



**III CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL 2021
UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
LA INNOVACIÓN, CONTRIBUCIONES, DESAFÍOS Y
PERSPECTIVAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

**Experiencia positiva de la protección externa contra rayo en Cuba:
validación empírica de los PDC.**

*Positive experience of external lightning protection in Cuba: empiric
validation of "PDC".*

**Yasser Gálvez Castillo. Agencia de Protección Contra Incendios (APCI), Cuba.
yasser@apci.cu, Alcides Rivera Camejo. Agencia de Protección Contra Incendios
(APCI), Cuba. alcides@apci.cu.**

Resumen: La protección externa contra el rayo ha presentado importantes controversias teóricas, desde tiempos de Benjamin Franklin hasta la actualidad. Durante este tiempo la falta de validación científica de cualquier sistema de protección contra el rayo (SPCR) ha impedido zanjar esta controversia. Dicha validación presenta importantes dificultades:

- En laboratorio solo pueden reproducirse ciertos aspectos del rayo, pues existen problemas de escala que impiden reproducir totalmente este complejo fenómeno.
- Los campos de ensayos naturales no reciben un número de descargas estadísticamente significativo, ni representativo de la variedad geográfica, arquitectónica y climatológica, por lo que las estadísticas obtenidas no pueden aplicarse a modelos globales.
- La realización de un escrutinio independiente sobre las instalaciones existentes supone un coste económico disuasorio, gran complejidad y una inversión de tiempo considerable.

En nuestro país, están creadas las condiciones necesarias para la realización de este escrutinio debido a: elevados índices isoceráunicos, el diseño, instalación y explotación de los SPCR son controlados y auditados por la Agencia de Protección Contra Incendios (APCI), muchas instalaciones de SPCR y una experiencia de más de 20 años.



Este artículo constituye el primer documento formal a nivel internacional, independiente de la industria, sobre la validación empírica de los sistemas de protección externa -sobre sistemas basados en PDC -, tras 200 años de protección aplicada contra el rayo sin estudios estadísticamente representativos de ningún sistema, ni dispositivo de protección contra el rayo. Este trabajo está basado en datos y experiencia de instituciones gubernamentales, en un entorno con actividad cerámica alta.

Abstract: External lightning protection has presented important theoretical controversies, from Benjamin Franklin's time to the present day. During this time, the lack of scientific validation of any lightning protection system (LPS) has prevented settling this controversy. This validation presents important difficulties:

- Only certain aspects of the beam can be reproduced in the laboratory, as there are scale problems that prevent this complex phenomenon from being fully reproduced.
- The natural test fields do not receive a statistically significant number of discharges, nor representative of the geographical, architectural and climatological variety, therefore the statistics obtained cannot be applied to global models.
- Carrying out an independent scrutiny of existing facilities involves a dissuasive economic cost, great complexity and a considerable investment of time.

In our country, the necessary conditions are created to carry out this scrutiny due to: high isokeraunic indices, the design, installation and operation of LPS are controlled and audited by the Fire Protection Agency (APCI), many LPS facilities and an experience of more than 20 years.

This article constitutes the first formal document at an international level, independent of the industry, on the empirical validation of external protection systems -on PDC-based systems-, after 200 years of protection applied against lightning without statistically representative studies of any system, or lightning protection device. This work is based on data and experience from government institutions, in an environment with high ceramics activity.

Palabras Clave: Sistemas de protección contra el rayo (SPCR); Validación empírica; Pararrayos con dispositivo de cebado (PDC); Normalización; Protección externa; Agencia de Protección Contra Incendios (APCI).



***Keywords:** Lightning protection System (LPS); Empiric validation; Early Streamer Emission (ESE); Standarization; External Protection; Fire Protection Agency (APCI).*

1. Introducción

La aplicación de la protección contra el rayo parte de los modelos de protección, que consisten en diferentes grados de simplificación de la física del rayo. Aunque actualmente se conocen muchos aspectos sobre la física de la descarga, siguen existiendo incógnitas debido a la complejidad y aleatoriedad del fenómeno [1][2].

El primer proceso relevante en la protección contra el rayo es el proceso de intercepción, que consiste normalmente en la unión de un trazador descendente y uno ascendente, que ha sido inducido por el descendente, debido a la carga que transporta [3][4][5]. El papel que desempeñan los terminales de intercepción es el de ofrecer puntos preferentes de impacto con un camino seguro a tierra. Esto lo consiguen modificando el campo eléctrico, de forma que la punta de estos terminales emita descargas corona y posteriormente el trazador ascendente antes que cualquier otro elemento dentro de su área de protección.

En el caso de una punta Franklin, este proceso se realiza de forma natural, de la misma forma que ocurre con cualquier elemento puesto a tierra (edificios, árboles,...). Sin embargo, en un PDC, además de la intensificación del campo eléctrico generado por la geometría, también existe un control de dicho campo eléctrico, lo que permite optimizar el proceso de emisión del trazador ascendente conectivo, estableciendo el camino de la descarga y aumentando así el radio de protección al compararlo con el de una punta Franklin [6]. Este efecto se cuantifica en laboratorios de alta tensión mediante una secuencia de pruebas descrita en el anexo C de la norma UNE 21186:2011 [7].

Por otro lado, la validación completa de cualquier terminal no puede realizarse en laboratorio, ya que los laboratorios de ensayos eléctricos de alta tensión no pueden reproducir completamente el fenómeno de la descarga del rayo por la gran complejidad técnica que ello implica y por otros factores, como la variabilidad del fenómeno, las condiciones atmosféricas en que se produce, el factor de escala, etc. No obstante, sí se pueden reproducir muchos de sus parámetros para estudiar los efectos que producen en materiales y dispositivos [8][9][10][11][12][13].



Los campos de ensayos tampoco son adecuados para esta validación, ya que no contemplan la diversidad de entornos geográficos, arquitectónicos, climatológicos, etc. Además, la cantidad de rayos obtenidos no son suficientes como para obtener estadísticas significativas [14][15][16].

Por lo tanto, la validación global del funcionamiento de los sistemas de protección externa contra rayos, tanto con captadores convencionales como con PDC, a día de hoy sólo puede ser empírica. A pesar de ello, sorprendentemente apenas existe documentación estructurada y fiable que documente esta validación, salvo algunos estudios realizados por la industria en Asia [17][18] y Europa [19][20].

En este documento se aborda principalmente la experiencia de uso en Cuba de los sistemas de protección contra el rayo basados en Pararrayos con Dispositivo de Cebado (PDC), ya que estos constituyen cerca del 90% de todos los SPCR instalados en el país. El territorio de la República de Cuba, al encontrarse geográficamente en la zona subtropical, tiene uno de los de mayores índices de actividad de rayos del planeta. Según las publicaciones más recientes del Centro de Física de la Atmósfera del Instituto Nacional de Meteorología de Cuba, el nivel cerámico oscila entre un mínimo de 30 y un máximo de 150 días de tormenta al año, con un valor medio de 80 [21]. Cuba es el quinto país del mundo en promedio anual de muertes por rayos (65 muertes/año) y el primero por número de habitantes (5,9 muertes x millón de habitantes/año)*, ocurriendo éstas en zonas abiertas y entornos desprotegidos.

