

Angel Rodriguez Montes

Cofundador de la Asociación de Meteorología y Ciencias de la Atmósfera de Andorra “AMACA”

Director I+D en INT, AR.S.L. <http://www.int-sl.ad/i+d.php>

**Las normativas de pararrayos y principios básicos de funcionamiento de los pararrayos.** Las normativas UNE-21185 y 186 de pararrayos no son de obligado cumplimiento, son solo una guía de recomendación e incumplen el Reglamento Eléctrico de Baja Tensión. Los diferentes principios de funcionamiento de los pararrayos en punta no se cumplen.

En 1747 B. Franklin inició sus experimentos sobre la electricidad. Adelantó una posible teoría de la botella de Leyden, defendió la hipótesis de que las tormentas son un fenómeno eléctrico y propuso un método efectivo para demostrarlo. Su teoría se publicó en Londres y se ensayó en Inglaterra y Francia antes incluso de que él mismo ejecutara su famoso experimento con una cometa en 1752. Inventó el pararrayos y presentó la llamada teoría del fluido único para explicar los dos tipos de electricidad atmosférica, la positiva y negativa. Desde entonces el **pararrayos tipo Franklin no ha evolucionado.**

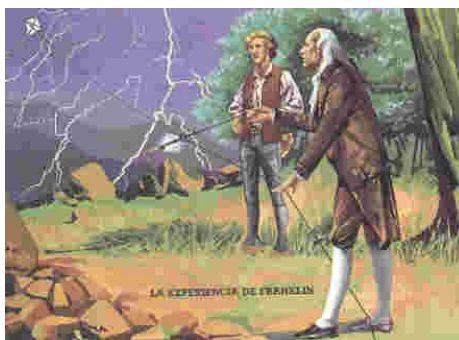


FIGURA 10 experimento de Franklin

Todos los pararrayos que acaban en una o varias puntas tienen como principio la excitación y captación del rayo. En mayor o menor grado generan efectos secundarios de contaminación electrostática y electromagnética que afectan con la posible destrucción a las instalaciones eléctricas y equipos, por ese motivo los fabricantes de pararrayos recomiendan protecciones suplementarias en las instalaciones internas para minimizar los efectos de la subida de tensión temporal (sobre tensión) en los equipos eléctricos, de telecomunicaciones, audiovisual y cualquier otro que contengan electrónica sensible, durante la descarga del rayo en el pararrayos.

Durante la evolución industrial, no existían tecnologías electrónicas tan sensibles como las actuales. Si miramos a nuestro alrededor, pocos son los equipos eléctricos o electromecánicos que no llevan incorporado un sistema electrónico de control para facilitarnos los procesos que utilizamos en nuestra vida cotidiana, todos ellos incorporan componentes electrónicos cada vez más reducidos y sensibles a las variaciones de tensión y frecuencia. Es evidente que les afecta la contaminación eléctrica ambiental y dependen de la continuidad y calidad en el suministro eléctrico o en la comunicación de la información, por ese motivo se tienen que evitar en lo posible las fuentes que generan perturbaciones electromagnéticas, como por ejemplo los impactos de rayos cercanos o las instalaciones de pararrayos.

### Algunas de las normativas de pararrayos actuales

Las normas actuales de pararrayos tipo Franklin o PDC, no ofrecen unas garantías de protección. El contenido de la norma define cómo efectuar una instalación de pararrayos y tiene como objetivo salvaguardar la vida de las personas y animales junto a sus propiedades. Remarcan que “ en mayor o menor grado, aceptan que no existe una protección absoluta contra el rayo, sino sólo una protección adecuada “ .

### Resumimos algún contenido de las diferentes normativas de cada país:

**BS 6651** “ Esta guía es de naturaleza general... “ Se hace énfasis en que, aun cuando se suministre protección, el riesgo de daños a las estructuras a proteger nunca puede ser completamente efectiva.

