se torcerán juntos haciendo una cuerda; tres de estas se torcerán juntas para hacer el cable, que tendrá 66 alambres. Si estos tienen 1,5 milímetros de diámetro, se torcerán 15, y tres veces estos darán 45, que es el número menor que debe ponerse. Estos cables serán de una sola pieza, y para eso se tomarán los alambres de la longitud necesaria, para que no haya ninguna union ó pegadura desde el pie de la varilla hasta el forro del barco. El conductor se une á la varilla haciendo á esta mas arriba de la gola un agujero, ó pegándola un anillo (60)

como el S (*fig.* 13). La punta del cable se dispone soldando los alambres en una longitud de 2 á 3 decímetros (72); se mete esta punta por el anillo ó agujero, y se dobla, retorciéndola y atando el retorcido con alambre tambien de cobre; despues se hace una nueva soldadura que coja toda la parte retorcida y el cable con el anillo, formando en este una esfera con el metal de soldar, que llene y cubra todo: así la union de los alambres, del conductor y la varilla, es íntima. Si la soldadura se hace antes de colocar la varilla en su sitio, no será fácil meterla despues á tornillo en la cabeza del palo; en este caso se emplean los anillos y abrazaderas. Para que el conductor no estorbe, se le dirige por una de las cuerdas, á la cual se ata con ligaduras á 2 ó 3 metros de distancia unas de otras, y así va hasta el forro del barco; y cuando entre á una profundidad de 1 metro lo menos desde el menor calado, se une al forro, para lo cual, destorcido el cable, se reunen los alambres 6 á 6, y se sujetan con un clavo de cobre, esparciéndolos en forma de abanico. En los barcos cortos bastará un pararrayo, pero en los largos deben ponerse lo menos dos, uno en el palo mayor y otro en el mas lejano, y aun uno en cada gran mástil. Los barcos que tienen el casco de hierro, en todo ó en parte, deben tener el conductor en contacto eléctrico con el casco antes de llegar al agua; y en los buques acorazados debe la coraza estar unida al conductor, siguiendo este despues al agua.

85. Pero en los barcos, el sistema que ha producido mejores resultados es el propuesto por sir William Snow Harris, de la marina inglesa. Ya en la Esposicion universal de Londres de 1851, este sistema, presentado por su autor despues de haber experimentado sus buenos resultados, mereció que el 8.º jurado, ó sea de artes marítimas, le propusiera para un premio de primer orden, que el Consejo de presidentes le concedió, segun consta en los informes de los jurados (*Reports by the juries*, página 217), y ha sido adoptado oficialmente para toda la marina Real británica por el Almirantazgo inglés, que tambien ha recompensado magníficamente al autor. Consiste este sistema en colocar en los mástiles dos bandas de cobre, incrustadas á poca profundidad, y sobrepuesta una á otra; tienen de gruesas desde 1<sup>mm</sup>, 6 á 3<sup>mm</sup>, 2, y de anchas de 4 á 10 centímetros. Estas bandas bajan á lo largo de los mástiles, y en las uniones hay otras,

de modo que en las diferentes posiciones que puedan tener unos pedazos con respecto á los otros, y en todas las distintas que puedan tomar los mástiles, haya siempre una línea metálica sin solución de continuidad; llegando al casco, hay colocadas en todo él las mismas bandas, unidas también unas con otras, hasta el forro; y así, haciéndose la descarga en cualquiera de los mástiles, se encuentra una línea metálica desde la parte más elevada hasta el forro exterior, y el barco entero formará conductor como si fuera una masa de metal. En este sistema no hay varilla, y como las piezas de cobre se puede decir que hacen parte de las de madera, ni embarazan la maniobra, ni hay que cuidar para nada de ellas, estando el pararrayo siempre dispuesto, sin que necesite preparación ninguna, en el momento en que pueda ser necesario. Este sistema ha producido los más felices resultados (128).

86. Se ha observado varias veces, que al caer el rayo en un barco las brújulas han perdido su acción directriz, quedando sin fuerza magnética, ó han invertido sus polos (130); este último accidente deben tenerle muy en cuenta los marinos, por las falsas indicaciones que produce; y es notable tal efecto del rayo, puesto que cuando cae sobre piezas de acero no imantadas, suele convertirlas en imanes. Alguna vez se ha visto que esta alteración no es permanente, y que las brújulas vuelven á su primitivo estado al cabo de un tiempo más ó menos largo; pero no es lo general que así suceda. En el caso de que una ó más descargas caigan sobre un barco y pueda haberse producido un cambio de polos en las agujas, fácil le será al marino conocerlo, si le es posible consultar al cielo; pero si, cualquiera que sea la hora, el cielo está enteramente cubierto, habrá que recurrir á otros medios que son bastante sencillos. No servirá la comprobación de unas agujas con otras, puesto que pueden haberse cambiado los polos de todas, ó si han cambiado solo los de algunas, no se sabrá de cuáles. Para reconocer en tal caso el estado de las agujas, se llevará una pila eléctrica cualquiera, que es fácil hacer funcionar en un momento dado, pues basta un solo par; por ejemplo uno de Daniell no necesita más que agua acidulada con ácido sulfúrico, en el zinc, y una disolución de sulfato de cobre, en el cobre. Pero como el preparar la pila, por sencillo que parezca, puede no ser fácil en un momento de apuro y confusión, se llevará una pila todavía más sencilla, formada de

una plancha de zinc *A* (*fig. 24*), de 4 á 6 decímetros cuadrados de superficie, y otra de cobre *B*, de doble superficie; esta se do-

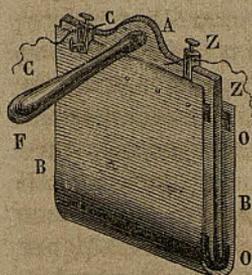


Fig. 24.

bla por la mitad, y entre sus dos hojas se coloca la plancha de zinc, poniendo unas piezas de madera *O* para que no se toquen el zinc y el cobre; al zinc se une un mango *F*, para manejar el aparato mas fácilmente; así se forma lo que se llama un par de Wollaston. A la plancha de cobre se ata el extremo *C* de un alambre, tambien de cobre, y á la de zinc, el otro extremo *Z*. Cuando sea necesario hacer funcionar este aparato, se sumerjen las planchas en un recipiente de agua acidulada con una

décima parte de ácido sulfúrico, ó si no se tiene este, se sumerjirán en un cubo de agua del mar; el agua acidulada ó salada, ejerciendo su accion, produce una corriente eléctrica. Supongamos en actividad la pila ó el par de Wollaston: el experimentador se colocará en la parte donde esté una punta de la aguja, cojerá con las dos manos un pedazo del alambre *CZ*, que estenderá encima de ella, bien paralelo á su direccion, y cerca, pero sin tocarla, poniendo mas próxima á su cuerpo la mano que está mas inmediata al zinc en el conductor; la aguja se desvia de su posicion, formando cruz con la direccion del alambre, y en tal caso el polo que debe dirigirse al Norte, está en la punta que pasa á la derecha. Este método no será fácil de emplear en muchos casos, pues las oscilaciones del barco darán resultados que no se aprecien con exactitud; por eso se puede tambien recurrir á otro, siempre que se tenga preparado de antemano un sencillo aparato (*fig. 25*). Es simplemente una barri-



Fig. 25.

ta de hierro *SN*, á la que se arrolla un alambre *CZ*, que debe estar cubierto de seda y dar 40 á 50 vueltas lo menos, teniendo presente, que

cuantas mas vueltas haya de alambre, será mas sensible el aparato. Esta barra *SN* se convierte en un imán cuando pasa por el alambre una corriente; de modo que atando las puntas *Z* y *C* á los polos de la pila ó á las planchas de cobre y zinc que

antes hemos dicho, tenemos la barra trasformada en iman. Si se ha arrollado el alambre de izquierda á derecha y por detrás hácia adelante como aparece en la *figura*, el extremo á donde se ate el zinc atrae la punta de la aguja que se dirige al sur ó es el extremo norte de la barra, y si se ha arrollado el alambre tambien de izquierda á derecha pero empezando á arrollar por encima, el extremo donde se ate el polo zinc atraerá la punta de la aguja que se dirige al norte. Puede grabarse en la barra la *N* para indicar que aquel lado es el norte de la aguja y debe atraer el polo que se dirija al Sur, ó vice-versa, segun como esté arrollado el alambre, y al lado de este una *Z*, para saber que allí se ata el zinc; así no habrá que fiarse de la memoria. Debe advertirse que las corrientes producidas por el agua del mar son débiles, y por tanto los esperimentos que hemos indicado con ella serán poco sensibles, pero sin embargo, lo son bastante para indicar los polos de las agujas de pequeñas brújulas, y estas sirven despues para comprobar las que por demasiado grandes pueden dar indicaciones dudosas directamente, por no ser bastante marcadas.

87. Los cronómetros suelen sufrir notables alteraciones cuando reciben la influencia de una descarga eléctrica, imantándose (86) todas ó parte de las piezas de acero que hay en ellos (131). No podemos indicar remedio á este mal efecto, pues obra para el movimiento, la fuerza de los resortes y la nueva fuerza producida por las piezas imantadas, que es necesario por tanto cambiar.

88. Puede reconocerse si los pararrayos están en buenas condiciones. Para ello se ata un alambre de cobre al pié de la varilla, cuidando de que el contacto sea perfectamente eléctrico, limando las superficies que se han de tocar: este alambre se une á un polo de una pila de dos pares Bunsen, Daniell ó cualesquiera otros: un segundo alambre se ata á la parte inferior del conductor, y de aquí va á unirse á uno de los dos alambres de un galvanómetro, uniendo el otro al segundo polo de la pila. Si se desvía la aguja de aquel, 30 ó mas grados, el pararrayo se encuentra en buen estado; si se desvía menos, no está en buenas condiciones el conductor; y si no se mueve la aguja, indica que en él hay una solucion de continuidad: en tales casos, para saber dónde está el defecto, se va atando el alambre de arriba en diferentes puntos del conductor, y mientras la aguja mar que

lo mismo que antes, hay seguridad de que no está en buen estado la porcion de conductor comprendida entre los dos puntos en que los alambres están atados. Para examinar la parte de conductor metida en tierra, se hace el circuito con el alambre que se ató en el punto inferior que pasa al galvanómetro, y el otro alambre, que irá ahora desde el polo de la pila á unirse con una plancha ó barra de hierro ó cobre, que se introduce 5 á 6 decímetros en el suelo húmedo, ó en sitio donde haya agua: si marca la aguja 12 á 13 grados lo menos, el conductor está en buenas condiciones. Mr. Canderac ha dispuesto estos aparatos de verificacion, encerrados en una caja, y compuestos del modo siguiente. Un alambre cubierto de seda ó algodón, y de una longitud de 200 á 300 metros, arrollado en un carrete, del que se desarrolla, por medio de un manubrio, la porcion necesaria para que alcance al pié de la varilla y á la pila. Esta es de zinc y carbon, de 7 decímetros de altura, y cuyo líquido excitador es el agua salada; se unen dos elementos. El carrete del galvanómetro tiene 34 vueltas de alambre. Un aparato de este género ha marcado 35 á 45° en el galvanómetro para un pararrayo en buenas condiciones, unido el alambre al pié de la varilla y al del conductor, y mas de 13° para la parte de conductor enterrada, cuando se encuentra en buenas condiciones. Estos ensayos necesitan aparatos particulares, como se ve, y algunos conocimientos en la persona que ha de ejecutar; pero hemos dado á conocer el medio de efectuarlos, para no omitir nada que tenga relacion con los pararrayos. Una inspeccion detenida de todas las uniones, y cuando parezca conveniente, de la parte que está metida en tierra, es bastante para conocer si se encuentra en buen estado un pararrayo. Se ha propuesto tambien unir todo el sistema de conductores de los pararrayos de un edificio, á una pila que esté tambien en comunicacion con otro sencillo aparato que, por medio de un electro-imán, tenga sujeto el timbre de una campanilla; si se rompe el circuito, es decir, si los conductores del pararrayo forman en cualquier punto una solucion de continuidad, el electro-imán pierde su fuerza, y suelta el timbre, que hará sonar la campanilla unida á él. De este modo se sabe que el pararrayo no está en buenas condiciones. Tal sistema, bueno en teoría, no lo es en la práctica, pues necesita una pila permanente, y aun será difícil establecerle en las condiciones especiales que necesita.

## NOTICIAS Y CASOS PARTICULARES.



89. Los ejemplos siguientes prueban hasta la evidencia, que los pararrayos preservan los edificios completamente de la acción destructora de las descargas eléctricas.