El presente documento contiene la información y experiencia de los organismos reguladores competentes, instituciones, empresas públicas de proyectos e instalación y grandes usuarios, recogida sobre las instalaciones de protección contra el rayo existentes desde 1997 hasta la actualidad, y sobre un total de más de 9000 estructuras. Estas instalaciones son proyectadas, instaladas y mantenidas únicamente por profesionales acreditados por la Agencia de Protección Contra Incendios (APCI), el organismo gubernamental competente, mediante un proceso muy riguroso y supervisado, garantizando la objetividad de todo el proceso ya que todas las entidades implicadas son gubernamentales.

1.1. La Agencia de Protección Contra Incendios de Cuba (APCI).

La Agencia de Protección Contra Incendios (APCI) está vinculada al Cuerpo de Bomberos de la República de Cuba (CBRC) y pertenece al Ministerio del Interior. Esta



entidad tiene la función de prestar servicios integrales de certificación exclusiva en materia de protección contra incendios, así como de homologación y aprobación de los proyectos, medios, equipos, sustancias, materiales, sistemas e instalaciones. También se dedica a la calificación y certificación del capital humano vinculado a estas actividades. En cuanto a su actividad certificadora, abarca todas las etapas del proceso inversionista establecidas en el país, dentro de las que se destacan la certificación de los proyectos técnicos ejecutivos, los montajes y mantenimientos de los sistemas de protección contra incendios y la certificación tanto de las personas que tienen la responsabilidad de ejecutar estas tareas como de las entidades que las realizan. También se encarga de verificar el estado y disponibilidad de los sistemas instalados. De este modo se tiene un estricto control del cumplimiento de las especificaciones normativas y de la calidad de los trabajos relacionados con la protección contra incendios mediante la retroalimentación con los procesos internos de certificación, las verificaciones de los sistemas y la comunicación con el Cuerpo de Bomberos, que en Cuba es la entidad fiscalizadora y la autoridad en el área de la seguridad contra incendios.

Todos los procesos antes descritos se aplican a la protección contra rayos, por ser ésta una de las especialidades vinculadas a la protección contra incendios en Cuba.

2. Metodología

La investigación realizada conllevó a la ejecución de varios métodos de investigación, tanto de nivel teórico como empírico. Estos se exponen en la siguiente tabla, por tipos y empleo en el estudio realizado:

Método de investigación científica	Empleo del método en el estudio o tarea
Análisis y síntesis	Permitió: la identificación de los diferentes SPCR existentes y aplicados en el país, revisar las diferentes etapas concebidas en la protección contra el rayo a lo largo del tiempo, revisar los diferentes criterios expuestos por expertos sobre los métodos de ubicación de captadores, elaboración de un documento normativo que abarcara los aspectos carentes relacionados con la protección contra rayos en el país.
Observación empírica	Posibilitó la recolección de información y permitió



	identificar contradicciones de los criterios sobre el tema de la protección contra el rayo.
Inducción y deducción	Permitió la organización de los criterios e ideas expuestos en la determinación de la necesidad y viabilidad de normar en el país los aspectos relacionados con la instalación de PDC.
Consulta a especialistas (nivel empírico)	Permitió la obtención de información según el criterio de los expertos acerca de los resultados alcanzados en sus diseños o instalaciones atendidas con SPCR del tipo externo. Garantizó la retroalimentación de las revisiones hechas al documento normativo NC 1185.
Modelación	Vía mediante la cual se permitió determinar los años de experiencia acumulados con la instalación de los pararrayos pasivos y los PDC.
Experimental	Permitió validar la eficacia alcanzada con la instalación de los diferentes tipos de sistemas de capturas asociados al SPCR.

Tabla 1. Métodos de investigación empleados. Fuente: elaboración propia.

3. Resultados y discusión

3.1. La norma NC 1185.

Por muchos años, en Cuba no se dispuso de un documento normativo propio y actualizado que recogiera todas las tecnologías y soluciones de protección contra el rayo que estaban utilizándose. Estaba en vigor la norma NC 96-02-09: 1987 “Protección contra las descargas eléctricas atmosféricas - Clasificación y requisitos generales”, perteneciente al grupo de normas de incendio. Sin embargo, esta norma, por su grado de obsolescencia, su limitado alcance y su incompatibilidad con varios de los principios de la protección contra el rayo, no estaba siendo utilizada por parte de los especialistas del país, mientras que en su lugar se aplicaban las normas de las series IEC 62305 e IEC 61643 y la española UNE 21186[7]. Notando además que, mientras que la UNE 21186[7] es aplicable tanto a nuevas instalaciones como a las ya existentes, las normas del grupo IEC 62305, en la práctica se ajustan fundamentalmente al diseño de los



Sistemas de Protección contra Rayos (SPCR) asociados a nuevas construcciones, donde, si se concibe la protección desde el inicio, se pueden alcanzar los niveles de aceptación en concordancia con los requisitos normativos, pero que en el caso de la aplicación de estos SPCR para edificaciones existentes, con espacios limitados y restricciones arquitectónicas, se hace muy complejo y costoso lograr una solución que garantice el cumplimiento con los requerimientos que se indican en tales normas. Por tanto, era una necesidad para proyectistas, instaladores, fiscalizadores y usuarios finales contar con una norma eminentemente práctica que unificase todos los criterios y tecnologías que se han venido utilizando, con experiencia positiva de uso, en la protección contra el rayo en Cuba.

Por otra parte existían algunas normas sectoriales, emitidas por algunos ministerios en el país, que regulaban el uso de las tecnologías y soluciones de protección basadas en experiencias positivas logradas en sus instalaciones, y que había que tener en cuenta [22][23][24].

Por ello, un grupo de expertos de la APCI, CBRP, especialistas de diversas entidades gubernamentales, empresas públicas de proyectos e instalación y grandes usuarios, tras varios meses de trabajo elaboraron el borrador de la pretendida norma. Siendo el mismo aprobado por el CTN #13, de protección contra incendios.

Esta norma emplea los criterios fundamentales de los siguientes documentos:

- Para el ámbito de la protección contra rayos: NC-IEC 62305 (Partes 1, 2 y 3) [25][26][27], IEC 62305-4:2010 [28] y UNE 21.186: 2011[7].
- Para el ámbito de la protección contra sobretensiones transitorias: IEC 61643-11[29], 12[30], 21[31] y 22[32] e IEC 60364-5-53[33].
- Para el ámbito de la protección contra sobretensiones permanentes: UNE-EN 50550[34].
- Para el ámbito de la detección de tormentas: EN 50536: 2011[35].