**IEC 61024-1** Parte uno: Principios Generales “Un sistema de protección contra el rayo, diseñado e instalado conforme a esta norma, no puede garantizar una protección absoluta a estructuras, personas u objetos; sin embargo, el riesgo de daños causado por el rayo a estructuras protegidas será reducido significativamente mediante la aplicación de esta norma”.

**API 2003.** Capitulo 5. Sección cinco “ Probablemente, la propiedad más importante del rayo es su complejidad, por lo que no existe una norma del rayo... No puede asegurarse, en forma absoluta, la prevención o disipación en forma segura de la corriente de rayo, aun cuando se tomen las precauciones conocidas”.

**NFC-17102** (Francia) dicen en su introducción, “Una instalación de protección contra el rayo concebida y realizada conforme a la presente norma, no puede, como todo proceso en el que intervienen elementos naturales, asegurar la protección absoluta en las estructuras, de las personas o de los objetos...”.

**UNE 21186.(España)**, es una traducción textual de la NFC-17102.

Algunas normativas dejan abierta la posibilidad de aplicar otros sistemas de protección, donde la necesidad de soluciones para la protección del rayo sea particularmente más exigente.

Cabe recordar, que las actuales normativas están reguladas por grupos de trabajo, donde participan activamente los fabricantes de pararrayos, para adaptar las propias normas a sus exigencias de producto y poder así controlar su propio mercado.

Existe una gran necesidad de revisar las normativas a nivel mundial, en ellas no se tendría que favorecer a los fabricantes, sino que se tendría que dar prioridad a la protección de las personas e instalaciones.

Paradójicamente las normativas de pararrayos incumplen de lleno con los requisitos eléctricos de los Reglamentos Electrotécnicos de Baja Tensión a nivel mundial, donde la prioridad, es evitar tensiones de paso peligrosas, evitar equipos que generen perturbaciones electromagnéticas, evitar sobretensiones y proteger sobre todo a las personas de posibles descargas eléctricas.

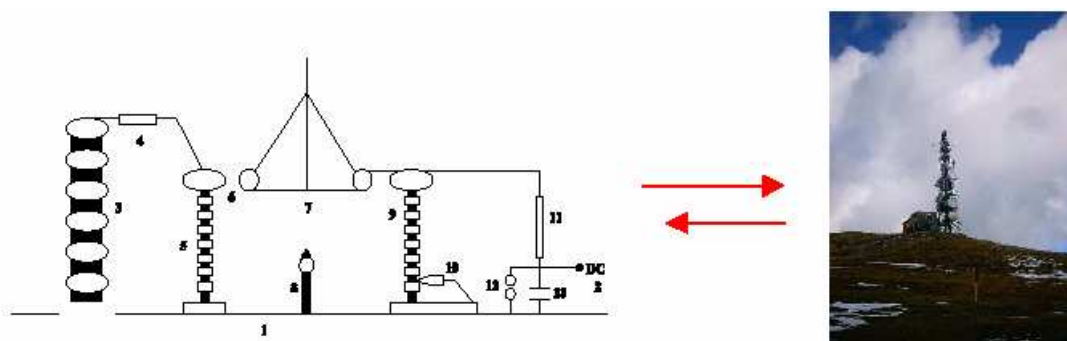
### Ensayos de pararrayos en laboratorio según la normativa.

Los ensayos experimentales en un laboratorio técnico de alta tensión, sólo se tendrían que utilizar a nivel técnico comparativo como referencia para que el fabricante pudiera comprobar la efectividad técnica del cabezal aéreo (capta-rayos o pararrayos) que se lleva a ensayo.