La catedral de Strasbourg en Francia, tiene dos torres, de las cuales una, la del lado izquierdo del espectador, está terminada, y se eleva desde el pavimento del templo hasta la cruz 142 metros, dos y medio mas que la cruz de la cúpula de San Pedro de Roma, y es la torre mas alta de toda Europa. Naturalmente, un punto tan elevado ha debido ser con mucha frecuencia castigado por el rayo; así dice alguna historia que de este monumento hemos consultado, que apenas bastaría un volumen para mencionar todos los accidentes ocurridos: y en efecto, hay noticia de que ya en el año 1007 fué destruido enteramente por un rayo. Veamos los principales y mas modernos casos, de los que aún se conmemoran algunos en el mismo edificio, por medio de diferentes inscripciones.—El 28 de julio de 1625, poco despues de las doce del dia, sufrió una descarga la corona de la torre, que derribó toda la parte alta de ella, sostenida por ocho pilares: las piedras del pavimento de la plataforma del templo quedaron hechas pedazos, y el rayo fué á pasar por el famoso reloj, una de las preciosidades de esta catedral, estropeando el gallo automático, que no se recompuso despues en bastantes años: la parte alta de la torre quedó tan deteriorada, que hubo necesidad de derribarla en una altura de 28 pies para reconstruirla.—El 16 de junio de 1654, entre una y dos de la mañana, otra descarga eléctrica destruyó la mitad de la parte alta de la torre y cuatro pilares; cayendo los escombros sobre las casas inmediatas, encontrándose intacta, sobre el pavimento, la piedra de la parte superior. Para la recomposicion se derribaron 58 pies de

altura de torre.—El 27 de julio de 1759 cayó un rayo, que derribó algunas piedras solamente; y en seguida se vió caer una especie de globo de fuego (32) sobre la nave, que en menos de una hora comunicó el incendio á los dos extremos del edificio: todas las construcciones de madera, desde el campanario hasta la cubierta del coro, fueron quemadas, y el plomo que cubria la parte superior, caia fundido á chorros sobre el pavimento de la iglesia. Dos de las ocho piramides que sobresalian en esta parte alta cayeron calcinadas, y fué necesario derribar las otras seis: por fortuna cambió el viento, y pudo dominarse el incendio, cuando llegaba al armazon en que se sostenian las campanas.—No se habian apenas empezado á reparar los desperfectos, cuando en octubre del mismo año, durante una tormenta, cayeron tres rayos sobre el edificio.—A causa de estos accidentes, se pensó en 1780 en construir pararrayos, pero no se llevó á efecto este pensamiento por entonces.—Durante los treinta primeros años del presente siglo, los accidentes se repitieron con tanta frecuencia, que se calculaban mil francos por año para repararlos.—En los años de 1833 y 34 se repitieron, de modo que los deterioros causados costaron de reparar algunos miles de francos, y entonces se pensó llevar á cabo la instalacion de los pararrayos, que se pusieron por fin el año de 1835. Desde esta época, ni la torre ni el edificio han vuelto á sufrir desperfecto ninguno, y aun parece que las tempestades son menos frecuentes y menos fuertes en la ciudad, lo cual será una prueba de la accion preventiva ejercida por los pararrayos (37). Y no es porque el rayo no haya vuelto á caer varias veces; ya hemos dicho (48) que en 1843 sufrió dos descargas en el intervalo de cuatro á cinco minutos, que fundieron una punta. Y notaremos otra circunstancia de este caso: uno de los rayos, al llegar cerca del suelo, se salió del conductor para ir á un monton de hierro y plomo de mas de 2.000 kilogramos, que estaba próximo, perdiéndose luego en la tierra felizmente sin causar daño; siendo de advertir que el fluido no marchó por la inmensa masa de metal que habia en la cubierta de la catedral, á pesar de estar mas alta: pero esta masa estaba unida al conductor y la de abajo no; lo que prueba la necesidad de unir, con el mayor cuidado, todas las masas metálicas á los conductores, segun antes se ha dicho (76).

La magnífica torre de las campanas, ó *campanile*, en la plaza

por los alambres que movian los martillos de las campanas del reló, y fue á romper una puerta de la iglesia, perdiéndose despues. En 1753 volvió á caer el rayo en la misma torre, y pasó tambien por el camino que siguió la primera vez, produciendo iguales efectos. En 1755 cae por tercera vez, pero sin producir ningun mal, pues se habia puesto la veleta en comunicacion con el suelo por medio de un conductor, y este fue el camino que siguió el rayo. Este ejemplo hace ver tambien la eficacia de los pararrayos recomendados para las torres (78).

En la tarde del 20 de febrero de 1860, una tempestad acompañada de nieve y fuerte viento pasó por Bélgica, dirigiéndose del Oeste al Este. Cayeron durante ella 25 rayos, la mayor parte sobre las iglesias, los cuales produjeron 14 incendios mas ó menos grandes; y todas las descargas, escepto dos, causaron desperfectos en los edificios. Las dos que no ocasionaron daño ninguno fueron, la una en la torre de la catedral de Lieja, y la otra, tambien en la torre de la iglesia de un pueblecito en los alrededores de Malinas; pero hay que notar que de los 25 edificios que recibieron las descargas eléctricas solo estas dos torres tenian pararrayo, habiéndose visto bajar el rayo por el conductor en la última, formando una ráfaga luminosa.

El 7 de julio de 1866, por la tarde, descargó sobre la Habana una fuerte tempestad, y cayeron varios rayos. Uno entró en el establecimiento de la esquina de las calles del Príncipe y Carmen, y mató á un hombre, hiriendo mas ó menos á otros cinco. Otro rayo cayó en el castillo de la Cabaña y mató á un soldado, dejando mal herido al centinela, y lastimando á otros varios soldados. Además cayó un rayo en el pararrayo del teatro de Villanueva, sin producir ningun mal efecto, y otro en el de una casa en la calzada de Luyanó, que tampoco ocasionó averías. Tambien cayó otro rayo en el tope del palo de proa de la fragata Lealtad, corriendo por el pararrayo sin causar mas que un pequeño desperfecto en la perilla del palo.

Sir Willian Snow Harris, que tanto se ha ocupado de pararrayos, sobre todo en los barcos (85), consigna en una memoria la observacion que hizo en 6 iglesias de Devonshire que tienen altas torres. Las 6 han recibido descargas eléctricas en pocos años, y solo una, que tiene pararrayo, no ha sufrido ningun desperfecto; las demás han sido todas mas ó menos maltratadas.

El 12 de julio de 1770, cayeron rayos en Filadelfia sobre tres

casas y sobre un barco, produciendo en los cuatro puntos una fuerte detonacion, y causando desastres de consideracion en dos casas y en el barco, que no tenian pararayo. En la otra casa, que le tenia, nada sucedió mas que fundirse la punta del aparato.

La torre de la Catedral de Toledo, elevada sobre el pavimento 324 pies ó sea mas de 90 metros, ha recibido en varias ocasiones descargas eléctricas. Concretándonos á indicar las recientes mas notables de que tenemos noticia, encontramos la primera el 29 de marzo de 1855, á las tres de la tarde, víspera del Viernes de Dolores; el rayo entró por la cruz, en forma de un globo luminoso (32) y atravesó el hueco de la torre, saltando de unos puntos á otros, y produciendo las señales que se conservan todavía enteramente visibles en diferentes partes; desde allí penetró en el templo, bajando dividido en dos (33) por el fleco y galon del paño que forma el dosel del monumento de Semana Santa, que se estaba colocando, y dejó las marcas de su paso en los dos terceros pilares de cada lado que sostienen las naves, donde apoyaba el extremo del dosel, señales perfectamente visibles todavía. En la torre habia varios hombres tocando, y todos recibieron una conmocion mas ó menos fuerte, habiendo sufrido uno de ellos una sofocacion ó principio de asfixia, pero ninguno tuvo malos resultados. En la iglesia tocó á un hombre, rompiéndole los vestidos en medio cuerpo, de arriba para abajo, y haciendo pedazos uno de los botines de piel que tenia puestos; á otro le arrancó un zapato, que se encontró despues á bastante distancia; una señora vió volar su mantilla, que fue á parar á alguna distancia; pero ni estas personas, ni ninguna otra de las que se hallaban en el templo sufrieron mas que una conmocion, que fue mas ó menos fuerte; y por no haber ocasionado desgracia alguna se canta un *Te Deum*, en accion de gracias, todos los años.—El 19 de marzo de 1859, á las dos y media de la tarde, otro rayo entró por la torre, incendiando las maderas de la armadura de su remate. Tambien habia varios hombres en ella, que al principio sintieron una conmocion y quedaron sofocados, pero repuestos pronto, pudieron acudir á apagar el incendio, y no pasó adelante: el rayo se perdió sin saber por dónde.—El 16 de abril de 1865, á la una de la tarde, cayó tambien otro rayo en la misma torre, y pasando por encima de los tejados rompió pizarras y algunas maderas, y fué á perderse sin saber dónde. To-

das estas noticias de las tres descargas las tenemos de testigos presenciales, que sufrieron tambien las consecuencias, y que aún existen empleados en la catedral. En mayo de 1866 se han puesto pararrayos; el de la torre tiene el conductor de cuerda de alambre, y por su colocacion, separado bastante de las diferentes partes de ella, produce mal efecto á la vista; las campanas no están unidas al conductor, á pesar de la mucha masa metálica que tienen; las puntas tampoco son de las recomendadas últimamente. Todavía es demasiado corto el tiempo trascurrido desde que se pusieron los pararrayos, para poder presentar este edificio como ejemplo de la utilidad de aquellos; pero de seguro, cuando pasen algunos años será otra prueba mas.

El 26 de julio de 1859, á las tres de la tarde, cayó un rayo en la cruz de la iglesia de San Cayetano de Madrid. La cúpula fue destrozada y se prendió fuego en las armaduras, tomando grandes proporciones en poco tiempo, sin que se pudiera extinguir, á causa de la dificultad de hacer llegar agua á tanta altura, hasta que al dia siguiente la cúpula se desplomó completa: felizmente no ocurrió desgracia ninguna al caer el rayo, por ser hora en que la iglesia estaba cerrada. La obra de recomposicion ha durado despues bastante tiempo y ha costado unos 14.000 duros, que se han recogido de limosna, los cuales pudieran haberse ahorrado naturalmente si la iglesia hubiera tenido, como ahora pararrayo, pues seguramente no se volverá á producir semejante desastre.

El domingo 7 de abril de 1850, á poco mas de las siete de la mañana, cayó un rayo en la torre de la catedral ó la Seo de Zaragoza. Desde la cruz se corrió hasta el reloj, y pasó por las cadenas que ponen las agujas en movimiento, saliendo por una de estas y penetrando á través de la esfera, que rompió en el punto señalado por la aguja, las siete y media; desde allí fué á perderse no se sabe dónde. En seguida se vió salir humo, y á las dos horas se declaró un terrible incendio, que no pudo ser dominado hasta las dos de la tarde, y que destruyó toda la parte superior de la torre, que era de madera y planchas de plomo, causándose tambien grandes averías en una casa inmediata, pues cayó sobre ella á las once y media la bola del remate con la cruz y veleta. Esta torre databa de fines del siglo XVII. Mientras se tasaron las obras de reparacion, se reunieron los fondos para ellas y se sacaron á subasta, pasaron los años has-

ta mediados de 1860, en que empezó la reedificación, y terminó casi á fines de 1861, habiéndose hecho la armazon de hierro y la cubierta de cobre. El coste fué de 360.000 rs., á los que deben añadirse 12.000 de 8 flameros de hierro fundido, colocados despues, y alguna otra pequeña obra. De estas cantidades dió el Gobierno 340.000 rs., próximamente, y se recaudaron por suscripcion en Zaragoza mas de 42.000. En la contrata de las obras se incluyó la colocacion de un pararrayo sobre la cruz, cuyo conductor habia de pasar por el interior de la torre hasta un pozo del edificio inmediato. Este pararrayo existe, y hasta ahora ha sido eficaz.

En la catedral de Pamplona se quitaron, hace bastantes años, unos adornos de hierro en forma de estrellas ó soles, que habia sobre las pequeñas pirámides que rematan las dos cupulitas colocadas á los lados de la portada, porque caian muchos rayos sobre ellas. Se pusieron pararrayos al lado de estas pirámides, que no bastan á preservar todo el edificio, siendo muy estraño que así se hiciera, y mucho mas cuando la parte no preservada es la que encierra mayor número de objetos dignos bajo varios conceptos de ser conservados. Sin embargo, desde que hay pararrayos no han producido las descargas eléctricas ningun daño; pero lo que naturalmente debia haberse hecho, era no quitar los adornos de hierro, que hubieran servido de varillas, y colocar conductores desde ellos hasta el suelo: poniendo además otras varillas convenientemente situadas, para que todo el edificio estuviera preservado.

Mr. Duprez, en una estadística de las descargas eléctricas que ha tenido ocasion de formar, cita 168 casos de rayos caidos sobre pararrayos; de estos, solo en 27 se ha observado que el edificio no se ha preservado por completo, resultando algunos accidentes aunque no graves; pero en todos estos 27 casos, el examen del pararrayo ha hecho ver de una manera indudable, vicios en su construccion, ó deterioros producidos por el tiempo y no reparados. Estando los pararrayos bien dispuestos no se cita un solo ejemplo, ni por este observador ni por ningun otro, de que se hayan producido accidentes en los edificios.

90. No son menos marcados los efectos del pararrayo en los barcos. Tomamos los siguientes ejemplos de Arago.

En junio de 1813, en el puerto Real de Jamaica sufrieron grande avería el navío *Le Norge* y un barco mercante, que eran

los únicos de todos los buques surtos en el puerto que no tenían pararrayo. Ninguno de los otros tuvo el mas pequeño desperfecto.—En enero de 1814 cayó el rayo en el puerto el *Hamoadé*, de Plymouth; entre los muchos buques que habia en el citado puerto, uno solo sufrió avería, que fué el *Milford*, único que no tenia armado el pararrayo.—En enero de 1830, en el canal de Corfú recibió tres descargas eléctricas en su pararrayo el *Etna*, sin producirle avería. El *Madagascar* y el *Mosqueto*, que no tenían pararrayo y estaban inmediatos al *Etna*, tuvieron grandes averías.

91. Vamos á presentar casos que prueben con qué exactitud sigue el fluido los buenos conductores, y por lo tanto, cuánta debe ser la eficacia de los pararrayos.

Existe una relacion del conde de Latour-Landry, en la que dice que el 29 de junio de 1763 cayó un rayo en la torre de la iglesia de Antrasme, cerca de Laval. Entró en la iglesia y pasó por varios adornos colocados alrededor de algunos nichos; estos adornos eran dorados, y quedaron fundidos ó muy ennegrecidos; siguió por unas vinajeras de estaño colocadas sobre un armario, las cuales quedaron con marcadas señales del paso del fluido, y luego hizo dos agujeros en una credencia contenida en un nicho de piedra, perdiéndose despues. Reparáronse todos estos desperfectos, y al año, el 20 de junio de 1764, volvió á caer otro rayo, que pasó desde la torre por los mismos adornos de los nichos, las vinajeras del armario, y los agujeros que habia hecho el año anterior, los cuales estaban tapados y quedaron descubiertos. Para nosotros es una prueba de que existia un pararrayo formado con todos los objetos por donde el rayo pasó, y por esto no nos estraña que siguiera el mismo camino la segunda vez que la primera.

Citaremos todavía otro caso. En la noche del 15 de marzo de 1773, cuando los nueve salones de la casa de lord Tylny en Nápoles contenian mas de 500 personas, cayó un rayo que recorrió las cornisas doradas cerca del techo, los bastones que sostenian las cortinas, las partes doradas de los sillones y sofás, los marcos de las puertas, y en una palabra, todas las partes metálicas que, siendo muchas, formaban una línea casi continua. El fluido se perdió despues de pasar por todos los salones, sin producir ninguna desgracia personal. Si el conductor metálico natural no hubiera existido, puede presumirse las funestas con-

secuencias de semejante accidente. Es notable tambien en este caso, que el edificio tenia cerca varias torres elevadas que no le preservaron.