También incluye otros aspectos no recogidos en las normas nacionales vigentes como son:

- La conducta de seguridad de las personas ante el fenómeno del rayo.
- Los procesos obligatorios de certificación de proyectos técnicos ejecutivos y de puesta en explotación, así como el uso de productos homologados.



- Una lista de verificación con los aspectos que deben tomarse en cuenta para la verificación de un sistema de protección contra rayos en cualquier momento que resulte oportuno de su vida útil.
- Los métodos de medición para determinar la resistividad eléctrica del terreno y la resistencia a tierra.

3.2. Solicitud de revisión de la norma NC 1185: 2017 y debate generado.

Al cabo de un poco más de un año de vigencia de la NC 1185: 2017[36], estando ya en uso por gran parte de los especialistas del país relacionados con este tema, se solicitó la revisión de la misma por parte del presidente del Comité Técnico de Normalización No. 64 "Pararrayos" a la Oficina Nacional de Normalización. El solicitante planteaba como elementos fundamentales que justificaban la revisión que el uso de los PDC no se contemplaba en las normas IEC, que con la utilización de los PDC se incrementaban los daños a los equipos electrónicos dentro de las edificaciones y que no existía un fundamento teórico que justifique el funcionamiento de los PDC. Por ello, pedía mover el cuerpo de la norma que abordaba la parte específica de PDC a un anexo de carácter informativo, aunque reconociendo la existencia de miles de instalaciones de PDC en Cuba con resultados positivos.

Ante esta petición, la Oficina Nacional de Normalización somete estos criterios a consideración de los especialistas competentes y miembros del comité técnico de normalización CNT-13. Al concluir el periodo establecido de alegaciones y comentarios iniciado por la Oficina Nacional de Normalización (ONN), se habían recibido vía correo electrónico 26 respuestas, correspondientes a especialistas de 22 entidades y organismos estatales, coincidiendo la gran mayoría de estos en el mantenimiento de la norma en su forma original, basándose en la experiencia positiva con el empleo de este tipo de dispositivos a lo largo de más de 20 años. Sin embargo, a favor de la modificación propuesta de mover la parte específica de PDC a un anexo informativo fue emitido un solo comentario de un especialista, que alegaba estar a favor debido a que con las partes aprobadas de la NC IEC 62305 no se hacía necesario el uso de otra norma.

En el Anexo I del presente documento se muestran fragmentos de los criterios emitidos en el periodo de alegaciones y comentarios.

Para concluir con el proceso de revisión solicitado, el Comité Técnico de Normalización No. 13 y la ONN convocaron una reunión el lunes 29 de julio de 2019. En dicha reunión



se contó con la presencia y participación de la APCI, CBRP, los Ministerios del Interior, de las Fuerzas Armadas, del Turismo, del Comercio Interior, de Salud Pública, de Energía y Minas y de Comunicaciones, la Universidad Central de Las Villas, así como empresas estatales de proyecto, instaladoras y grandes usuarios finales.

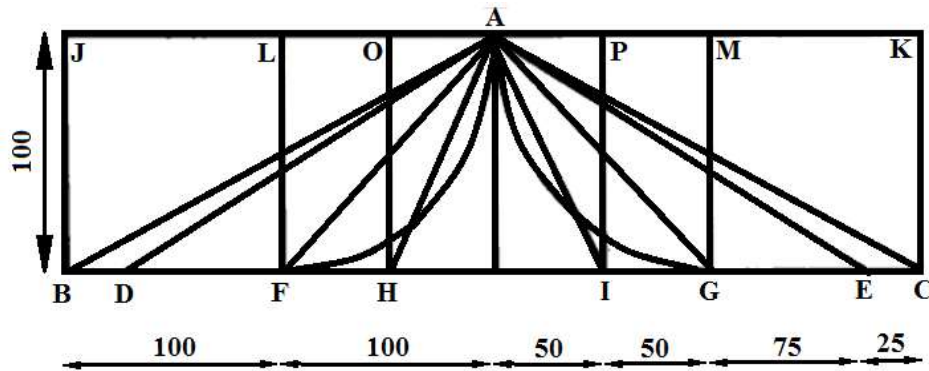
La conclusión principal de esta reunión fue que existía un consenso generalizado a favor de la validez y mantenimiento de la norma NC 1185 sin modificación, poniendo así de manifiesto:

- La experiencia de uso positiva en Cuba, ya que se cuenta con 21 años de experiencia en la protección frente al rayo de todo tipo de edificaciones mediante PDC sin incidentes significativos de fallos.
- Que no hay contradicción técnica con otras normas existentes en el país.
- Que no existe contradicción técnica con las normas de la serie IEC 62305, ya que los sistemas basados en PDC no están contemplados dentro de su alcance. Además, el apartado correspondiente de sistemas convencionales en la NC 1185 está basado precisamente en esta serie de normas.

Los argumentos que se emplearon como base de la solicitud de revisión de la norma NC 1185, no dejan de estar dentro del contexto de la controversia histórica sobre la protección contra el rayo en general y, en particular, entre SPCR convencionales y basados en PDC. A este respecto es conveniente realizar una retrospectiva, apuntando dichas controversias generadas a lo largo de la historia sobre los diferentes dispositivos que actúan como captadores en un SPCR y los métodos empleados para su posicionamiento.

3.3. Desde Franklin a nuestros días. Controversias históricas y estado actual.

Desde los comienzos de la protección contra el rayo, en tiempos de B. Franklin, se asumió que la zona protegida por una punta metálica tenía una forma cónica con el vértice en su punta. La primera de las controversias se originó a la hora de determinar el ángulo que se debía considerar para establecer el área protegida por el terminal. A lo largo de la historia, esta controversia llevó a la modificación del valor del ángulo considerado. En Fig.1 se muestra la evolución que sufrió, ya durante el siglo XIX, el área de protección considerada para una punta pasiva.



JBCK: cilindro, Gay Lussac 1823; BAC: cono, DeFonville 1874; DAE: cono, Paris Commission 1875; LFGM: cilindro, Chapman 1875; FAG: cono, Adams 1881; OHIP: cilindro, hipótesis; FAG: cono especial, Preece 1881; HAI: cono, Melsens.

Fig. 1. Diferentes áreas de protección de una punta a lo largo de la historia. Fuente: [37].

Posteriormente J.C. Maxwell desarrolló un método de protección basado en la disposición de conductores metálicos sobre la estructura a proteger con un espaciado interno predefinido y conectados a tierra. También existe amplia controversia sobre la base científica de este procedimiento [38][39] y sobre la conveniencia de emplear conductores horizontales como elementos de intercepción ya que, a menos que los conductores se eleven sobre la estructura, no generan ningún volumen de protección, lo que genera diversas incompatibilidades con algunos modelos de protección.