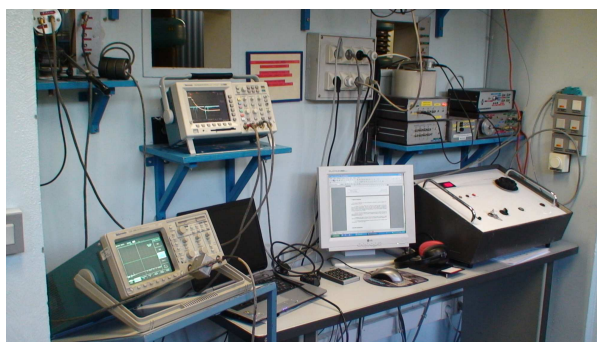
**FIGURA 11 Laboratorio de ensayos eléctricos.**

No se podrán representar jamás en un laboratorio técnico, todos los parámetros variables de los fenómenos naturales que están implicados estrechamente en la transferencia, excitación y descarga del rayo.



Los parámetros y procedimientos que se utilizan actualmente en un laboratorio técnico de alta tensión, son fijos dentro de un protocolo y características técnicas. La configuración del ensayo no tiene que ver en absoluto con las tan diferentes configuraciones de las instalaciones de pararrayos. En el campo de aplicación de una instalación de pararrayos, intervienen muchos fenómenos medioambientales y diferentes contextos geográficos, formas arquitectónicas, materiales que pueden interferir positiva o negativamente en la transferencia, excitación y descarga de la energía del rayo.

Valores de referencia		En las instalaciones	En un laboratorio
Medidas de separación entre electrodos.	Entre nube y pararrayos (metros)	2 .000 a 3.000	1,2 a 1,3
	Entre suelo y pararrayos (metros)	15 a 443,2 m	1 a 1,1
Descarga de rayo nube a tierra: negativo.	Velocidad (m/s)	$10^5$ a $10^6$	$1,2 \cdot 10^4$ a $2 \cdot 10^4$
	Corrientes (A)	50 a 200.000	0,5 a 1
	Campo eléctrico Ambiental (kV/m)	10 a 80	100 a 300



El ensayo experimental de un pararrayos en un laboratorio técnico de alta tensión no contempla el resto de los componentes de una instalación de un pararrayos, es decir, el mástil, los soportes, el conductor eléctrico, la toma de tierra, etc.

Las pruebas de eficacia de un sistema de protección del rayo, tienen que ser efectuadas en el campo de aplicación y comprobar que cumplan con el objetivo para lo cual todo el conjunto de la instalación de un pararrayos ha estado diseñada, efectuando un seguimiento en tiempo real del fenómeno rayo y unas revisiones periódicas de mantenimiento. En los ensayos de campo, se tienen que verificar las perturbaciones

electromagnéticas que genera cada instalación para poder evaluar el riesgo que esta genera en cada impacto de rayo.

## Propuesta de mejora y actualización de las actuales normativas de protección contra el rayo.

Las normativas de pararrayos deben definir un tipo de instalaciones donde la prioridad sea la protección de las personas y animales. El principio de protección de todas ellas es adoptar un sistema pasivo que reduzca la incidencia de rayos en la instalación, evitando así los posibles daños a causa de la descarga.

Según los diferentes estudios científicos, el rayo es la representación de la saturación de carga eléctrica entre nube y tierra que ha estado causada por dos tipos de electricidad atmosférica, la positiva y la negativa.

Todo principio de protección externa del rayo tiene que evitar este fenómeno eléctrico de saturación atmosférica (Campo de Alta Tensión), transfiriendo la carga electrostática a tierra según aparece durante el proceso de la tormenta sin generar la descarga .

Los equipos diseñados como Sistemas de Protecciones Contra el Rayo (SPCR), tienen que tener como objetivo prioritario, evitar la formación e impacto del rayo a tierra en el radio de protección definido.

Los Sistemas de Protecciones Contra el Rayo (SPCR), tienen que incorporar sistemas que analicen y garanticen la efectividad del sistema, donde el principio de éstos sea recoger datos estadísticos que revelaran y analizaran el comportamiento del conjunto de protección tierra / aire durante la tormenta, justificando la transferencia de carga del sistema.