92. Citaremos tambien algunos edificios ó monumentos que, á pesar de no tener pararrayos, presentan ejemplos que prueban la eficacia de ellos. Tomamos de Arago el siguiente caso.

El templo de los judíos en Jerusalén existia desde Salomon hasta 70 años despues de J. C., ó sea durante un período de mas de 1.000 años. En todo este tiempo no se hace mencion, ni en la Biblia ni en ningun documento, de que el rayo haya caido sobre este edificio, á pesar de lo espuesto que se encontraba por su situacion; y es de creer que si hubiera caido, se conservaria su memoria, teniendo en cuenta el cuidado con que los antiguos consignaban esta clase de acontecimientos desastrosos; y sin duda hubiera dejado memoria un hecho semejante, pues el edificio tenia, en el interior lo mismo que en el exterior, una cantidad grande de madera, que hubiera ardido produciendo un gran desastre. Estudiando la construccion del templo, se encuentra que entraba en ella, y sobre todo en la parte superior, madera de cedro cubierta de una gruesa capa de dorado, y tenia encima una gran cantidad de lanzas muy puntiagudas de hierro, largas y tambien doradas, cuyo objeto era impedir á las aves posar sobre el templo. Las partes laterales del edificio tenian tambien mucha madera dorada, y además bajaban de lo alto conductos metálicos que llevaban el agua á unas cisternas construidas en el átrio del templo. Se ve pues, que este edificio estaba armado de eficaces pararrayos, formados por las lanzas, que eran las varillas, el dorado de la madera y los tubos metálicos, que servian de conductores, y las cisternas, que eran los pozos. Es pues, un ejemplo importante de la eficacia de los pararrayos.

Existe en Londres, Fish-Street, una columna de piedra de Portland, acanalada, de orden dórico, llamada el *monumento*, conmemorativo del incendio que destruyó una parte de la gran ciudad en 1666. Tiene este monumento de altura total 61 metros, y hay esta misma distancia desde su pie hasta el punto donde empezó el incendio en Pudding-Lane: el pedestal tiene 12 metros, y la parte que se eleva sobre la barandilla del chapitel 10 metros; el diámetro en la base es 4<sup>m</sup>,40, y está coronado de una especie de canastillo arrojando llamas, todo de bronce do-

rado En su interior hay una escalera de mármol negro, que tiene 345 escalones. Elevó el monumento sir Christophe Wren, y se empezó á construir en 1671, concluyéndose en 1677. Esta columna no ha sido nunca atacada por el rayo, á pesar de su elevacion y del mucho metal que contiene en la parte superior; pero examinándola con alguna atencion, no es de estrañar que así haya sucedido. El remate metálico que imita llamas, termina para figurar estas en puntas agudas; desde aquí bajan cuatro gruesas barras de hierro hasta la barandilla del chapitel, y una de ellas está unida al pasamano de la escalera, el cual es de hierro, y baja hasta el suelo. Aquí se ve en las llamas la varilla con sus puntas de pararayo, y en la barra y pasamano de hierro, el conductor.

Saussure publicó en 1771 el resultado de sus observaciones sobre las torres de la Catedral de Ginebra, edificio gótico del XI al XII siglo, que no ha sufrido daño por las descargas eléctricas á pesar de estar edificado en la parte alta de la ciudad; al paso que las de otras iglesias mas bajas han sufrido bastante, la de Saint Gervais por ejemplo. La torre del medio de la Catedral, que es la mas elevada, tiene 125 pies sobre el nivel del suelo, y es de madera forrada de hojalata, lo cual la hace que sea un gran conductor del fluido; por la parte inferior y á diferentes alturas está en comunicacion este conductor con la tierra, y así se pierde fácilmente el fluido. Es pues una torre que tiene pararayo natural por su construccion particular, y preserva el resto del edificio.

93. Sería trabajo demasiado largo el citar todos los edificios que sabemos han sido castigados por el rayo, y que sin embargo no tienen pararayo; pero vamos á citar alguno que servirá como ejemplo notable. El magnífico Monasterio del Escorial ha sufrido en varias ocasiones los efectos de las descargas eléctricas, que han producido en él mas ó menos deterioros. Y no es de estrañar que estos accidentes se repitan con alguna frecuencia, por la situacion del edificio en país montañoso, y la grande elevacion de sus torres, que en las menores pasa de 200 pies sobre el suelo de la lonja, y la del cimborrio tiene 330 pies desde el pavimento de la iglesia hasta el extremo de la cruz, y 360 desde el estanque de la huerta, con una cruz que pesa 73 arrobas y una bola de metal de campanas al pie de esta, que pesa 136 arrobas. Estas condiciones son las mas favorables para atraer

el fluido. No podemos enumerar todos los accidentes ocurridos, pues nos faltan datos para ello; pero vamos á presentar los que han llegado á nuestra noticia, tomados la mayor parte de las historias del monasterio.—Entre once y doce de la noche del 21 de julio de 1577, durante una fuerte tempestad, cayeron algunos rayos en el edificio, que estaba entonces en construccion; uno, que cayó en la sacristía, quemó los marcos de algunas pinturas y destruyó ó chamuscó las cenefas de algunas ropas; en otra habitacion mas alta se encontró un grande agujero; y en la torre, llamada despues de la Botica, otro rayo derribó algunas piedras y prendió fuego al chapitel. No habiendo los medios necesarios para apagar el incendio, se destruyó toda la parte alta, comunicándose al sitio donde estaban colocadas las campanas, y el intenso fuego que produjo la madera de los telares donde se sostenian, fue bastante para fundir once, y formar con su metal y el plomo de la cubierta un rio ardiente, que corria por la escalera, impidiendo la subida; siete horas duró el incendio, que pudo al fin apagarse sin que se comunicara á los empizarrados inmediatos.—El 3 de setiembre de 1590, cuando se habia acabado de colocar la estatua colosal de bronce de San Pedro en el último cuerpo del altar mayor, un espantoso trueno fue la señal de la caida de un rayo en la torre de las campanas, que entrando por el balcon de la derecha al coro, le cruzó, y se fue á perder por el otro lado; muchos monges que oficiaban en el dicho coro cayeron al suelo, pero ninguno recibió daño de consideracion. Es de notar en este caso, que el dia habia estado sereno y sin señales de tempestad (31); los daños fueron solo en algun dorado y en el balcon por donde entró, pero de poca importancia.—En el año de 1642, un rayo destruyó una de las torres, y en el de 1650 otro rayo destruyó tambien otra torre, y no se reconstruyeron las dos hasta algunos años despues, por orden de Felipe IV.—El 18 de junio de 1679, un rayó destruyó la linterna de la cúpula, derribando la bola y la cruz hechas pedazos, sobre los emplomados del templo y los empizarrados del convento: la reparacion de la parte destruida costó 352.000 reales.—En la noche del 5 de setiembre de 1732, durante una fuerte tempestad, cayó un rayo en el edificio, en un sitio que no se pudo fijar al pronto, pero al dia siguiente á la una de la tarde se declaró un incendio en el empizarrado junto á la torre del seminario, que se corrió impelido por el fuerte viento, des-

truyendo todo, hasta la lucerna del colegio, la que redujo también á cenizas, y allí se detuvo.—El 1.º de setiembre de 1744, por la tarde, cayó un rayo en el edificio llamado de la Compañía, que se anunció por un fuerte trueno y el sonido de la gran campana llamada el Favordon; al momento empezó á arder el edificio, que contenia muchas materias combustibles, quemándose los enseres del hospital, enfermería, tahona y fábrica de paños, y además 3.000 fanegas de harina, 10.000 de trigo, 5.000 de cebada y algunas mas de otras semillas, y los cuatro lienzos del patio del edificio; el coste de la reparacion fue grande, habiendo concedido Fernando VI, para pagarlo en parte, un título en Indias que valió 300.000 rs.—En una tarde de agosto de 1854, cuando la Lonja estaba con mucha gente que veia trabajar á una compañía de acróbatas, cayó un rayo en la torre de las campanitas, sin producir mas que un desconchado, que todavía se ve en la columna de la puerta de la iglesia del lado de esta torre, y una conmocion, sin consecuencias graves, en algunas personas que se encontraban en la biblioteca. A pesar de estos ejemplos, que, como hemos dicho, no son los únicos, este magnífico edificio, honra de España, admiracion de nacionales y estrangeros, depósito de incalculables tesoros religiosos, artísticos, literarios y materiales, ¡no tiene pararayos!

94. La torre del *Hotel de ville* de Bruselas tiene una elevacion de 113 metros, y en la parte superior de ella está colocado un San Miguel de cobre dorado, del tamaño colosal de 17 pies. Esta torre ha sido varias veces atacada por el rayo, que ha producido en ella accidentes mas ó menos graves, siendo el último en el año de 1863, que la dañó bastante. Llamado Monsieur Melsen á preservar el edificio por medio de pararayos, ha propuesto, fundándose en sus esperimentos (72), poner desde la varilla una serie de 8 conductores de alambre de hierro galvanizado, su diámetro 10 milímetros, que vayan en diferentes direcciones, ocultos en el edificio. Todos se recogerán al fin en un recipiente de hierro fundido, del que saldrán 3 series de 8 alambres de hierro, que den reunidos, una seccion triple que la de los 8 primeros, y despues irán á terminar á un pozo ó á la tierra húmeda; los conductores habrán de estar en contacto con todas las partes metálicas del edificio. Este método no se ha ensayado todavía; sin embargo, no queremos dejar de darle á conocer.

95. Los pararayos no necesitan terminar en punta para

ejercer su accion preservativa en los edificios (38) pues en Filadelfia, donde estos aparatos son muy comunes, se ha observado que hay muchos cuyas puntas están fundidas y no suelen reponerse; sin embargo no se ha verificado nunca que los edificios en que esto sucede, hayan recibido daño por las descargas eléctricas.

96. La accion del pararrayo tiene que ser preventiva si acaba en punta (28). La iglesia de San Pedro de Roma nos presenta un ejemplo marcado de esta verdad. El edificio tiene un gran número de varillas de pararrayo, terminadas en punta delgada, del antiguo sistema (45): todas las varillas están unidas entre sí, y cada una tiene su bajada. Muchas veces se ha visto pasar, sobre esta gran mole preservada, una nube, produciendo relámpagos continuamente, y quedar tranquila, sin producirlos despues de su paso. Además, algunos ancianos que han vivido siempre en San Pedro, nos han asegurado, que ni han visto caer ningun rayo nunca en el edificio, ni han oido á sus padres que haya caido.

Puede citarse tambien el caso referido por Mr. Cosson, cura de Rochefort. Dice, que el 4 de diciembre de 1785 vió una nube cargada de electricidad; que los relámpagos en ella se sucedian casi sin interrupcion, y el trueno rugia continuamente; pero esta nube quedó tranquila, y dejó completamente de producir relámpagos y truenos, cuando un viento de O. la hizo pasar sobre el pararrayo de la iglesia.

El 21 de mayo de 1831 se formó una tempestad muy fuerte en Plymouth. El navio *Caledonia*, á la vela en la bahía, y que tenia sus pararrayos perfectamente instalados, no recibió ninguna descarga, á pesar de que las chispas se precipitaban á su rededor.

97. Algunos fisicos han dicho que no eran necesarios los pararrayos en las casas inmediatas á grandes árboles, ó colocadas en las faldas de las colinas pobladas de arbolado, porque estando mas altas que el edificio las cimas de estos árboles, le preservarian de las descargas eléctricas. Presentaremos dos casos que prueban que no se puede fiar de estas circunstancias, á pesar de que parece deben ser ciertas. El dia 2 de setiembre de 1816 cayó un rayo en la casa de Mr. Williams, en Coway (Massachusetts), produciendo bastante daño, á pesar de que habia alrededor chopos de Lombardía de 18 á 24 metros de al-

tura, siendo la del edificio solo de 12, y estando situado uno de estos árboles á 1<sup>m</sup>,80 de distancia del punto por donde el rayo entró en la casa; y sin embargo, ningun arbol recibió descarga.

El 17 de agosto de 1789, recibió tambien una descarga eléctrica el pararrayo de la casa de Mr. Leiper, situada cerca de Chester (Estados-Unidos), y en la vertiente de una colina, que tenia una gran calle de elevadas encinas, encontrándose el suelo mas alto que el tejado de la casa á una distancia de menos de 20 metros: la tempestad venia sobre los árboles, y sin embargo, ninguno recibió descarga. El edificio tampoco sufrió daño, porque tenia pararrayo.

98. El siguiente ejemplo es notable, por hacerse una descarga desde abajo para arriba, por la situacion particular de la nube y el edificio. En la cima del monte de Santa Ursula, en la Estiria, hay una iglesia. El 1.º de marzo de 1700 se formaron, hácia la mitad de la altura del monte, nubes espesas, que á poco eran el foco de una tempestad. El cielo estaba muy sereno, y en lo alto alumbraba el sol en todo su esplendor, cuando de pronto se desprendió un rayo de las nubes, que marchando hácia arriba, mató á siete personas que estaban al lado de Werloschnigg, el cual ha contado el suceso.

99. En el lugar correspondiente (58), se ha dicho que el pararrayo no debe tener ninguna solucion de continuidad; y se ha insistido diferentes veces, porque esto es de la mayor importancia. La instruccion citada (39) presenta un hecho que lo prueba, y que vamos á referir.

En una casa de las inmediaciones de París, provista de pararrayo, se rompió este, formándose una separacion de 55 centímetros de longitud: en tal estado cayó un rayo, y al llegar á la interrupcion pasó, taladrando la cubierta de la casa, á un canalon de hoja de lata, por el cual marchó al suelo.

100. Se ha recomendado con insistencia (68) que el extremo del conductor comunique bien con la tierra por una capa de agua; y cuando es un pozo, que este no se encuentre cerrado por paredes impermeables al agua: presentaremos algunos casos de la importancia de esta recomendacion.