Esta misma controversia sobre el área de protección surgió cuando emergió la tecnología de los PDC, hace más de 40 años. En ese momento se estableció una razonable polémica en contra de la nueva tecnología por la ausencia, hasta entonces, de experiencia que la respaldase. Uno de los principales argumentos ha sido la “falta de fundamentación física por parte de estos dispositivos”. Este argumento, habitualmente utilizado en contra de los PDC también es atribuible a los sistemas pasivos [40], cuya validación se acepta por la experiencia de uso y buenos resultados a través de los años. Diversos estudios ponen de manifiesto la ausencia de fundamentación en la determinación de las áreas de protección, tal como se ve reflejado en las siguientes citas [39][40][41][42][43][44]:

“Neither the ESE air terminals nor the conventional Franklin rod appear to be scientifically or technically sound when evaluated in field tests under natural lightning conditions” [40].



“Hence the effectiveness of the meshwork protection (the percentage of air termination attachments versus buildings attachment) is not statistically quantified” [39].

“It is regrettable that the efficiency of an ESE air terminal cannot be demonstrated in terms of protection radius; but it is also not possible, with the knowledge nowadays available, to demonstrate the efficiency of a simple rod or any other protection element” [41].

Los métodos de posicionamiento de terminales aéreos (ATPM), considerados en las normativas vigentes, tampoco han estado libres de controversia. En la actualidad son de aplicación normativa 4 métodos de posicionamiento de terminales aéreos: el método del ángulo de protección (PAM), el método de la esfera rodante (RSM), el método de las mallas (MM) y el método de posicionamiento de PDC. Cada uno de ellos ha sido cuestionado por falta de fundamentación, tal como se indica en [40][41][39].

“Mesh Method is based on long-term experience but does not involve any theoretical background” [39].

“... the protection radius of a simple rod is admitted but not demonstrated” [41].

“The reproach made to ESE air terminals is overconfidence in terms of protection volume but not unsuitability from the physics point of view” [41].

“It appears to the panel the NFPA 780 document does not meet the NFPA criteria for a standard since the recommended lightning protection system has never been scientifically or technically validated and the Franklin rod air terminals have not been validated in field tests under thunderstorm conditions” [40].

En la actualidad no existe una explicación teórica que fundamente los volúmenes protegidos por ningún tipo de sistema de intercepción (basados en PDC o pasivos). No obstante, existen cientos de miles de instalaciones de ambos tipos en todo el mundo, sin incidentes significativos. Sin embargo, aunque en la práctica los modelos de protección ofrecen buenos resultados por ausencia de fallos destacables, la realidad es que no hay datos estadísticamente relevantes de organismos independientes publicados al respecto [20][39][45].

En cuanto a la experiencia normativa, sí que existe una amplia normalización prescriptiva al respecto. Para sistemas convencionales o pasivos se dispone de normativa IEC, así como normas nacionales con diversas particularidades. En cuanto a los PDC, países tan diversos como España, Francia, Angola, Turquía, Portugal o



Argentina entre otros, tras un periodo de experiencia positiva con estos pararrayos acabaron desarrollando normativas nacionales propias, algunas de ellas con más de 20 años de vigencia, y utilizan estos dispositivos de manera preferencial por su menor coste para los clientes finales. Cerca de 100 países en todo el mundo utilizan la norma española o francesa de PDC para el diseño e implementación de sus instalaciones de protección frente a rayos.

No obstante, la polémica se ha mantenido activa en los últimos años por la pretensión monopolística y proteccionista de la industria de sistemas convencionales, que intentó infructuosamente poner barreras normativas a los PDC en ámbitos internacionales como IEC y CENELEC.

Como se ha visto, la realidad es que no existe una fundamentación física consistente para ningún tipo de dispositivo o sistema de protección externa contra el rayo. Por ello, la evaluación de su eficiencia a día de hoy sólo puede basarse en la comparación entre los resultados estadísticos esperados conforme al modelo y niveles de protección empleados, descritos en sus correspondientes normativas, y los resultados obtenidos en un entorno real con un número de instalaciones estadísticamente relevante, durante un tiempo de estudio lo suficientemente largo como para considerarlo representativo.

“The lightning protection technique has proven its effectiveness as evidenced by the comparative statistics of lightning damage to protected and unprotected structures without mentioning the lightning terminal arrangement.”[39].

Conseguir una validación empírica rigurosa y formalmente documentada precisa de una metodología tal que los proyectos, instalaciones y actores (empresas, proyectistas, instaladores y auditores) sean certificados por un organismo independiente que centralice y controle todo el proceso. En este sentido, ha habido algunas iniciativas relevantes de normalización para cubrir todo o parte de este proceso de evaluación continua:

- CENELEC: En 2011 la dirección técnica (BT) de CENELEC solicitó al comité técnico europeo de protección contra el rayo (TC81X) la creación de un comité de expertos para redactar una normativa denominada “Lightning protection system performance” con el fin de poder evaluar el rendimiento de cualquier SPCR basado en tecnologías existentes o futuras.



- El grupo de expertos alegó la complejidad y el alto coste económico y temporal de este proyecto. No obstante, se redactó un borrador de proyecto de norma, prEN50522 [46], que planteaba la realización de estudios estadísticos sobre instalaciones reales de SPCR. Posteriormente, la secretaría del TC81X desmanteló el grupo ante la falta de interés de varios países.
- IEC: Por otro lado, en 2017, en IEC se constituyó un Ad Hoc Group (AHG 19), formado por expertos de varios países, con el objetivo de estudiar las posibles acciones a emprender por el TC 81 en relación a la Evaluación de Conformidad (Conformity Assessment) en el campo de la protección contra el rayo. El grupo sigue activo y trabajando con el objetivo de estandarizar la homologación de personas, productos, empresas y procesos implicados en la protección contra el rayo.

En línea con estas iniciativas, Cuba dispone ya de una metodología puesta en marcha desde hace más de 20 años, en la que todos los elementos y actores son certificados por un organismo gubernamental independiente (APCI), lo que garantiza la rigurosidad e imparcialidad en la evaluación empírica del rendimiento, basada en la recolección y análisis de datos.

3.4. El rol de la APCI en la evaluación de los SPCR.

En la República de Cuba, la instalación de cualquier sistema de protección contra rayos está regulada por la APCI con un procedimiento muy metódico y meticuloso:

- Los productos empleados para las instalaciones deben superar un proceso de homologación previo.
- Tanto las empresas proyectistas e instaladoras, como los técnicos que realizan los proyectos, la instalación y mantenimiento, deben ser acreditados por la APCI.
- La instalación y el mantenimiento de la misma deben ser auditados también por la APCI.