## Las tecnologías actuales de pararrayos.

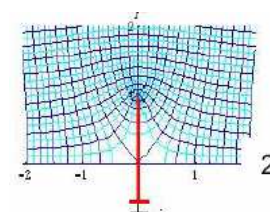
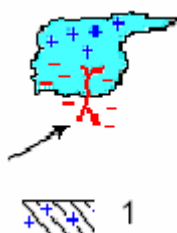
### Puntas simple Franklin (PSF)

### Analicemos algunos principios básicos.

**1. Características básicas.** Son electrodos de acero o de materiales similares acabados en una o varias puntas, denominados Punta simple Franklin, no tienen ningún dispositivo electrónico ni fuente radioactiva. Su medida varía en función del modelo de cada fabricante, algunos fabricantes colocan un sistema metálico cerca de la punta para generar un efecto de condensador.

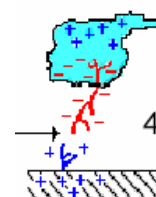
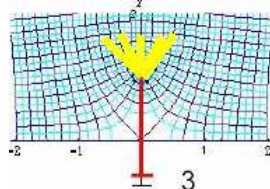


**2. Su principio de funcionamiento.** Durante el proceso de la tormenta se generan campos eléctricos de alta tensión entre nube y tierra (1). Las cargas se concentran en las puntas más predominantes a partir de una magnitud del campo eléctrico (2). Alrededor de la punta o electrodo aparece la ionización natural o efecto corona, resultado de la transferencia de energía. Este fenómeno es el principio de excitación para trazar un canal conductor que facilitará la descarga del fenómeno rayo (Leader).



En función de la transferencia o intercambio de cargas, se pueden apreciar, en la punta del pararrayos, chispas diminutas en forma de luz, ruido audible a frito, radiofrecuencia, vibraciones del conductor, ozono y otros compuestos (efecto corona 3).

Este fenómeno arranca una serie de avalancha electrónica por el efecto campo, un electrón ioniza un átomo produciendo un segundo electrón, éste a su vez junto con el electrón original puede ionizar otros átomos produciendo así una avalancha que aumenta exponencialmente. Las colisiones no resultantes en un nuevo electrón provocan una excitación que deriva en el fenómeno luminoso. A partir de ese momento, el aire cambia de características gaseosas al límite de su ruptura dieléctrica (Trazador o canal ionizado) (4). El rayo es el resultado de la saturación de cargas entre nube y tierra, se encarga de transferir en un instante, parte de la energía acumulada; el proceso puede repetirse varias



veces.

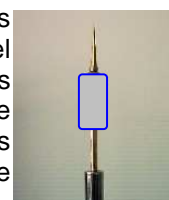
**3. El objetivo de estos pararrayos atrae-rayos** es proteger las instalaciones del impacto directo del rayo, excitando su carga y capturando su impacto para conducir su potencial de alta tensión a la toma de tierra eléctrica.

Se conocen casos en los que parte del pararrayos ha desaparecido a causa del impacto, que superó los 200.000 Amperios. Algunos estudios demuestran que estos equipos no son eficaces.

### Las tecnologías actuales de pararrayos. pararrayos con dispositivo de cebado ( PDC)

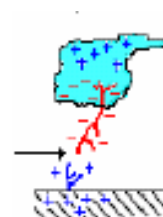
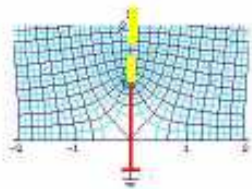
#### Analicemos algunos principios básicos.

**Características básicas.** Están formados por electrodos de acero o de materiales similares acabados en una punta. Incorporan un sistema electrónico que genera un avance teórico del trazador; otros incorporan un sistema piezoeléctrico que genera un efecto similar. Los dos sistemas se caracterizan por anticiparse en el tiempo en la captura del rayo, una vez que se produce la carga del dispositivo electrónico de excitación (cebador). Las medidas de los cabezales varían en función del modelo de cada fabricante. No incorporan ninguna fuente radioactiva.