El 19 de junio de 1819 cayó un rayo sobre el pararrayo de la aguja ó torrecilla mas alta de la catedral de Milán; despues se notaron varios desconchados en el mármol, y algunos ador-

nos destruidos al lado del conductor: examinado el pozo se vió que estaba revestido de piedra en sus paredes y fondo, lo cual era causa de que el agua no comunicara con la tierra.

El 4 de enero de 1827 se hizo una descarga sobre el pararrayo del faro de Génova: la varilla y el conductor se rompieron por varios puntos. Examinado el pozo, se vió que era solo un agujero practicado en la roca, sin que comunicara con la tierra el agua que contenia.

Al principio del año de 1867 se formó una tempestad sobre la villa de Fecamps (Normandía), y cayeron diferentes rayos sobre varias casas, y uno en el faro, elevado del nivel del mar 125 metros, y construido sobre un suelo calizo: tenia pararrayo en buenas condiciones; pero su extremo inferior se habia sumergido en una cisterna, cuyas paredes estaban revestidas de una capa gruesa de cemento de Portland, para que retuviera el agua: el fluido no pudo esparcirse, retenido por estas paredes, y el rayo hizo grande estrago en el interior del faro, rompiendo hasta las losas de mármol que cubrian el pavimento.

De un informe dado por Gay-Lussac á la Academia de ciencias de Paris, resulta lo siguiente. El 23 de febrero de 1829 á las cuatro de la tarde, recibió una descarga eléctrica el pararrayo del polvorin de Bayona, produciéndose algunos desperfectos. La punta de la varilla se fundió en una estension de 13 milímetros. La plancha de plomo de la cubierta, unida á la varilla, tenia una rotura bastante grande. El conductor estaba apoyado sobre cinco pies derechos de madera, á una altura del suelo de 8 decímetros, para introducirse en la tierra á 10 metros del edificio; pues bien, todos los pies derechos tenian con mas ó menos agujeros, despues de la descarga, las chapas de plomo que cubrian sus cabezas. Examinado el pozo donde entraba el conductor, se encontró era un hoyo de seccion cuadrada, de 2 metros de lado y 1 de profundidad, revestidas sus paredes de ladrillo, y empedrado en el fondo. Todo este hoyo estaba lleno de carbon, y en él se enterraba el conductor, terminado en varias puntas: en la parte inferior de las paredes laterales habia unos arcos que ponian en contacto el carbon con la tierra. Esto no fué bastante para dar pronta salida al fluido, pues todo estaba seco, y se produjeron los efectos indicados: además, se vió tambien que el carbon no estaba bastante calcinado (7).

En la instruccion (39) se cita otro caso mas tomado del tom

4.° de las *Transacciones filosóficas americanas*. Una descarga se hizo sobre un pararrayo que no tenia buena comunicacion con el suelo; la punta se fundió de una manera notable; una parte del fluido se perdió en la tierra, dejando huellas de su paso; pero no pudiendo esparcirse el fluido instantáneamente por la imperfecta comunicacion con el suelo, el resto saltó desde el conductor á un canalon de cobre lleno de agua, por donde siguió á la tierra, destruyendo en su paso una parte del tejado.

101. Una punta demasiado delgada en el pararrayo, ó de un metal muy fusible, preserva el edificio (45), pero el metal fundido por la descarga, puede producir un incendio.

El 11 de enero de 1815, la torre de la iglesia de San Lamberto, en Dusseldorf, se incendió por una descarga eléctrica, á pesar de tener pararrayo; pero examinado despues el caso, resultó que la punta, demasiado delgada, se habia fundido, y las gotas del metal candentes, cayendo sobre las maderas muy viejas y secas de la cubierta, pusieron fuego, produciendo un incendio de consideracion.

102. Las cuerdas de alambre de laton deben proscribirse (71). El siguiente ejemplo es una prueba de ello.

En el suplemento á la instruccion sobre pararrayos (39), se cita el hecho siguiente. El 13 de junio de 1854, en la bahía de Baltchick, á las siete de la tarde cayó un rayo sobre el pararrayo del navío de dos puentes el *Júpiter*. Este pararrayo tenia su varilla en la punta del gran mástil, y desde el pie de ella bajaba el conductor, de unos 70 metros de longitud, y llegaba hasta el mar, en el que se sumergia 2 metros, llevando á su extremo una bala que pesaba 2 kilogramos. Este conductor era un cable ó cuerda formada con tres retorcidas, que tenian entre todas 60 alambres de laton de  $\frac{1}{2}$  milímetro de diámetro próximamente. Al caer el rayo se sintió una fuerte detonacion, acompañada de una viva claridad y nubes de humo; en seguida se vió que la varilla estaba torcida, el cable conductor habia desaparecido completamente de su sitio, y se encontraba hecho pedazos como alfileres pequeños, y solo se veia algun trozo entero de pocos centímetros de longitud: los pedazos cayeron sobre los hombres de la tripulacion, y tres de ellos fueron heridos, aunque levemente. Examinando en seguida de la descarga estos pedazos, se vió que tenian el color violado que toma el laton al fuego; varios de ellos quemaban, y algunos presentaban en sus extremos se-

ñales de fusion; pero estas no se encontraban en todo el grueso del cable. El navío no sufrió daño ninguno, á pesar de haberse destruido su pararrayo, y esto es una prueba mas de la eficacia de los pararrayos que, aun mal dispuestos, pueden producir efecto útil en mas ó menos escala. Tambien resulta por el examen de los trozos del cable, que la electricidad no se repartió por igual en todo él, y que es necesario precaverse de esto en los conductores de alambre (72).

103. Los conductores de eslabones ó cadenas no deben emplearse (73).

Del suplemento á la instruccion sobre pararrayos (39), sacamos el siguiente caso. El 19 de abril de 1827, el paquebot *New-York*, de 520 teneladas, recibió un rayo que le hizo bastantes averías, y entre ellas fundió un tubo de plomo de 8 centímetros de diámetro y 13 milímetros de grueso en sus paredes: lo que prueba que ni debe emplearse el plomo para varillas (41), ni deben pasar los conductores cerca de tubos de plomo (75). Despues de esta descarga se estableció un pararrayo, compuesto de una varilla de hierro, cónica, de 1<sup>m</sup>,20 de larga y 11 milímetros de diámetro en la base, y de una cadena de agrimensor, que desde el pie de la varilla llegaba al mar, sirviendo de conductor en una longitud de 40 metros. Era de hierro, compuesta de trozos de 45 centímetros de largo y 6 milímetros de diámetro, doblados en sus puntas, y unidos unos á otros por medio de anillos pequeños. Despues de establecido este pararrayo, hubo una nueva descarga sobre él: una viva luz iluminó todo el barco, y luego se vió que la varilla se habia fundido en una longitud de 3 centímetros, hasta llegar al grueso de 6 milímetros: la cadena se hizo pedazos, que se encontraron dispersos por todas partes, unos candentes y otros en forma de globulos inflamados, algunos del tamaño de una bala de fusil, poniendo fuego á la cubierta del barco estos pedazos, en mas de 50 puntos distintos, á pesar de la lluvia que caia á torrentes, y de una capa de granizo bastante espesa. De este hecho se deduce que la varilla era delgada, y no pudo resistir á la fusion hasta llegar al grueso de 6 milímetros, justificándose lo que hemos dicho sobre la forma y dimensiones de las varillas (42). El conductor era delgado; pero no debe achacarse á esto su destruccion, pues tenia un grueso igual al de la varilla en la parte no fundida: la forma de cadena, de la que resultaba un pequeño

contacto en los eslabones, y por tanto disminuida en ellos la seccion, fué la causa sin duda de haberse destruido. El barco sufrió averías con la primera descarga; pero no grandes con la segunda, á pesar de haberse destruido el pararrayo, lo que prueba una vez mas su eficacia, pues preservó á pesar de sus malas condiciones.

104. Queda dicho que los conductores de pararrayos no deben pasar cerca de los tubos para el gas (69, 75); y en prueba de ello, además del caso citado (103) de la fusion de un tubo de plomo, presentaremos otros tres ejemplos, que aunque no por conductores de pararrayo, se han repetido en circunstancias que tienen analogía.

En París el 18 de abril de 1866, hubo una fuerte tempestad á las ocho y media de la noche. En una casa, Boulevard Montparnasse, 8, cayó un rayo á la cubierta, que era de zinc, y corrió dividido por el tubo de hierro de la chimenea, y por el de bajada de aguas, que era de hierro fundido; á este le faltaba 1 decímetro para llegar al suelo, y por detras de él pasaba un tubo de plomo que conducia el gas; la chispa, que se corrió por esta bajada de agua, saltó al tubo de plomo, que fundió, haciendo arder el gas; la que bajó por la chimenea encontró tambien otro ramal del tubo en una sala, y le fundió igualmente, produciendo la inflamacion del gas.

A la misma hora se produjo un hecho igual en otra casa, calle Pepiniere, 17, donde cayó otra descarga, fundiéndose en una longitud de mas de 2 decímetros el tubo de plomo que pasaba por detrás del de fundicion por donde bajaban las aguas.

El tercero se produjo en un taller de marmolista, detrás del cementerio Montmartre, incendiándose lo mismo el gas. Estos casos, si bien han sucedido en conductores interrumpidos, puesto que ninguno de los conductos de agua llegaba al suelo, y el tubo de chimenea estaba tambien interrumpido, prueban la esposicion que hay de que se efectue el hecho con un conductor de pararrayo, y por lo tanto que es prudente apartar los conductos de gas de los conductores. Además, sirven estos ejemplos para probar la necesidad de alejar de las bajadas de agua los tubos de gas, por si acaso se hace una descarga que siga por los primeros. Tambien se deduce, que será conveniente hacer que los tubos de hierro por donde bajan las aguas lleguen al suelo (76), ó estén en comunicacion con él por medio

de una barra metálica; así, cuando una descarga eléctrica se haga donde no existe pararrayo, podrá suceder que el rayo baje por estos tubos, como se ha verificado en los tres casos citados, y entonces, estando estos tubos en perfecta comunicacion con el suelo, sirven de conductores para el fluido; y aun resultará que un edificio que tiene cubierta metálica y bajadas de hierro para sus aguas, en buena comunicacion con el suelo, puede decirse que está preservado de los funestos efectos del rayo.

Aunque haya pararrayo, es conveniente que los dichos tubos comuniquen con el suelo; en la escuela de medicina de París, el 16 de julio de 1866, cayó un rayo sobre el pararrayo, pero el fluido debió repartirse entre el conductor de este y el canalon, pues se vió una chispa que pasó desde el tubo de bajada de las aguas hasta el suelo: era pequeña la distancia, pero esta chispa pudo haber saltado del tubo á otro punto donde produjera daño; lo que no podría suceder estando el tubo en buena comunicacion eléctrica con la tierra.

Tambien es prudente que los tubos que conducen el gas esten ocultos, pues de lo contrario es facil que la descarga pase por ellos; en la tempestad del 16 de julio de 1866 en París, calle de las Ursulinas, un rayo rompió el tubo de gas en una casa donde cayó, encendiéndose este.

En la misma tempestad, otro rayo que cayó en el hospital de Val-de-Grace, fundió el tubo de plomo del gas, incendiando este, y saltó desde el tubo á un lavadero, donde se perdió, sin causar daño á ninguna de las 30 mujeres que estaban lavando en aquel momento.

105. Queda dicho (31), que á veces se producen descargas eléctricas desde alguna pequeña nube, estando el cielo sereno.

Además del ejemplo ya dicho del Escorial (93), pueden presentarse otros. Marcorelle cita el ocurrido en 12 de setiembre de 1747: estando el cielo perfectamente sereno, el rayo se desprendió de una pequeña nube redonda que aparecia de 40 á 45 centímetros de diámetro, y mató á una mujer, hiriéndola en el pecho sin deteriorar los vestidos.

Duhamel de Monceau cita otro caso ocurrido el 30 de julio de 1764 en Denainvilliers. A las cinco y media de la mañana, estando el cielo perfectamente despejado, pasó una nubecilla, de la que se desprendió un rayo que vino á caer sobre un olmo, quitándole una cinta de corteza que tenia de longitud  $6\frac{1}{2}$  me-

tros y de ancho 5 á 10 centímetros, haciendo en la madera una canal del grueso y profundidad como de media pulgada. Todavía cita Arago otros dos casos semejantes.

106. Las chispas eléctricas han caído á veces en forma de globos de fuego (32), y de ello son buen ejemplo los citados ya (89) de Strasbourg en 1759 y de Toledo en 1855. Presentaremos además otros.

El 3 de julio de 1725, en el territorio de Aynho, durante una fuerte tempestad, cayó un rayo que mató un pastor y cinco carneros. Wasse vió en ella un globo de fuego del tamaño de la luna, que pasó silbando sobre su jardín. Otra persona en el campo vió un globo, acaso el mismo, del tamaño de la cabeza de un hombre, que se rompió en cuatro pedazos cerca de la iglesia. Es notable también en este caso, que el mismo Wasse observó, en la tierra donde el pastor muerto tenía los pies, dos agujeros de 12 centímetros de diámetro y 1 metro de profundidad: habiendo escavado alrededor, se encontró que á la profundidad de  $\frac{1}{2}$  metro se estrechaban, y luego al fin se bifurcaban; una piedra que se encontraba en la dirección de una de estas divisiones, y que tenía 15 centímetros de ancha y 10 de gruesa, estaba partida por enmedio, y tenía la superficie vitrificada.

El 16 de julio de 1750 cayó el rayo sobre una casa de Darling (Surrey), causándola grandes averías. Los testigos todos de esta catástrofe, declararon haber visto grandes bolas de fuego (*large balls of fire*) alrededor de la casa; al llegar á tierra y sobre los tejados, estas bolas se dividían en un gran número de partes, que se dispersaron en distintas direcciones.

El 14 de febrero de 1809, el navío de línea *Warren-Hastings* recibió tres rayos en un corto intervalo de tiempo, y todos tenían la forma de globos de fuego.

En la capilla del palacio de Madrid, poco despues de la entrada de Felipe V, cayeron dos bolas de fuego, de las cuales una se dividió en varias porciones, que botaban como balas elásticas antes de desaparecer.