Es decir, que existe un control y registro de todos los pasos requeridos para la implantación del SPCR contemplando diseño, evaluación, productos empleados, puesta en servicio, seguimiento, etc.

Es competencia de la APCI la certificación de los productos relacionados con la seguridad contra incendio y, dentro de estos, los de protección contra rayos que se



comercializan en el país. Este proceso constituye un paso necesario para la autorización a su uso en la nación y se realiza, entre otros productos, a los Pararrayos de Dispositivo de Cebado (PDC). Dicha certificación se viene realizando desde el año 1997, tras varios años de experiencia positiva de su utilización, y se basa en la comprobación de los informes de ensayos realizados en laboratorios acreditados e independientes del fabricante. Para ello, la APCI emplea los procedimientos de evaluación recogidos en las normas correspondientes, como la norma española UNE 21.186: 2011[7], la francesa NF C17-102: 2011 [47] y actualmente también en la NC 1185: 2017 [36].

Esta certificación posee una vigencia de 5 años; no obstante, puede ser retirada por la APCI en cualquier momento si, en base a su retroalimentación con demás entidades reguladoras, instaladoras y clientes, la experiencia de uso no ha sido satisfactoria. Como caso representativo de tal hecho, hubo un modelo de terminal captador cuya homologación fue retirada por parte de la APCI al identificar diversos fallos reiterados en la calidad, ya que los dispositivos de este modelo quedaban fuera de servicio tras interceptar y derivar a tierra un rayo.

Las singularidades climatológicas y organizativas de nuestro país en materia de protección contra el rayo lo convierten en un escenario ideal para obtener, con rigor, los datos necesarios con los que poder finalizar con la histórica controversia entre diferentes tipos de SPCR.

Gracias a la labor de la APCI, Cuba ha sido pionera en la evaluación metódica de la conformidad de los SPCR y certificación de los elementos y actores implicados. La APCI lleva realizando las funciones de evaluación y seguimiento de las instalaciones de SPCR desde hace más de 20 años, y en la actualidad dispone de datos de un conjunto de más de 9000 instalaciones. Estos valores presentan una elevada relevancia estadística.

3.5. Datos y análisis

Los datos considerados para el presente estudio provienen de los registros de certificación de proyectos técnicos ejecutivos y de puesta en explotación de SPCR de las diferentes divisiones territoriales de la APCI, de las auditorías de instalación y mantenimiento, así como de la información requerida a las principales empresas de instaladores del país [48].

Estos datos han sido filtrados para identificar exclusivamente aquellos relacionados con el sistema de intercepción y, de estos, aquellos casos atribuibles al propio captador. En



base a lo anterior, primeramente se ha realizado una clasificación basada en el tipo de SPCR (pasivo o basado en PDC). Estos datos pueden verse en la siguiente tabla:

N° total instalac.	Instalac. con PDC	Instalac. pasivas	Incidencias en instalac. con PDC	Incidencias en instalac. con pasivos	Años acum. de servicio del total de instalac
9271	8433	838	19	5	101981

Tabla 2. Instalaciones de SPCR realizadas en Cuba y años de servicios acumulados. Fuente: elaboración propia.

Como resultado de las instalaciones de SPCR realizadas en el país a lo largo de 21 años, se puede observar la relación existente entre cantidad de instalaciones de protecciones externas ejecutadas en las edificaciones. Estos datos no contemplan las instalaciones ejecutadas en las estructuras atendidas por la industria eléctrica en sus centros de generación, transmisión y distribución.

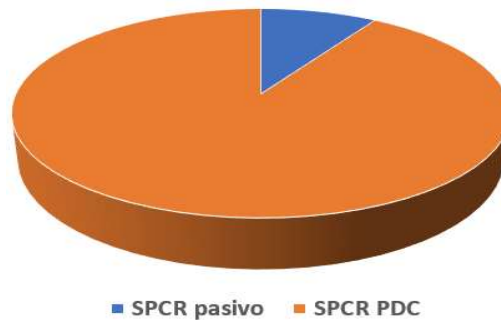


Fig. 2. Instalaciones de SPCR en Cuba. El 9% de los SPCR se basan en captadores convencionales. El resto se basan en PDC. Fuente: elaboración propia.

En los registros, se han encontrado un total de 24 incidencias, lo que constituyen aproximadamente un 0.26% del total de las instalaciones. De estas incidencias, 19 se han producido en SPCR basados en PDC, lo que supone un 0.23 % sobre el total de instalaciones con PDC y 5 en SPCR convencionales, esto es un 0.6 % sobre el total de instalaciones con SPCR convencionales.

En el análisis de incidencias, se han considerado 2 tipos de incidencia:

- Daño en la estructura: Los daños identificados han sido pequeñas grietas y desperfectos de escasa importancia en las cubiertas y las esquinas.



- Daño en el terminal captador: No hubo daños en la estructura, aunque el captador quedó fuera de servicio o destruido tras captar el rayo y derivarlo a tierra.

Se han comparado estos valores con la tasa de fallos esperada por los modelos de protección indicados en las normativas de aplicación. En dichas normativas se considera que un SPCR debe estar diseñado para captar cierto porcentaje de rayos, considerando para ello, el valor de corriente mínimo esperado. Del mismo modo, el SPCR debe ser capaz de soportar la corriente del rayo, considerando para ello, los valores máximos de corriente esperada. Estos porcentajes vienen definidos por los NPR, siendo el 1% para NPR I que es el más restrictivo.

Tabla 5 – Probabilidades de los límites de los parámetros de la corriente del rayo

Probabilidad para que los parámetros del rayo sean	NPR			
	I	II	III	IV
Inferiores a los valores máximos definidos en la tabla 3	0,99	0,98	0,97	0,97
Superiores a los valores mínimos definidos en la tabla 4	0,99	0,97	0,91	0,84

Fig. 3. Tabla 5 de la IEC 62305-1[25] con probabilidades de ocurrencia de valores máximos y mínimos de la corriente del rayo para cada NPR.

Como se puede ver, los resultados obtenidos se encuentran muy por debajo de la tasa de fallos esperada por la normativa. De las 24 incidencias, 10 (41.6%) generaron daños de escasa importancia en la estructura y 14 (58.3%) un daño en el terminal captador.



Fig. 4. Tipos de incidencia identificados: Daños en la estructura atribuibles a rayos de baja intensidad y daños en el terminal captador, atribuibles a rayos de elevada magnitud. Fuente: elaboración propia.