Cabe destacar que en España se llaman "PDC", en Francia "PDA" y en USA "ESE", pero son los mismos técnicamente.

**El principio de funcionamiento** sigue siendo el mismo que los pararrayos tipo Franklin, la diferencia tecnológica de estos equipos está en el sistema electrónico, que aprovecha la influencia eléctrica del aumento de potencial entre la nube y la tierra para autoalimentar el cebador. Son componentes electrónicos que están alojados normalmente en el interior de un envase metálico y colocado en la parte más cercana de la punta del pararrayos y sirve para excitar la avalancha de electrones (ionización). La excitación del rayo se efectúa ionizando el aire por impulsos repetitivos. Según aumente gradualmente la diferencia de potencial entre el pararrayos y la nube, aparece la ionización natural o efecto corona. Son mini descargas que salen de la punta con más intensidad para ionizar el aire más lejos; este fenómeno es el principio de excitación para trazar un camino conductor intermitente que facilitará la descarga del fenómeno rayo.



**El dispositivo electrónico de cebado del PDC** está conectado en serie entre el cabezal aéreo y la punta. Sólo funciona con rayos negativos. El sistema de cebado necesita un campo eléctrico de alta tensión polarizado y un tiempo de carga para activar su dispositivo electrónico. Éste generará un impulso de cebado intermitente mientras exista el aporte de energía natural. Este tiempo de carga del dispositivo electrónico de cebado no se contabiliza en los ensayos de laboratorio de alta tensión para la homologación de un PDC. En el campo de aplicación, el dispositivo electrónico de cebado instalado en la punta del PDC necesita un tiempo de trabajo y una polarización estable del campo eléctrico para efectuar la primera carga del sistema electrónico de cebado. Durante ese proceso, el efecto de ionización se retrasa en la punta del PDC referente a los sistemas convencionales de pararrayos en punta tipo Franklin. El dispositivo de cebado está formado por pequeños componentes electrónicos sensibles a los campos electromagnéticos, compuesto de: diodos, bobinas, resistencias y condensadores aislados entre sí por una resina. Este dispositivo se encuentra instalado en el cabezal aéreo (PDC).



El conjunto está dentro de la influencia directa de los efectos térmicos, electrodinámicos y electromagnéticos que genera el impacto del rayo durante la descarga. En función de la intensidad de descarga del rayo, la destrucción del dispositivo electrónico es irreversible. A partir de ese momento, la eficacia del PDC no está garantizada.

Algunos fabricantes de PDC aconsejan en sus catálogos la revisión del dispositivo electrónico de cebado cada vez que recibe un impacto o descarga del rayo en el pararrayos para garantizar la eficacia del PDC. El objetivo de estos pararrayos es excitar la descarga y capturar el impacto del rayo negativo a tierra (NO LOS POSITIVOS), para conducir su potencial de alta tensión a la toma de tierra eléctrica.

Según la norma Francesa que esta reconocida por ley, el conjunto de la instalación no garantiza la protección de las personas, animales e instalaciones, (paradójicamente las instalaciones de pararrayos están reguladas por normativas de baja tensión, valores inferiores a 1000 V).

El radio de acción de estos pararrayos PDC ha sido reducido en un 40 % en Francia según los estudios del Gobierno Francés INERIS, después del estudio efectuado por el INERIS, si en Francia se modifican los campos de cobertura de los pararrayos PDC por falta de fiabilidad y se declara que los sistemas Franklin no son fiables tampoco, en España, estas tecnologías de pararrayos, se ven directamente afectadas ya que las normas Españolas UNE 21186 al ser copia textual de las Francesas y al ser la tecnología y el principio de funcionamiento el mismo para los dos. Y por efecto causa, los códigos y leyes relacionados con los pararrayos tienen que ser revisadas urgentemente por el peligro directo que repercute a las personas y la industria en general.

Documento oficial de INERIS.

[Etude des Paratonnerres à Dispositif d'Amorçage](#)

Angel Rodríguez Montes