En la sesion de la Academia de Ciencias del 5 de julio de 1852, Mr. Babinet comunicó el hecho siguiente. En el tercer piso de una casa situada en la calle de Saint Jacques, cerca del Val-de-Grace, en París, entró por la chimenea, derribando la pantalla que la cubria, un globo de fuego del tamaño de la ca-

beza de un niño, y se paseó por cerca del pavimento sin gran velocidad; despues se aproximó á los pies de un hombre que habia en el cuarto, y elevándose por cerca de su cabeza, se dirigió oblicuamente á un agujero tapado con un papel, que servia para introducir en el cañon de la chimenea otro delgado de una estufa, cuando se ponía en invierno. El globo debió elevarse por la misma chimenea, y en ella, ó al salir, produjo una espantosa detonacion que destruyó parte del cañon superior, cuyos escombros cayeron á un patio, y produjeron varios desperfectos en algunos tejados inmediatos.

Arago recibió de una señora la siguiente comunicacion. El 16 de junio de 1849, á las seis y media de la tarde, se vió desde la ventana de la casa Cité Odiot, en París, un globo de fuego rojo, que aparecía del tamaño de la luna, el cual bajaba lentamente sobre un arbol; despues empezó á inflamarse por la parte inferior, y de pronto se rompió, produciendo una espantosa detonacion, y despidiendo como una docena de rayos hácia todos lados. La detonacion derribó tres hombres en la calle; varias personas sufrieron en distintos puntos, mas ó menos; y en un colegio de niñas, calle Neuve-de-Berry, uno de los rayos hirió á una maestra.

Arago cita cerca de treinta casos mas de la naturaleza que hemos señalado, pero bastan estos para dar á conocer semejante clase de fenómenos.

107. La chispa eléctrica, despues de haber entrado en los cuerpos, se ha dividido algunas veces en varias partes (33). Hemos citado los casos de Toledo en 1855 (89), del Boulevard Montmartre, y de la Escuela de medicina en París (104); y aún veremos otros en Madrid en 18 de junio de 1868 y en Valladolid el 19 de julio de 1868, en dos casos (117). Tambien se ha visto esta division en el aire.

Nicholson, en una tempestad, el 19 de junio de 1781, en Londres, vió diferentes relámpagos que se dividian en dos ramas por la parte inferior, nunca por la superior.

Charpentier comunicó á Arago la relacion de un caso notable de este género. El 25 de junio de 1794, en Freiberg, cayó un rayo que se dividió en tres partes. La central cayó sobre una casa situada en la plaza de la Catedral. La del lado Sur cayó sobre una casa situada en el arrabal, á 1.195 metros de la otra. La chispa que se dirigió hácia el Noroeste incendió una

barraca cerca del pueblo de Klein-Watersdorff, á 2.600 metros de distancia de la casa primera. Pudieran citarse todavía algunos casos mas, y aun de division en mayor número de partes, pero no son tan auténticos como los que dejamos indicados. Se ha citado tambien algun caso de reunirse dos chispas en una, al caer á tierra.

108. Muchas veces se ha observado que los rayos han seguido un camino en espiral (25), y se ha reconocido tambien sobre algunas personas muertas por el rayo.

Rice vió una, sobre la que el rayo habia marcado su paso en espiral rodeando la pierna derecha; y Kohlreif cita otro caso semejante, de una muchacha que fué herida en el hombro derecho; de aquí siguió la chispa formando surco de 1 centímetro de largo, como el que haria un hierro candente, y llegó á la pierna izquierda, siguiendo alrededor de ella hasta salir por la punta del pie.

El guarda de un faro recibió la descarga eléctrica, y se vió sobre su cadáver una línea que, empezando en el cuello, seguia en espiral por el cuerpo hasta llegar á la pierna, en donde terminaba.

Una cosa semejante se ha observado en muchos árboles. El doctor Sestier cita hasta diez y seis ejemplares vistos por él, en los que el rayo dejó un surco en espiral rodeando el tronco.

En 1710 se vió en Zurich un pino que habia perdido toda la corteza, desde las mas elevadas ramas hasta la raiz, por una descarga eléctrica, que siguió un camino espiral sobre el tronco, dejando huella de 6 á 8 pulgadas de ancha, pero sin señales de combustion. Cerca de Hamburgo se ha observado un hecho muy semejante.

En Roma, en la villa Borghese, en marzo de 1844 cayó el rayo sobre un pino, al que quitó la corteza en la parte superior del tronco, haciendo una huella en espiral de 5 centímetros de ancha; de este pasó á otro pino inmediato, sobre el que siguió tambien un camino espiral rodeando la parte inferior del tronco, formando la huella igual y perdiéndose en la tierra.

Hace años cayó un rayo sobre un árbol del paseo de la Ronda en Madrid, hácia el sitio donde se encuentra la fábrica de gas; el rayo dejó un surco profundo en la corteza del árbol, la que no levantó completamente, y este surco daba dos vueltas

enteras al tronco, desde el nacimiento de las ramas hasta el suelo; el árbol, muerto por la descarga, fué reemplazado al año siguiente.

En el Prado de Madrid, sitio llamado Campo de la Lealtad, otro árbol sufrió una descarga pocos años despues; el rayo formó tambien un surco espiral en la corteza hasta que llegó á  $\frac{1}{3}$  de su altura, desde donde pasó al suelo en línea recta por una hendidura natural que tenia el mismo tronco; tambien este árbol fué arrancado poco tiempo despues.

Algunos pararrayos de varilla delgada se han encontrado torcidos en espiral despues de una descarga, y entre otros, uno en Manheim, en el que la torsion era muy marcada.

Los alambres de varios cables conductores colocados en algunos pararrayos, se han visto rotos y torcidos en espiral varias veces.

Uno de los casos notables de este fenómeno es el observado en casa de un marmolista en Paris, detrás del cementerio Montmartre (104), durante la tempestad del 18 de abril de 1866. Cayó el rayo y siguió por un tubo de bajada de aguas, que terminaba en un recipiente ó depósito hecho de plancha de hierro de 5 milímetros de gruesa, colocado en el patio, apoyado sobre una base construida de piedra, de  $\frac{1}{2}$  metro de altura. El recipiente fué aplastado, y sufrió una torsion que arrancó los hierros que le sujetaban á la base, unos hácia la derecha y otros á la izquierda; el rayo pasó del recipiente al suelo, sin deshacer el apoyo ni quitarle ninguna de sus piedras, percibiéndose despues en la superficie de las planchas del recipiente, en varios puntos, unos surcos en espiral.

109. En muchas ocasiones se ha visto producirse un penacho luminoso, á la punta ó parte superior de algunos cuerpos (28); presentaremos varios casos.

En Madrid, la torre de San Ginés nos da un ejemplo: se ha visto diferentes veces la parte superior de la cruz iluminada con un penacho ó punto brillante, cuando una nube tempestuosa ha pasado por encima.

El 25 de enero de 1822, Thielaw vió en el campo, cerca de Freiberg, que las puntas de las ramas de los árboles despedían luz.

El 8 de mayo de 1831, despues de una tempestad, en el fuerte de Bab-Azoun, en Argel, se paseaban al anochecer varios offi-

ciales, y notaron que se les herizaban los cabellos y despedían luz por las puntas, así como también la despedían los dedos si levantaban la mano.

Otros varios casos señala Arago, y entre ellos de torres ó edificios en que este fenómeno se ha observado.

110. Así como hemos visto que el rayo altera las agujas imantadas haciéndolas perder á veces su fuerza magnética, así también el rayo puede producir la imantación. Veremos un caso en Valladolid el 19 de julio de 1868 (117), en las agujas de un alfiletero y en unas tijeras; veremos otros en varias piezas de cronómetros (131). Referiremos algunos más.

En junio de 1731, en Wakefield, un rayo cayó sobre una caja en que estaban empaquetados cuchillos, tenedores y otros objetos de hierro ó acero, y todos quedaron imantados.

A bordo del paquebot *Dover*, en enero de 1748 (130), además de cambiarse los polos de las agujas, quedaron imantadas un gran número de piezas de hierro y acero que había en diferentes partes.

También se imantaron cuchillos y tenedores, y algunos instrumentos de matemáticas, con las descargas sufridas por el paquebot *New-York*, ya citado (103).

Puede imantarse también el forro ó grandes piezas de hierro, y esto producirá falsas indicaciones en las brújulas.

111. Cuando se hace una descarga sobre el suelo se forman los tubos llamados fulguritas (30), y sin duda por eso han supuesto algunas personas que el rayo era una piedra que caía hecha ascua; tenemos ejemplo en los casos siguientes, además del citado (106).

En 1789, el día 3 de setiembre, cayó un rayo sobre una encina del parque del conde Aylesford, en Inglaterra, y mató instantáneamente á un hombre que estaba debajo de ella. Examinado después del terreno por el Doctor Withering, encontró un agujero de  $2\frac{1}{2}$  pulgadas de diámetro, principio de una especie de tubo formado en la capa superior, de más de 10 pulgadas de largo, ennegrecido en su interior; mas abajo había cuarzo que se fundió con la descarga, de modo que pudo recoger un pedazo de tubo de este cuarzo, cuyo interior se había fundido tan completamente que tenía en el fondo algunos glóbulos; la parte exterior estaba rodeada de arena aglomerada, y con más señales de fusión cuanto más al centro se hallaba; también en-

contró un pedazo de cuarzo fundido en uno de sus ángulos, y varios otros pedazos perforados.

Tubos semejantes, algunos de 3 y 4 decímetros, se han hallado en muchas localidades, entre otras en Koenisberg, en la Senne, en el Cumberland y en el Brasil, en las arenas de Bahía y en otros puntos. Varias veces se han visto terminados en su parte inferior en puntas mas ó menos inclinadas con respecto al eje del tubo. Fiedler ha recogido algunos bastante notables. Humboldt dice que ha encontrado en altas montañas, y particularmente en la cumbre del Toluca, rocas fundidas por las descargas eléctricas, y tambien Saussure, en el Mont-Blanc, y Ramond en diferentes cimas del Pirineo, han encontrado otras lo mismo.

112. En varios de los casos presentados se ven los metales fundidos por las descargas eléctricas; y aunque pudiéramos citar otros muchos, referiremos solo los siguientes.

En 1781, un rayo mató á un ginete y á su caballo, cerca de Castres (Francia). Examinada la espada del muerto se encontró que el puño, de plata, tenia en dos partes señales de fusion, aunque poco estensas. El filo estaba fundido en una longitud de 7 milímetros, y la contera de la vaina. Acompañaba al muerto otro ginete, cuyo caballo tambien murió. En el cuchillo de monte de este ginete se encontró fundida una parte del puño de plata en una estension de 7 milímetros cuadrados; el filo inferior de la hoja y la contera de plata de la vaina, se hallaron fundidas en una estension de 3 milímetros cuadrados, y una cadena de plata que tenia en el puño, tambien se fundió en un extremo, desprendiéndose del puño.

El 20 de abril de 1807 cayó un rayo en el molino de Great-Marton (Lancashire), y recorrió la cadena que servia para elevar el trigo; los eslabones se soldaron unos á otros, y la cadena se convirtió en una barra.—Igual fenómeno se reprodujo en junio de 1829 en el molino de Toothill (Essex) con otra cadena de hierro.

El general Morin ha comunicado á la Academia de Ciencias de Francia el hecho siguiente. El 28 de julio de 1868, á las seis de la mañana, cayó un rayo en una casa del pueblo de Chaton, departamento de Ionne, en Francia. Despues de pasar por varios puntos penetró en un mueble de madera, en el que habia una bolsa de seda que contenia varias monedas de plata y oro.

Las de plata se fundieron en parte pegándose unas á otras, y las de oro tambien se pegaron á aquellas, pero sin sufrir ellas fusion ni perder nada de su maleabilidad y demás propiedades. Resulta de esto, que siendo unos 800 grados la temperatura de fusion de la plata, y 1050 próximamente la del oro, la descarga eléctrica produjo mas de 800 grados, puesto que fundió las monedas de plata, y de menos de 1050, porque no llegó á fundir las de oro.

113. El fluido eléctrico trasporta los cuerpos, y basta á veces para arrojar pesos considerables á grandes distancias (15): hemos visto ya un caso en Toledo el año 1855 (89), y aún veremos otros en Valladolid (117), varios en Chateaufort, y uno en Vibray (126): citaremos algunos mas.

En enero de 1762 cayó un rayo sobre la torre de la iglesia de Breag, en el Cornouailles; una torrecilla de la cúspide quedó deshecha; una piedra de ella de mas de quintal y medio de peso, se encontró á distancia mayor que 55 metros en direccion del Sur; otra tambien grande saltó á 364 metros hácia el Norte.

Georges Low cita el caso ocurrido en Funcie (Escocia) á mediados del siglo pasado. Una roca de micasquisto de 32 metros de larga por 3 de ancha y 1,20 de gruesa en algunas partes, recibió una descarga eléctrica que la arrancó de su sitio y la rompió en tres grandes trozos; uno de estos, de 3<sup>m</sup>,50 de largo, 2<sup>m</sup>,10 de ancho y 1<sup>m</sup>,10 de grueso, fue arrojado á 45 metros de distancia. Otro pedazo mayor, que debia tener 12 metros lo menos, fue lanzado á mayor distancia, y cayó al mar.

En la noche del 22 al 23 de junio de 1723, cayó un rayo sobre un árbol en el bosque de Namours. Un fragmento de él, de 5 metros y gran peso fue lanzado á 15 metros de distancia. Otro fragmento de 7 metros fue lanzado á 5 de distancia en direccion opuesta á la del primero. Arago cita varios casos mas, y algunos muy notables.

En el verano de 1787 se refugiaron dos hombres debajo de un árbol, cerca de Tacon (Beaujolais), durante una tempestad; á poco cayó un rayo en el árbol, matando á los dos hombres: despues se encontraron sus cabellos en lo alto del árbol, y una banda de hierro que tenia el uno en un zueco de madera, se encontró colgando de una de las mas elevadas ramas.

El Mariscal Vaillant, en la sesion de la Academia de Ciencias de Paris del 21 de junio de 1868, citó el caso de un hombre

muerto por el rayo en el bosque de Vincennes el año 1865. La descarga le quitó un zapato, que se encontró á gran distancia con los clavos arrancados.