El número de rayos que se estima que pueden caer sobre una estructura (N_d) viene determinado por el área de colección (A_d), la densidad de rayos en la zona (N_g) y el factor de localización (C_d) mediante la siguiente fórmula:



$$Nd = Ad \cdot Ng \cdot Cd \quad (1)$$

En el caso de Cuba, la densidad promedio de rayos es de 9.6 rayos/ km² año. Considerando un volumen de colección de una estructura promedio de 10,000m², y considerando un factor de localización de 0.5 (estructura rodeada de elementos de altura similar o menor a la propia estructura), el número de rayos promedio esperados por año para una estructura es de Nd=0.048. Si consideramos el conjunto de todas las instalaciones registradas, el número estimado que se estima que impactan en ellas cada año es 445 rayos. Consideramos el promedio de años de servicio del total de las instalaciones de protección contra rayos es de unos 11 años, entonces el número estimado de rayos que han debido de caer sobre las estructuras protegidas durante el periodo de estudio asciende a 4895 rayos.

Considerando este número total estimado de rayos, un 0.2 % de ellos ha generado un daño en la estructura, mientras que un 0.29 % ha generado un daño en el terminal captador. Es remarcable indicar que, en el procedimiento de evaluación de riesgo indicado en las normativas, se indica que la probabilidad de daño en estructuras (PB) protegidas con SPCR es de un 2% para el nivel de protección contra el rayo (NPR) más restrictivo.

Características de la estructura	Niveles de protección	P _B
Estructura no protegida por un SPCR	–	1
Estructura protegida por un SPCR	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02

Fig.5. Tabla de los valores de P_B en función de las medidas de protección para reducir los daños físicos indicados en IEC 62305-2 [26].

4. Conclusiones

En Cuba, la protección contra rayos es regulada y auditada por un único organismo gubernamental, la Agencia de Protección Contra Incendios (APCI). Tras varios años de experiencia documentada de protección contra el rayo en el país, se elaboró y aprobó un documento normativo, la NC 1185: 2017, que recogía todas las tecnologías de protección contra el rayo utilizadas satisfactoriamente durante años. Tras un periodo de utilización con buena experiencia de uso, se solicitó una revisión de tal documento.

Después de un periodo de alegaciones y comentarios, la inmensa mayoría de los especialistas - pertenecientes a organizaciones gubernamentales, empresas públicas de



proyectos e instalación y grandes usuarios institucionales - que emitieron criterios, solicitaron el mantenimiento de la NC 1185 en su edición original aprobada en julio de 2017. Luego, el documento fue aprobado por la ONN, quedando como NC 1185: 2020.

Este debate se enmarca dentro de la histórica controversia entre SPCR convencionales y basados en PDC, así como en la falta de validación documentada existente en ambos. Como se ha visto, la validación de los diferentes dispositivos o métodos empleados en protección contra el rayo no puede basarse en estudios de laboratorio, donde el fenómeno no se reproduce en su totalidad, ni en campos de rayos reales donde las estadísticas obtenidas no pueden aplicarse a modelos globales. Por ello, hasta el momento, la única posibilidad de validación de cualquier sistema de protección externa contra el rayo es mediante la revisión de un número estadísticamente relevante de instalaciones reales, que sean conformes a criterios normativos, en diversas condiciones geográficas, arquitectónicas y climatológicas y durante un número de años significativo. Este documento presenta los resultados de la evaluación de SPCR en todo un país, considerando datos procedentes de las más de 9000 instalaciones existentes, de las que el 90,9% se basan en PDC y el 9.1% en sistemas convencionales, instaladas conforme a sus normas correspondientes. Al ser un estudio de alcance nacional, los edificios e instalaciones consideradas presentan disímiles condiciones geográficas, arquitectónicas y climatológicas, lo que indica que los sistemas de protección empleados funcionan adecuadamente en cualquier tipo de condiciones. Estos resultados abarcan una experiencia de uso de más de 20 años y cerca de 101981 años acumulados de uso sin incidentes significativos, lo que constituye la evaluación empírica sobre la eficiencia de los SPCR en instalaciones reales más importante a nivel internacional realizada hasta la fecha.

Considerando los datos de las instalaciones basadas en terminales pasivos (838) y en PDC (8433), los resultados indican que la tasa de fallos, en ambos casos es muy baja, ya que solo hay reporte de daños en menos del 0.3% de las estructuras protegidas y además, los daños fueron de consecuencias insignificantes. Este valor está por debajo de la probabilidad indicada en el análisis de riesgo de las normas IEC 62305-2 [26] y UNE 21186:2011 [7], de que una descarga produzca daños físicos (PB), la cual se establece en un 2% para el nivel de protección más severo (NPR I).



La ausencia de daños significativos y de reclamaciones de los usuarios que poseen dispositivos PDC en sus instalaciones, pone en evidencia la efectividad del modelo de protección y de los dispositivos captadores, quedando demostrada la eficacia de los sistemas externos de protección contra rayos del tipo basado en PDC.

En la misma medida, aunque con un número de instalaciones menos relevante estadísticamente, los SPCR convencionales también presentan una tasa de fallos muy baja, lo que demuestra la validez de los componentes y métodos de posicionamiento normalizados que se emplean en la actualidad, tanto de tipo pasivo como basados en PDC.

Estos resultados constituyen la validación empírica de la eficacia de SPCR basados en PDC, dando respuesta también a la controversia histórica entre SPCR convencionales y PDC.

Por último, es remarcable que la diferencia de costes y la simplicidad de instalación de los sistemas basados en PDC han permitido diseñar e instalar el sistema de protección contra rayos en entornos y estructuras en las que, bien por coste o por complejidad de ejecución, no se hubieran podido proteger de otra forma.

5. Referencias bibliográficas

- [1] Tobias, J. et al, "The basis of Lightning Protection Technology", Report of the Federal Interagency Lightning Protection User Group, June 2001.
- [2] Ruiz, D; Polo, S; Pomar, V; Pomar, C. "Lightning Protection: Basis & Praxis", ILPS 2011.
- [3] I.Gallimberti et. al. "Fundamental processes in long air gap discharges". C. R. Physique 3 (2002) 1335–1359.
- [4] J. R. Roth, Industrial Plasma Engineering, Volume 2. Applications to Non-thermal Plasma Processing, (IOP Institute of Physics Publishing, Bristol) 2001.
- [5] J.J. Lowke, "On the Physics of lightning". IEEE Trans. Plasma Science, Vol.32, N°.1, Feb 2004. Invited Paper.
- [6] Berger, G. "New progress in the process of lightning attachment to grounded structures". ILPS 2016.
- [7] Comité Técnico AEN/CTN 207. "UNE 21186/2011: Protección contra el rayo: Pararrayos con dispositivo de cebado". Diciembre 2011.