En la tempestad del 16 de julio de 1866 en París, un hombre que estaba metido en un portal recibió la descarga eléctrica, que no le causó gran daño, pero le arrancó la suela de los zapatos, la cual tenia clavos.

114. Los efectos del choque en retroceso (35) han sido notables en algunos casos, y al mismo tiempo funestos. Presentamos los siguientes.

Brydone refiere un caso, del que fue en parte testigo presencial, y que está bien marcado ser debido al choque en retroceso. El 19 de julio de 1785, entre las doce y la una del medio día, hubo una tempestad cerca de Holdstream, y durante ella se produjeron fenómenos notables en las inmediaciones del sitio donde tuvo lugar. Un carnero que pastaba lejos de la tempestad, cayó de pronto muerto como si el rayo le hubiera herido. Una mujer que segaba á las orillas del rio Tweed, cayó de espaldas, sintiendo un golpe violento en los pies. Dos carros cargados de carbon acababan de pasar el mismo rio y subir una pequeña cuesta, cuando el carro de delante se volcó, sintiéndose al mismo tiempo una fuerte detonacion. El conductor de este carro quedó muerto, y tenia en el cuerpo varias quemaduras y los vestidos desgarrados. Los dos caballos habian muerto instantáneamente, pues no estaba movida la arena al rededor de ellos; tenian el pelo quemado, sobre todo en las patas y el vientre. El carro estaba muy maltratado, particularmente en los sitios que tenia clavos ó piezas de hierro; las llantas de hierro de las ruedas presentaban señales de fusion en los puntos en que tocaban al suelo, notándose en este dos agujeros circulares en los mismos puntos. Parte del carbon se habia dispersado al rededor del carro, y parecia quemado.

El 29 de mayo de 1866 hizo esplosion una fábrica de fuegos artificiales de la Villette, en los alrededores de París, y se ha atribuido á un choque en retroceso producido sobre el fulminato de mercurio, pues al mismo tiempo de la esplosion cayó un rayo en el bosque de Vesinet, atacando 17 árboles, y aunque la distancia es bastante grande entre los dos puntos, puesto que puede calcularse en línea recta en 15 á 18 kilómetros, se ha visto que no pudo ser otra la causa de la esplosion.

El 29 de mayo de 1861 hubo en Francia, departamento del Isère, una fuerte tempestad, y un rayo vino á caer sobre uno de los árboles del camino, pasando á la tierra por el mismo, sin causar daño en un edificio inmediato ni en ningun otro sitio; pero los alambres del telégrafo, que se habian cargado de electricidad, sufrieron el choque en retroceso tan violento, que no siendo bastante conductores ni de suficiente seccion para dejar paso de pronto al fluido, se rompieron todos. Los alambres electrizados influyeron á su vez sobre los troncos de los árboles inmediatos, á pesar de estar á distancia lo menos de 3 metros, y en mas de 30 de estos troncos se reconoció por Mr. Seguin, un surco longitudinal.

Mr. Becquerel hizo presente á la Academia de ciencias de París, que en la tempestad del 21 de junio de 1868, un trabajador sufrió un choque en retroceso, que le produjo una fuerte conmocion, de la que no se repuso sino á los dos dias. Los clavos, ó mas bien tornillos, que sujetaban la suela de una de sus botas, que se presentó á la sesion, fueron todos arrancados por el choque, y proyectados á gran distancia.

Con este motivo Mr. E. de Beaumont habló tambien de clavos arrancados en las cajas de fusiles.

El general Morin habló de dos pilas de balas que estaban próximas á un polvorin en Charenton, y fueron derribadas dos dias seguidos, por el choque en retroceso, al caer rayos en el pararrayo del mismo polvorin, por cuya causa no se colocan ya las pilas cerca de él.

115. En algunos paises, y entre ellos en varios puntos de España, se suelen tocar las campanas cuando hay tempestad; en unas partes dicen que para *conjurarla*, en otras, para *cortar* las nubes, y en varias, para *llamar á perdidos*. Y aun puede tener origen esta costumbre, en el uso á que parece dedica la Iglesia las campanas cuando, al bendecirlas, se dice en una de las oraciones: «Benedicid, Señor..... y siempre que suene esta campana, sean rechazados..... la invasion de los torbellinos, el golpe del rayo, los males del trueno, las calamidades de la tempestad.....» (*Benedic, Domine..... ubicumque sonuerit hoc tintinnabulum, procul recedat virtus insidiantium..... incursio turbinum, percusio fulminum, lesio tonitruorum, calamitas tempestatum.....*) En otra se repite..... y ante su sonido huyan..... el golpe del rayo, el ímpetu de la piedra y los males de la tempestad..... (*ut ante sonitum ejus longius*

*effugentur. . . . percussio fulminum, impetus lapidum, lesio tempestatum. . . .*) Esta costumbre de tocar, aunque en algunos casos, como en el de llamar, tiene un objeto laudable porque el sonido sirve de guía al extraviado, debe desterrarse. Desde luego, el que toca se encuentra muy espuesto con la descarga, aunque toque desde el pie de la torre por medio de una cuerda, pues esta será un conductor, y mas si se halla húmeda, que llevará el fluido hasta el que la tiene agarrada; pero además, en la instrucción citada (39) se menciona el hecho siguiente, que Deslandes hizo saber á la Academia Real de ciencias de Francia. En la noche del 14 al 15 de abril de 1718, estalló una fuerte tempestad en la Bretaña, entre Landerneau y Saint-Pol de Leon, y cayeron rayos en 24 iglesias de las comprendidas en la zona que la tempestad recorrió, que eran las únicas en que se tocaban las campanas, siendo una la de Gonesnon, donde murieron dos personas de cuatro que tocaban, y que fué destruida completamente; pero en las que no se tocaba, que eran todas las demás comprendidas en la dicha zona, no cayó ningun rayo. Desde entonces se admite como exacto, y algunos otros hechos lo han probado despues (126), que el rayo cae de preferencia donde se tocan las campanas; y si bien la ciencia no esplica este hecho de una manera satisfactoria, y hay quien le contradice, basta la experiencia para hacer ver lo espuesto de la costumbre, aunque no sea mas que para los que están tocando.

Podemos añadir algunos otros casos que prueban la esposición de los que tocan.—Un físico alemán publicó en 1783, que durante 33 años habia caido el rayo en 386 torres, y que habian muerto 121 hombres que estaban tocando las campanas, siendo aún mayor el número de heridos.

El 11 de junio de 1755, cayó un rayo en Aubigny, matando 3 hombres que tocaban las campanas, y 4 niños refujiados al pié de la misma torre.

El 31 de marzo de 1768 sufrió una descarga eléctrica el campanario de Chabeuil (Dauphiné), y murieron 2 de los que estaban reunidos para tocar, quedando 9 gravemente heridos.

116. Las desgracias producidas por las descargas eléctricas no son en tan pequeño número como generalmente se cree, pues la mayor parte pasan desapercibidas, y solo se notan en la localidad donde suceden. No conocemos ninguna estadística que señale las ocasionadas en España, y así vamos á recurrir á

una publicada por Mr. Boudin de los casos observados en Francia. Resulta de ella que en los 28 años desde 1835 á 1863, han muerto instantáneamente por el rayo 2.238 personas, ó sean 80 por año término medio, siendo el máximo de 111 y el mínimo de 48 en cada uno de estos años: si se valua en el doble solamente las personas heridas, resultan 6.714 víctimas en los 28 años, ó sea próximamente 240 en cada uno. Se ha encontrado una persona herida 2 veces en el pié izquierdo en el intervalo de 15 años, y otra herida tres veces en tres distintos domicilios. En 1865, el número de personas muertas en Francia ha sido todavía mayor, pues ha llegado á 135. Desde 1841 á 53, de 107 personas heridas en los campos por el rayo, 21 lo fueron guarecidas debajo de los árboles; y en 1853, de 34 personas muertas en los campos, 15 lo fueron debajo de los árboles: del primer dato resulta una quinta parte, y del segundo casi la mitad; y aquí se ve cuántas víctimas pueden librarse de la muerte ó de ser heridas, huyendo de los árboles (30). En un periodo de varios años, se ha observado en Francia y en Inglaterra, que el mayor número de desgracias ocurrió en julio y agosto, no habiéndose conocido ninguna en noviembre y diciembre. De 53 muertes en que se ha anotado la hora, resultaron 46 desde las nueve de la mañana hasta las nueve de la noche, y solo 7 en las otras doce horas, números que están casi en razon de 7 á 1. Los departamentos de Francia mas castigados están al Mediodía, y los menos, al Norte, llegando á ser de 33 víctimas en el departamento de la Lozère, por cada una en el de la Manche: además, los departamentos montañosos, hácia los Alpes, han sido tambien mas castigados. Desde 1854 á 1863, se han contado en Francia 880 víctimas del rayo, y de ellas solo 145 mugeres, ó sea menos de 27 por 100; habiéndose observado en Inglaterra, en un período dado, que han sido menos de 21%, las mugeres: tambien de las 135 personas muertas en Francia en 1865, la mayoría fué de hombres. En varios casos han caido rayos sobre grupos de personas de los dos sexos, y generalmente han sido heridos mas hombres. Se ha observado que el rayo ha caido sobre rebaños de ganados, ya de bueyes, de ovejas ó de cerdos, y habiendo muerto muchos animales, no ha tocado á los pastores, colocados en medio de los mismos rebaños. A veces podrán esplicarse estos fenómenos, teniendo en cuenta el traje de las personas, pues un simple vestido de seda ó algodón puede pre-

servar á una persona de los efectos del rayo (7). De los anteriores datos podemos deducir que España, donde hay bastante país montañoso, y está mas al Mediodía, ha de ser, por lo menos, tan castigada como Francia. Para establecer comparacion en el número de víctimas, deberíamos tener tambien en cuenta la superficie de los dos paises, su poblacion, y la densidad relativa, ó sea el número relativo de habitantes por unidad cuadrada, además de otros datos difíciles de apreciar; pero contando solo por el número de habitantes, tendremos que en España debe haber 110 á 120 víctimas por año, de las cuales unas 40 muertas. De los demás datos, no es posible establecer comparacion.

117. Para que pueda formarse idea de la frecuencia con que caen rayos en ciertas épocas, y de los males que causan, tomamos de los periódicos, y de nuestras noticias particulares, los casos siguientes, ocurridos en España, sin salir de la Península, en el corto espacio de dos meses, desde 20 de mayo de 1868 hasta 19 de julio del mismo año; y se comprende que no serán estos los únicos casos que han sucedido.

El 20 de mayo, inmediato al pueblo de Traspinedo, provincia de Valladolid, y en el sitio llamado el Carrascal, durante una tempestad que se prolongó desde cerca de las dos á las cuatro de la tarde, cayó una exhalacion sobre un pino, matando en el acto á un hombre que se habia guarecido debajo de él. Este es otro ejemplo mas de lo que se ha dicho con respecto á los árboles (30), y prueba que tampoco están esceptuados de sufrir las descargas eléctricas los árboles resinosos.

El día 18 de junio, entre tres y media y cuatro de la tarde, cayó en Madrid un rayo en una acacia, detrás del barrio de Salamanca. El rayo entró por una de las dos ramas que formaban el árbol, y partiéndole por su bifurcacion, salió á dividirse en varias porciones alrededor del tronco, por debajo de la corteza, que levantó en su mayor parte, dejando el árbol casi pelado y lleno de surcos en su superficie; despues el fluido se perdió en el suelo al pié del árbol, por dos puntos diametralmente opuestos, haciendo un hoyo algo profundo. Este árbol, que tendria 15 centímetros de diámetro en su tronco, estaba el primero en una línea de algunos otros de su especie, y cerca de una casa baja. Dos personas colocadas contra el muro exterior de esta casa, á distancia de unos 12 metros del árbol, no sufrieron conmocion.

Un edificio bastante grande se encuentra mas separado y tiene pararrayo á mayor elevacion que la cima del árbol, y á una distancia como de 60 metros próximamente.

El dia 30 de junio por la tarde cayó una exhalacion en Madrid, en una casa de la plazuela de la Cebada contígua á la iglesia de Nuestra Señora de Gracia. Parte del tejado quedó destruido, derribó una chimenea, y produjo bastantes destrozos en el piso tercero; no hubo, sin embargo, desgracias personales.

En la provincia de Guadalajara hubo una tempestad el 30 de junio, muriendo en Uceda un hombre y dos caballerías por una descarga eléctrica; y otro hombre en Pareja.

El dia 1.º de julio descargó sobre Badajoz una horrorosa tempestad, y durante ella cayó un rayo que derribó la chimenea en la casa llamada del Prado, sin que causara daño á ninguna de las 22 personas que se habian guarecido en su reducida estension. Solamente los escombros al caer hirieron á algunas de las personas, pero no de consideracion.

A las cinco de la tarde del 1.º de julio, cayó una chispa eléctrica sobre la magnífica cúpula de la iglesia de San Ildefonso de Zaragoza, produciendo un incendio que duró hasta mas de las diez de la noche, habiendo destruido toda la parte combustible de la linterna. A la media hora de empezar el fuego, cayó la enorme bola y cruz del remate al patio del hospital militar. No produjo este rayo desgracias personales, pero los daños causados fueron de mucha consideracion, á pesar de que el incendio no se propagó al resto del edificio.

En la tarde del 2 de julio cayó en Barcelona un rayo, que no causó ninguna desgracia personal ni daño de consideracion.—A los seis dias, el 8 de julio, al anochecer, cayeron dos rayos, el uno en la calle de Monjuich del Carmen, que entró por el terrado de una casa y se corrió á una fábrica inmediata, sin causar daño de consideracion. El otro rayo penetró en un taller, calle de la Libretería, en el que agujereó dos paredes y rompió varios vidrios, saliendo por un tragaluz, y perdiéndose, á lo que pareció, en un pozo. El obrador quedó lleno de humo, pero no sufrió daño ninguno de los trabajadores.—Nueve dias despues, el 17 de julio, cayó un rayo en el fuerte de Atarazanas, que destruyó el telégrafo y causó algunos daños en el edificio, pero ninguna desgracia personal.

En uno de los primeros dias de julio, en el pueblo de Galvez,

provincia de Toledo, cayó una centella que mató á un pastor, y poco despues otra, que causó tambien la muerte á una mujer.

En la tormenta del 8 de julio, una chispa eléctrica mató á dos personas en el pueblo de Hospitalet, provincia de Barcelona.

A mediados de julio, durante una fuerte tempestad, se encontraban tres hombres asomados á una ventana en la casa llamada *den Torra*, cerca de Granollers, provincia de Barcelona. Un rayo vino á caer sobre la ventana, y mató á los dos hombres que estaban en los lados, dejando ileso al de enmedio.

El día 11 de julio, á las dos y media de la tarde, cayó un rayo en el pueblo de Santibañez del Toral, provincia de Leon, en una casa situada en medio del pueblo y próxima á dos pajares. Al poco rato empezó á salir humo y se declaró el fuego, propagándose con rapidez á derecha é izquierda, de modo que algunas horas despues estaban reducidas á ceniza 14 casas y 41 oficinas, como llaman en el pais, ó sean cuadras, pajares, paneras y bodegas, encontrándose sin albergue mucha parte de los habitantes del pueblo, que es pequeño, y con la circunstancia de que casi todos los que sufrieron la desgracia eran muy pobres.

El día 12 de julio, á las seis de la mañana, descargó una fuerte tempestad sobre Valladolid, y cayeron dos chispas eléctricas en la casa de Maternidad, recorriendo en distintas direcciones el establecimiento, pero sin causar daño.

A las 3 de la madrugada, próximamente, del día 19 de julio, descargó sobre Valladolid otra fuerte tempestad, durante la cual cayeron varios rayos, siendo sus efectos los que vamos á presentar.—En una casa de la calle de Colon cayó un rayo, que rompiendo algunas piedras de la pared medianera, penetró en la alcoba donde dormia un joven de 16 años; el rayo debió seguir la tapia hasta encontrar la cabeza del joven próxima á ella, y recorriendo todo el cuerpo fue á salir por los pies, quemando parte del lienzo y cuerda que formaba el fondo del catre, y rompiendo dos de sus patas; de allí se dirigió á la union de la tapia con el suelo; atravesó tres pisos interiores, siempre por la pared medianera, sin producir efecto notable, hasta que saltó á una reja del piso bajo, y por el pie de ella penetró en la bodega, donde rompió dos sierras de carpintero y una piedra labrada de un cuartío de metro cúbico próximamente, perdiéndose desde aquí en el suelo. En la misma alcoba del joven dormia su madre, que despertada por un fuerte ruido vió el cuarto



muy iluminado con luces rojas, azules y verdes, quedando despues lleno de humo y polvo; asustada la mujer, ni aun pudo gritar en el primer momento; pero repuesta un poco llamó á otra mujer que dormia en una habitacion inmediata, y las dos vieron inmovil al jóven, á quien sacaron de su lecho y encontraron muerto; así lo aseguró tambien el facultativo que llegó al poco tiempo, aunque no se notaba lesion ninguna en todo el cuerpo.—En la misma tempestad, y poco despues, en la calle del Salvador, Colegio de Escoceses, cayó otro rayo, que entrando por la cruz del caballete de la capilla pasó á la parte superior del altar, destrozando el techo; allí se dividió en tres partes, cuya marcha se distinguia muy bien. Una parte siguió por la cornisa junto al techo y pasó por una columna de piedra adosada al muro, rompiendo la base y parte de un altar inmediato á la misma, quedando igualmente destrozada la ventana inmediata. Otra porcion del fluido recorrió toda la pared del altar, en el lado de la Epístola, hasta la mesa, desde cuyo borde saltó al suelo, donde rompió la piedra del basamento. La tercera porcion de fluido recorrió un camino casi paralelo al que siguió la segunda, pero mas á la derecha, y sin haber tocado á la mesa de altar, se perdió en la tierra. El señor Rector del colegio, que en el momento de producirse la descarga iba á la capilla, oyó un trueno muy fuerte, y luego la encontró llena de humo y polvo; este último provenia sin duda del altar y demás partes, pues quedó todo completamente limpio.—En la calle de Herradores se sintieron tambien los efectos de la electricidad, en el piso bajo de una casa; pero examinando la posicion de esta, la hora del fenómeno y otras circunstancias, no cabe duda de que el fluido que penetró en esta habitacion fue el de las dos chispas que pasaron por el lado de la Epístola del altar del Colegio de Escoceses; en efecto, se veian perfectamente marcados los dos agujeros de entrada en la pared, que se destrozó bastante; en la pared perpendicular á la de entrada se veia un pequeño agujero de salida, y tambien habia destrozos; desde aquí pasó al patio y se perdió en la tierra, cerca de la misma pared que habia atravesado. La otra porcion del fluido debió pasar por una puerta de salida al corral, distante 3 metros del punto donde se perdia la primera, pues una piedra en que esta puerta se apoyaba, apareció rota y removida de su sitio. Notables son los efectos que se produjeron en la habitacion. En ella dormia un

matrimonio, y el fluido entró á la altura de las cabezas; la mujer observó una luz intensa y culebrinas de fuego, que llenaron el cuarto de humo y polvo. El marido quedó enteramente privado de sentido, pero le recobró cuando fue sacado al patio, notando entonces que estaba ciego; y en tal estado permaneció durante unas seis horas, hasta que al cabo de este tiempo recobró también la vista: nada sintió, ni sabía dar cuenta de lo que le habia pasado. La mujer tuvo durante tres horas la boca torcida, como si hubiera padecido un accidente; pero tanto el marido como la mujer no han tenido despues ningun mal resultado, ni la descarga ha dejado huella en su salud. En la habitacion habia tambien una espuerta de carbon, el cual se encontró hecho polvo. Una vidriera, que estaba arrimada á la pared, se hizo pedazos, desapareciendo dos de sus listones, que no se encontraron. Un baul que se hallaba casi debajo de los agujeros de entrada, tenia uno en su tapa por donde penetró el rayo; y la chapita de laton que habia sobre la cerradura, desapareció. Contenia el baul dos vestidos y una saya de bayeta, que aparecieron llenos de agujeros, cuyos bordes estaban quemados; en el bolsillo de uno de los vestidos habia un alfilerero con agujas, las cuales quedaron imantadas, como tambien unas tijeras.— En la casa de la calle de Doña María de Molina, esquina á la de Santiago, penetró un rayo por la chimenea, y bajando por el hueco de la escalera saltó sobre la pared, dejando á su paso señales marcadas; taladrando esta misma pared pasó á la cocina, y siguió por el mango y recipiente de un calentador, desde el cual se dividió en dos porciones para pasar otra vez á la escalera, haciendo dos taladros, y entrar despues en una alcoba del piso bajo. Aquí una de las chispas saltó, destrozando un pequeño altar de juguete, y la otra debió saltar desde la tapia á una de las dos camas de hierro que habia en la alcoba, perdiéndose luego sin saberse bien dónde. Ninguna de las dos personas que dormian en las camas sufrió mas que el susto consiguiente por la luz y el ruido, parecido á un tiro, que se produjo sin duda al saltar la chispa del muro hasta la cama.— En una de las casas, situada frente á la Fonda Universal, cayó otro rayo, entrando por el alero del tejado del patio, y saltó á la ventana del piso segundo, abriendo en uno de sus cristales un agujero circular de 3 centímetros de diámetro próximamente; desde allí, por los alambres de las campanillas, salió á

la escalera, y se perdió sin saberse por dónde, no habiendo causado desgracia ninguna.

Añadiremos á los casos anteriores los siguientes, ocurridos tambien en España, fuera de la península, en el mismo tiempo.

El dia 9 de mayo hubo una tormenta en el pueblo de Santo Tomás, de las islas Filipinas, y cayó un rayo en el pontin Divina Pastora, fondeado en aquel puerto; destrozó el palo trinquete, y causó la muerte á un grumete y á una pasagera.

El dia 2 de junio, durante una fuerte tempestad que descargó sobre Palma de Mallorca, en el monte de Bellver cayó un rayo sobre la casa de un hortelano, donde se habian refugiado varios trabajadores; mató á uno de ellos, hirió gravemente á otro, y abrió brecha en tres paredes diferentes.

En Puerto-Príncipe á mediados de julio cayó un rayo en una casa de la calle de San Esteban, matando á los que habitaban en ella (no se dice cuántos).—En Trinidad, el 12 de julio otro rayo mató á un caballero y su hija.

A todos estos casos, podemos añadir otros ocurridos en los meses siguientes de agosto y setiembre. En la tempestad que el 15 de agosto pasó por Barcelona, cayó un rayo en Monjuich sobre una de las garitas de piedra adosadas á la muralla; no causó daño personal, pero la garita quedó bastante maltratada.

En el manso de Olsinellas, cerca de Manresa, el dia 23 de agosto cayó un rayo sobre la torre del templo, la cual quedó abierta de arriba hasta abajo, dejando una campana sobre el muro. La chispa se fue á perder en un establo cercano, donde mató un mulo y dejó mal parado otro.

A principios de setiembre, en el pueblo de Toral de Bados, provincia de Leon, un rayó quemó dos casas.

El 12 de setiembre á las tres de la tarde, en Santurce, barrio de Arból, cerca de Nocedal, se encontraban once hombres trabajando en la construccion del lagar en la casa de Chavarri; un rayo vino á caer entre ellos, matando á uno que dicen tenia una barra de hierro en la mano con la punta hácia arriba; otro hombre quedó tambien herido.—A la misma hora cayó otro rayo mas cerca de Santurce, delante de la casa de Murrieta, perdiéndose en el mar, sin haber causado daño á varias personas que estaban en el mirador de la casa y le vieron caer.

118. De los datos estadísticos que hemos presentado (116), puede deducirse el peligro que se corre guareciéndose bajo

de los árboles durante una tempestad (30). También hemos visto los casos de Aylesford (111), de Tacon (113) y de Traspinedo (117). Añadiremos otro todavía que ha comunicado Mr. Stroumbo desde Atenas.

El 1.º de julio de 1867, en el partido de Nasson (Grecia), un pastor, sorprendido por la tempestad, se refugió con su rebaño debajo de un árbol: el rayo no tardó en caer sobre el mismo árbol, y mató 170 carneros.

119. Hemos dicho (80) que el rayo nada respeta, ni aun los monumentos, que por estar contruidos con cuerpos malos conductores, parece deberían hallarse á cubierto de las descargas eléctricas. Citaremos dos casos en apoyo de esta verdad, además del ya citado (117) de la garita del fuerte de Monjuich.

La columna llamada Antonina, situada en la plaza Colonna de Roma, erigida en honor de Marco Aurelio, aunque no lleva el nombre de este, se compone de 28 hiladas de piedra mármol, y tiene en su interior una escalera de 190 peldaños, y encima una estatua de San Pablo, de bronce dorado. Varias veces fue maltratada por el rayo, y Sixto V la hizo restaurar. La última vez que ha sufrido una descarga eléctrica ha sido en la mañana del 23 de setiembre de 1841; la base quedó bastante deteriorada.

Otro caso mas notable presenta tambien en Roma el sepulcro de Cajus Cestius, situado contíguo á la puerta de San Pablo. Es una gran mole toda de mármol, sin nada de metal; su forma piramidal. Se cree del tiempo de Augusto, y fue restaurado en 1663. El 29 de octubre de 1861 cayó sobre este monumento un rayo, que hizo pedazos su cúspide.

120. Como ejemplo de que las hayas no son respetadas por el rayo (30), citaremos un caso que comunicó á la Academia de ciencias de París Mr. Hericart de Thury. En julio de 1835, en el bosque de Villers-Cotterets, cayó el rayo sobre una haya que habia sola en un espacio talado, destrozándola mucho.

121. Es conveniente huir de los alambres telegráficos en tiempo de tempestad (30) segun resulta del siguiente caso.

El 9 de mayo de 1867 se formó una tempestad sobre Noville (Ducado de Luxemburgo) y sus alrededores, y cayeron varios rayos; en el camino entre Bastogne y Houffalize cayó uno sobre los alambres telegráficos, que destruyó en la longitud de un kilómetro próximamente; siendo notable que en una estension de 15 á 20 metros los alambres estaban esparcidos por el suelo

en pedazos de 3 á 4 centímetros, frágiles como carbon, lo que se esplica por su poco grueso para dar paso al fluido (9); los postes que los sostenian, y algunos árboles, estaban maltratados.

122. Se tiene por cierto, y así ha quedado consignado (34), que cuando se ve el relámpago y sobre todo cuando se oye el trueno, ha pasado el peligro de ser herido por el rayo. En prueba de ello tenemos el hecho citado (117) de la persona privada de sentido en Valladolid y otro que citaremos (126) del cura de Moustier; las dos personas, al volver en sí, no recordaban haber visto el rayo ni oido el trueno; añadiremos á estos dos casos, otros que cita Arago, de personas que habiendo quedado sin conocimiento por una descarga eléctrica durante un tiempo mas ó menos largo, no han visto la luz del rayo ni oido ruido del trueno: Thomas Olivey, en Cornouailles, el 20 de diciembre de 1752; un hombre, cerca de Bitche, el 11 de junio de 1757; el Reverendo Antõy Villiams, rector de Saint-Keverne (Cornouailles), el 18 de febrero de 1770; el jardinero George Bradbury, cerca de Manchester, en 1807; Mr. Rokwell en agosto de 1821; Reeves, en el campanario de Salisbury, en junio de 1829.

123. Varias veces se ha notado que al atravesar la descarga eléctrica una fila de personas ó animales, han sufrido mas los que se han encontrado á los extremos. Hemos visto el caso ocurrido cerca de Granollers (117). Añadiremos otros que cita Arago.

El 22 de agosto de 1808 cayó un rayo en el pueblo de Knonau (Suiza), en una habitacion donde estaban sentados en un mismo banco cinco niños. Los dos de los extremos quedaron muertos en el acto; los otros tres solo sufrieron una conmocion.

El 2 de agosto de 1785, en Rambouillet, entró el rayo á una cuadra donde habia 32 caballos en fila: los dos de los extremos murieron, el uno instantáneamente, el otro al poco tiempo. Los otros 30 caballos cayeron al suelo, pero sin ser heridos.