- [8] Ruiz, D. Gironella, J.L. "La intercepción del rayo y los ensayos de laboratorio". IV Taller Nacional de Tecnologías de Protección contra Rayos. 2018.
- [9] D.Ruiz, et Al. "Analysis of breakdown process at U50 voltage for plane rod discharges by means of neural networks". Journal of Electrostatics 71 (2013) 336-340.
- [10] Les Renardières Group, "Research on long air gap discharges at Les Renardières", Electra (23) (1972) 53e157.
- [11] Les Renardières Group, "Research on long air gap discharges at Les Renardières", Electra (35) (1973) 49e156.
- [12] Les Renardières Group, "Positive discharges in long air gap at Les Renardières - 1975 results and conclusions", Electra (53) (1975) 31e153.
- [13] Les Renardières Group, "Negative discharge in long air gaps at LesRenardières", Electra (74) (1981) 67e216.
- [14] Diendorfer G. "Lightning parameters".OVE-ALDIS. Cost P18. 2007
- [15] J.Takami,S.Okabe,Observational results of lightning current on transmission towers, IEEE Transactions on Power Delivery 22(1) (2007) 549–553.
- [16] Ruiz, D et. Al "A new concept in lightning parameters measurement". Journal of Electrostatics. Vol. 67 Issues 2-3, 2009.
- [17] F.D'Alessandro; N.I Petrov " Field study on the interception efficiency of lightning protection systems and comparison with models". Proc. R. Soc. A 2006 462.
- [18] N.I Petrov "Assessment of protection system positioning and models using observations of lightning strikes to structures". Proc. R. Soc. M 2002.
- [19] Polo, S; Pomar, V. Llovera, P. "Effectiveness empirical study on Early Streamer Emission lightning protection installations in Spain", ILPS 2011.
- [20] Pomar, V; Polo, S; Fauveaux, S. "Effectiveness of worldwide existing ESE lightning protection systems manufactured in Europe", ILPS 2011.
- [21] L.Alvarez, T.Gutierrez, et. Al. "Informe certificado meteorológico 23/2011 DIM(023)". Instituto de Meteorología de la República de Cuba. 2011.
- [22] NC 775-10:2012: Bases para el diseño y la construcción de inversiones turísticas. Requisitos de electroenergética. MINTUR, Ministerio de Turismo de Cuba.
- [23] NRFA 07-06:2005: Protección contra descargas eléctricas atmosféricas. MINFAR, Ministerio de las Fuerzas Armadas de Cuba.



- [24] Libro Azul 2012: Guía para el diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas de protección integral. ETECSA, Ministerio de Comunicaciones.
- [25] International Electrotechnical Committee, "IEC 62305-1: Protection against lightning – Part 1, 2006.
- [26] International Electrotechnical Committee, "IEC 62305-2: Protection against lightning – Part 2, 2006.
- [27] International Electrotechnical Committee, "IEC 62305-3: Protection against lightning – Part 3, 2006.
- [28] International Electrotechnical Committee, "IEC 62305-4: Protection against lightning – Part 4, 2010.
- [29] Comité Técnico TC37/SC37A. "IEC-61643-11:2011: Dispositivos para protección contra sobretensiones de baja tensión. Parte 11: Dispositivos para protección contra sobretensiones en sistemas de baja tensión – Exigencias y métodos de ensayo.
- [30] Comité Técnico TC37/SC37A. "IEC-61643-12:2011: Dispositivos para protección contra sobretensiones de baja tensión. Parte 12: Dispositivos para protección contra sobretensiones en sistemas de baja tensión – Principios de selección y aplicación.
- [31] Comité Técnico TC37/SC37A. "IEC-61643-21:2011: Dispositivos para protección contra sobretensiones de baja tensión. Parte 21: Dispositivos para protección contra sobretensiones conectados a redes de telecomunicaciones y señal– Requerimientos y métodos de test.
- [32] Comité Técnico TC37/SC37A. "IEC-61643-22:2011: Dispositivos para protección contra sobretensiones de baja tensión. Parte 22: Dispositivos para protección contra sobretensiones conectados a redes de telecomunicaciones y señal– Principios de selección y aplicación.
- [33] Comité Técnico TC64. "IEC-606364-5-53: Selección y puesta en servicio de equipamiento eléctrico: Aislamiento, conmutación y control.
- [34] Comité Técnico AEN/CTN 201. UNE-EN 50550:2012: Dispositivos de protección contra sobretensiones a frecuencia industrial para usos domésticos y análogos (POP).
- [35] Comité Técnico CTN 207. "UNE-EN 50536: Protección contra el rayo. Sistemas de aviso de tormentas". 2011



- [36] Oficina técnica de normalización, NC 1185:2017 Protección contra rayos – Seguridad integral frente al rayo. 2017
- [37] Golde, R.H. (ed.), “Lightning. Vol II: Lightning Protection”, Academic Press, N.Y, 1977
- [38] Szczerbinski, M. “Attachment process models for the meshwork external protection.” 25th International Conference on Lightning protection, Rhodos, Greece., 2000.
- [39] Szczerbinski, M. “Lightning protection with the mesh method: some models for the effectiveness analysis”. Journal of Electrostatics 64 pp. 283-288, 2006.
- [40] Bryan, J.L., Biermann, R.G. & Erickson, G.A., “Report of the Third-Party Independent Evaluation Panel on the Early Streamer Emission Lightning Protection Technology”, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1999.
- [41] Gruet, P., 2001, “Study of Early Streamer Emission Lightning Conductors – ESE”, INERIS Report, October 2001.
- [42] Viemeister, P.E., “The Lightning Book, MIT Press, Cambridge, MA, 1972.
- [43] McEachron, K.B., “Lightning Protection since Franklin’s Day”, J. Frankl. Inst., 253, pp. 441-470, 1952.
- [44] IPSOS: Satisfacción survey «Lightning protection» Questionnaire GIMELEC/INERIS/ MEDD 2002.
- [45] R.H.Lee, Lightning protection of buildings, IEEE Transactions on Industry Applications 1A-15(3) (1979) 236–240.
- [46] Comité Técnico CLC/TC81. Draft prEN-50622:2014: Lightning protection systems pure performance standard. CENELEC 2014.
- [47] AFNOR. NFC17-102: 2011. Protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage. 2011.
- [48] Amores, F. “Experiencia cubana sobre el comportamiento de los pararrayos de tipo ESE. Homologación por APCI. Normalización”. Journal of Electrostatics 64 pp. 283-288, 2011.

6. Anexo I.

Extractos de los correos electrónicos de usuarios y especialistas participantes en el periodo establecido de alegaciones y comentarios:

Director Territorial Artemisa-Mayabeque RADIOCUBA



“...Los pararrayos basados en PDC, que usamos en no pocas de nuestras instalaciones...una tecnología que es usada extensivamente en nuestro país, con una efectividad demostrada y constituyendo además la opción más económica...”

La efectividad arriba mencionada ha sido constatada durante años en nuestras instalaciones por todo el territorio nacional, a través del uso de las técnicas de protección integral contra rayos, con el apego a la normativa nacional y extranjera afín...”

Directora de Desarrollo y Certificación. Agencia de Protección Contra Incendios.