Tambien en Flavigny (Francia) cayó el rayo en una cuadra donde habia 5 caballos: los dos primeros y los dos últimos fueron muertos: el de enmedio no sufrió mal ninguno.

124. Para completar cuanto se ha dicho de los rayos, citaremos algunos ejemplos del efecto que en varias personas, en animales y vegetales ha producido una descarga eléctrica cuando no los ha privado de la vida.

El 20 de junio de 1831, dice Mr. Quatrefages, recibió una descarga eléctrica un empleado del telégrafo en Strasbourg,

quedando sin sentido y con una parálisis en las extremidades y el cuello. Después que se restableció de este accidente se puso más grueso y su salud era como nunca, atribuyendo él mismo este cambio á la descarga que sufrió.

El 10 de junio de 1835, en la Martinica, Mr. Roaldés, cuya salud no era buena, fue herido por el rayo, que le paralizó las piernas y el brazo derecho; restablecido á las pocas horas empezó á mejorar de sus padecimientos, y se curó completamente.

Mr. Cartheuser cita el caso de una persona que se curó, con el rayo, de una amaurosis.

El 20 de julio de 1843, en Plancy (Aube), cayó el rayo en un obrador; uno de los trabajadores se curó completamente de dolores reumáticos que padecía.

Un caballo que tenía varios sedales á causa de sus enfermedades, se curó en Tarbes después de haber sido atacado por un rayo el 12 de julio de 1842.

Entre Turs y Kochemort está el Chateau de Comacre, al que se llegaba por una larga calle de 1.500 chopos. Uno de ellos fue herido por un rayo. Al poco tiempo este árbol era más alto que todos los demás, lo cual se notaba á primera vista.

125. Los efectos que pueden producir los depósitos de pólvora en las poblaciones, cuando no están bien preservados del rayo, son horrorosos. Presentaremos algunos casos que cita Arago, en prueba de la necesidad de asegurar de las descargas eléctricas estos edificios.

El 4 de mayo de 1785 un rayo encendió la pólvora del polvorin de Tanager; aquel quedó destruido, y además la mayor parte de las casas inmediatas.

El 9 de setiembre de 1808 se incendió con un rayo el polvorin del fuerte de San Andrés del Lido, en Venecia, destruyendo la esplosion, además del polvorin, un cuartel, una capilla y uno de los muros de la media luna, causando mucho daño en otro cuartel situado algo más lejos.

El 26 de junio de 1807, á las once y media de la mañana, un rayo incendió 13.000 kilogramos de pólvora que contenía el polvorin de Luxembourg, construido en roca por los españoles. La parte baja de la ciudad quedó en ruinas, perecieron unas 30 personas, y más de 200 quedaron mutiladas ó heridas de gravedad. Se encontraron piedras del polvorin á una legua de distancia.

En la mañana del 18 de agosto de 1769 cayó un rayo sobre

la torre de San Nazario, en Brescia, la cual contenia á su pie un subterráneo en donde habia encerrados 1.030.000 kilógramos de pólvora; toda se incendió, derribando la esplosion la sesta parte de los edificios de la villa, dejando en mal estado el resto de ellos; perecieron 3.000 personas. La torre entera fue lanzada por el aire, cayendo en forma de una lluvia de piedras. Se calcularon en 16 millones de francos los daños causados.

126. Los efectos que produce una descarga eléctrica son á veces muy raros y caprichosos; vamos á presentar algunos, que con los varios enumerados antes confirmarán esta verdad.

Kirkshaw cita en las *Philosophical Transactions* un caso notable. El 29 de setiembre de 1772, en Harrowgate, dormia Mr. Heartheley, cuando un rayo le dejó muerto instantáneamente. Su esposa, que dormia á su lado, ni aun se despertó. Despues sintió un ligero dolor en el brazo derecho.

En la instruccion de la Academia (39) se hace una cita del caso ocurrido en Chateauneuf, en Francia, departamento de los Alpes Bajos, y que se encuentra detallado en los *Annales de Chimie et de Physique*, t. 12, de 1819. El domingo 11 de julio de 1819, á las diez y media de la mañana, en el momento en que decia la Misa el nuevo cura del pueblo, y se encontraba presente el de Moustier para darle posesion, se sintieron tres detonaciones seguidas de rayos, que vinieron á caer sobre la iglesia, situada en una altura. Los efectos fueron funestos: 8 personas murieron en el acto y una al siguiente dia; 82 fueron heridas mas ó menos gravemente; el cura de Moustier quedó tambien herido en varias partes, arrojó sangre por la boca, y no volvió en sí hasta despues de dos horas, sin saber lo que habia pasado ni oir el ruido de los truenos, y en mas de dos meses no se curó de sus heridas; la silla en que estaba sentado fue hecha pedazos; uno de sus zapatos se encontró en el extremo de la iglesia con la hebilla rota. Un joven que cantaba la Epístola vió desaparecer el libro de sus manos, que hecho pedazos se encontró fuera de la iglesia. Todas las personas tenian las piernas paralizadas, y las mujeres los cabellos en desorden; varias de ellas vieron arder sus vestidos. Un niño fue arrancado de los brazos de su madre, y arrojado á seis pasos de distancia. La iglesia quedó llena de un humo negro y espeso, pero el celebrante no sufrió ningun daño, sin duda á causa de sus ornamentos de seda. Todos los perros que habia en la iglesia se encontraron muer-

tos en la misma posición que tenían al hacerse las descargas. Según lo que se pudo observar después, estas se hicieron sobre la cruz del campanario, que fue lanzada á una distancia de 16 metros, y clavada en la grieta de una roca. Alguno de los rayos penetró en la iglesia por una brecha que se formó en la cúpula, rompió el púlpito y pasó á la tierra, haciendo una escavación de medio metro de diámetro y atravesando por debajo del muro. Otro pasó por una cuadra que había debajo, y mató cinco carneros y una yegua. Desde el exterior vió una mujer las tres descargas sucesivas. Se estaban tocando las campanas en el momento de caer los rayos (115).

El 19 de abril de 1866, en el bosque de Vibraye (Sarthe), en Francia, un rayo vino á caer sobre una encina, cuyo tronco tenía próximamente 1<sup>m</sup>,5 de circunferencia, y le cortó completamente á unos dos tercios de su altura desde el suelo, por el nacimiento de las ramas gruesas. Todo el tronco quedó deshecho enteramente, y el suelo, en mas de 50 metros alrededor, se encontró sembrado de los pedazos mas ó menos gruesos, y muchos se veían suspendidos en los árboles inmediatos y en los tallares; unos pedazos aparecían retorcidos, otros reducidos á filamentos muy delgados, como si hubieran sido machacados; en algunos, aparecían las capas concéntricas ánuas, separadas unas de otras, y cortadas en haces ó manojos en dirección de su longitud, y solo unidas por los nudos que presentaron mas resistencia. Las raíces estaban arrancadas en su mayor parte, retorcidas y arrojadas por todos lados; un pedazo, bastante grande para no poderlo un hombre levantar, había sido lanzado por encima de los árboles inmediatos, á mas de 50 pasos de distancia. Un árbol que se encontraba á dos pasos no fue tocado por el rayo, ni los tallares inmediatos, y solo sufrieron los destrozos consiguientes por la caída de los pedazos. Lo mas curioso de este caso es que la cima del árbol destrozado nada sufrió, y se encontró plantada en la tierra, justamente en el agujero en que antes estaban las raíces; lo cual hace suponer que el tronco y sus raíces se esparcieron y arrancaron en el corto tiempo empleado por la cima en descender hasta la tierra, y no encontrando obstáculo al bajar, vino á implantarse en el agujero que formó el rayo en el sitio por donde sin duda se perdió en la tierra. Este hecho curioso fue reconocido por infinidad de personas, que, como en romería, acudieron de los pueblos inmediatos.

El 25 de agosto de 1818, en el bosque de Thury, en Francia, una encina de 25 metros de altura recibió una violenta descarga; examinada despues atentamente, se vió que todas sus capas concéntricas estaban separadas como si fueran tubos metidos unos dentro de otros.

127. Se ha dicho (84), que en los barcos deben los pararrayos estar fijos y terminar en el forro metálico; por no estar asi dispuestos se han producido los siguientes casos.

Durante una tempestad, el 13 de junio de 1854, en la bahía de Baltchick, al lado del navío *Júpiter* que allí se encontraba (102), habia otro turco que tenia pararrayo, pero no se echó al agua el extremo del conductor. El rayo vino tambien á caer sobre él en su pararrayo, siguiéndole sin separarse, y sin producir ninguna avería; pero cuando llegó al extremo del conductor saltó la chispa eléctrica, y produjo cerca de la línea de flote, un poco mas arriba del forro de cobre, un agujero de mas de 30 centímetros de profundidad, como hecho por un balazo.

El almirante Roussin ha dado la relacion de un caso interesante, ocurrido el 18 de abril de 1830 á la fragata francesa *Junon*, cerca de las islas Canarias. Una descarga eléctrica se hizo sobre su pararrayo, y la chispa saltó del conductor y vino á salir por el lado opuesto de este, produciendo una fuerte sofocacion á uno de los marineros, á quien se tuvo por muerto. El conductor era una cuerda de alambre de cobre; su diámetro 1 centímetro, y terminaba en una plancha de cobre, clavada en el costado del buque, á estribor. Las causas de que el fluido saliera del conductor están bien marcadas. Era este de poco diámetro; no se sumergía en el agua al momento de la descarga, puesto que el viento era tempestuoso y soplaba del lado de estribor; y acaso habrá que añadir que la cuerda no estaba dispuesta en las buenas condiciones que se han recomendado (72). La prueba de que el fluido no pudo marchar por el conductor á causa de su mala disposicion, es que la punta de la varilla, en un buen espacio, estaba quemada. Si hubiera tenido mayor grueso el conductor, y la union de este á la varilla hecha con la soldadura de estaño, terminando además dentro del agua, á pesar del viento que inclinaba el barco, de seguro no se hubiera separado el fluido del conductor.

128. Para dar á conocer la eficacia del sistema propuesto por Sir William Snow Harris con objeto de proteger los barcos

de las descargas eléctricas (85), citaremos los siguientes casos.

Sir Boudoin Walker vió, á bordo de una fragata que mandaba en el golfo de Méjico, el efecto de fuertes descargas que cayeron sobre ella; parte de las bandas de cobre se fundieron, y sin embargo, ninguna avería sufrió la fragata ni los tripulantes.

Duprez ha citado 55 casos de rayos caidos sobre barcos preservados de este modo, sin que haya sobrevenido ningun accidente ni á los barcos ni á las tripulaciones.

129. Se ha visto algunas veces producirse el rayo en el mar desde un barco á la nube, en lugar de ser de la nube al barco, lo que generalmente sucede. Entre varios casos hay el del barco de pequeño porte, *María Teresa*, capitan Cichero. En la noche del 20 al 21 de agosto de 1864 se produjo una chispa eléctrica que pasó del barco á una nube, matando á dos hombres de la tripulacion que se encontraron en el camino del fluido, sirviendo de conductores para él.

130. Segun hemos dicho (86), se ha observado en varios buques, que despues de una descarga eléctrica las brújulas han sufrido notables alteraciones, ya perdiendo su fuerza magnética, ya cambiando sus polos. En los bricks franceses *Medusa*, *Diamant* y *Amphore*, se observó que despues de recibir descargas eléctricas, las agujas habian perdido enteramente su fuerza magnética. Tambien se cita el hecho acaecido á los marinos de un brick español, sobre el que cayó un rayo que invirtió instantáneamente los polos de la aguja; guiados despues por su falsa indicacion, creyendo dirigirse á Italia pusieron la proa hácia la costa de Africa, en cuyos arrecifes se perdieron.

En otra descarga sobre el buque frances *Albermarle*, cerca del cabo Cod, tambien se invirtieron los polos de sus tres brújulas, pero pudo advertirse por la posicion de la estrella polar, y despues corrió el buque un espacio de 1.000 leguas guiado por una de estas agujas, que indicaba el Norte al Sur. Es notable en este caso que una de las agujas indicaba la línea Este Oeste; es decir, que sus polos pasaron á los ángulos obtusos. Algunos otros casos se han citado semejantes á este, en los cuales los polos de las agujas han pasado á diferentes puntos de ellas, y no á sus ángulos agudos.

En los buques *Dover* (110) y *Baleine*, se produjo el mismo efecto de cambio de polos en todas las brújulas que habia á

bordo, pues llevaban mas de una; y en el *Amphion* perdieron todas su acción magnética: pero esto no es tan comun, pues la diferente energía de las agujas ó su desigual distancia al punto donde la descarga se produce, suelen ser causas para que unas agujas se alteren y otras no.

El navío holandés *Diamantea*, que sufrió el golpe de un rayo el 23 de enero de 1749 en su paso de Málaga á Lisboa, tenia once agujas encerradas en una caja y todas fueron invertidas; otras tres colocadas á mayor distancia no sufrieron alteracion; y una, que se encontraba sola, perdió su fuerza magnética.

131. Las descargas eléctricas han producido la imantacion de las piezas de los cronómetros en diferentes ocasiones (87), siendo este efecto, de malas consecuencias en los buques.

En el brick el *Inca*, despues de una descarga que sufrió en la bahía de Vizcaya, los cronómetros se imantaron tan vigorosamente que quedaron inútiles; lo mismo sucedió con los que llevaba el brick el *Firsk*, atacado por el rayo cerca de Baltimore.

Tambien el capitan Duperey ha publicado las observaciones de este género que tuvo ocasion de hacer en su viaje de circunnavegacion en la *Coquille*.

En las descargas que sufrió el *New-York*, citado ya (103), se produjo el mismo efecto de imantacion en 3 relojes de oro que estaban colgados en distintos puntos al lado de las hamacas; observándose tambien, que un cronómetro calculado por Scoresby, que atrasaba, empezó á adelantarse, y tenia una diferencia de cerca de 34 minutos cuando llegó á Liverpool.

En la noche del 21 al 22 de febrero de 1812 cayó un rayo sobre el navío el *Golymim*, y se imantaron las piezas de acero de un reló de repeticion; 27 años despues todavía conservaban la imantacion.

Muchos mas ejemplos pudiéramos haber presentado en todos los casos, pero nos parece que bastan los citados, y así damos por terminado nuestro trabajo.