“... el documento fue el fruto del trabajo en equipo del CTN No. 13 Seguridad Contra Incendios, con el apoyo de los principales especialistas en el país relacionados con la protección contra rayos... contar con una guía para proyectistas, instaladores, mantenedores y autoridades competentes que por años se han dedicado a garantizar de forma práctica la seguridad contra el rayo en el país...”

Especialista Principal APCI UEB Centro Oeste

“...los Pararrayos con dispositivo de cebado (PDC) o pararrayos activos (PA), los cuales fundamentados en las prácticas de eficacia comprobada, han sido probados a lo largo y ancho del país por más de veinte (20) años, sin que se conozca de eventos no deseados en cuanto a su área de protección, llámese impactos en estructuras cercanas a la ubicación y dentro del radio de protección de los mismos y es la opción más eficaz, económica y usada en Cuba, contribuyendo a la protección de miles de instalaciones y ahorrando al cientos de miles de dólares en la protección a amplias y complejas áreas...”

“...Demostración de la efectividad de los PDC en Cuba

...El estudio muestra que durante los 58 990 años de servicio acumulados de estos 6 940 PDC, se esperaban 5 988 descargas de rayos en las instalaciones protegidas. De acuerdo con los datos disponibles, la evaluación de los incidentes en los locales referidos es insignificante: número muy pequeño, daños materiales insignificantes y no lesiones personales. Es muy importante destacar que el número de estos incidentes raros es mucho menor que un orden de magnitud con respecto al nivel más restrictivo aceptado por las reglas descritas...”

Especialista Superior, División Occidente de la Empresa de Servicios para los Órganos de la Defensa.



“...Nuestra empresa ... tiene más de 10 años de experiencia en el diseño e instalación de estos tipos de pararrayos a nivel nacional ...

A lo largo de todo ese tiempo no hemos tenido incidencias negativas de ninguna índole por la utilización de los PDC...”

“...SERTOD (Empresa de Servicios de Telecomunicaciones a los Órganos de la Defensa) entre sus principales clientes tiene a las Fuerzas Armadas Revolucionarias (FAR) como objeto social, Almacenes Universales (AUSA) entre otros a nivel nacional. Estos han estado satisfechos con las tecnologías proyectadas y ejecutadas indistintamente y hasta la fecha no han reportado insatisfacciones ni quejas, ni reclamaciones, ni sufrido incidencias negativas en sus instalaciones protegidas con uno u otro sistema a pesar de que la mayoría son protegidos mediante sistemas de pararrayos PDC.

Tenemos estadísticas por más de 10 años (2007-2018) de la utilización de este tipo de sistema captador PDC con más de 290 pararrayos de este tipo proyectados y certificados por APCI y 155 instalados aproximadamente. No descartamos los sistemas convencionales o puntas franklin con 111 objetivos proyectados y 31 instalados a lo largo de todo el país...”

Especialista APCI-Mariel.

“...En mi modesta experiencia de trabajo en el uso de las tecnologías de Pararrayos con Dispositivo de Cebado en las Fuerzas Armadas Revolucionarias (FAR) y ahora como especialista de la APCI en la Zona Especial de Desarrollo Mariel (ZEDM), puedo dar fe de que hemos avanzado mucho en materia de protección contra el rayo en los últimos 20 años.

En las FAR se protegieron con PDC, grandes campos de antenas; espacios abiertos de gran concentración de personas; Bases aéreas militares, grandes áreas de almacenamiento logístico de todo tipo; hospitales militares; Instituciones docentes de nivel medio superior y superior en todo el país, entre otras...”

“...En la Zona Especial de Desarrollo de Mariel los usuarios de la misma han asumido como norma general el uso del PDC; donde no solo protegen su instalación, sino también los espacios abiertos de tráfico de mercancías y personas...”

“...Independientemente de las ventajas económicas; de instalación y mantenimiento que representa el uso de los sistemas PDC, el país tiene mucha experiencia en su uso y



cada vez es más creciente el número de usuarios de estos sistemas; por tanto, considero que deben quedar establecidos en las normas cubanas de PCI de obligatorio cumplimiento y el uso del PDC no puede quedar excepto de esta obligatoriedad...”

Corporación Copextel de la Provincia de Holguín.

“...Le escribe un ingeniero con más de 30 años de experiencia en las labores de proyecto e instalación de sistemas de protección contra rayos pasivos y basados en PDC ...”. En todas las instalaciones en las que instalado el PDC o he realizado el proyecto y después he realizado el control de autor y más tarde el mantenimiento, nunca me han manifestado que esta instalación ha sido dañada, su estructura o ha sido dañado algún ser humano...”

Especialista en Mantenimiento de Equipos e Instalaciones Industriales. Ronera San José, Havana Club International

“...Trabajo en una industria de fabricación de ron, Ronera San José, Havana Club International SA. Inaugurada en enero de 2007.

... tenemos, como parte del sistema de integrado de protección contra rayo, instalados 24 pararrayos con dispositivos de cebado o PDC... se trata de áreas con un alto riesgo de incendio por las características de los materiales que se almacenan o manejan...

A partir de las lecturas de los contadores de impactos se puede apreciar una alta incidencia de descargas en estos dispositivos, no hemos tenido a lo largo de 11 años de explotación daños en estructuras por conceptos de impactos directos. Esto denota la efectividad de los sistemas de captura instalados... Somos auditados por empresas aseguradoras extranjeras y por APCI con resultados favorables...”

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas

“...Durante 33 años fui profesor de asignaturas relacionadas con la Protección contra Rayos y Sistemas de Puesta a Tierra, de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central de Las Villas, en estos momentos soy profesor Adjunto de la Maestría y Doctorado de esta facultad...

...La inclusión de los PDC como método de protección externa en igualdad de condiciones con otros métodos, fue algo que propuse cuando fui consultado, por estar demostrada empíricamente su efectividad al igual que los otros métodos. El trópico es la zona de mayor actividad de tormenta del mundo y Cuba es uno de los países de mayor densidad de rayos a tierra de esta zona. En nuestro país es imprescindible el uso de los



sistemas de protección contra rayo y más del 90 % de los captadores externos instalados en nuestro país son PDC, con un comportamiento satisfactorio reconocido por la Agencia de Protección Contra Incendios (APCI), quien muy rigurosamente regula y controla esta actividad en Cuba...”

Director Tecnológico de la Empresa de Servicios para los Órganos de la Defensa

“...Desde nuestras experiencias como empresa proyectista y montadora por más de 10 años no contamos con evidencias negativas en la utilización de pararrayos PDC...”

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas

“...Desde 1984 formo parte del claustro de la Carrera de Ingeniería Eléctrica en la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Actualmente soy Director del Centro de Estudios Electroenergéticos de dicha Facultad y Presidente del Tribunal Nacional de Grado Científico de dicha Especialidad...

... en el anexo H de la Norma Cubana NC 1185: 2017 se acepta que tanto los pararrayos tipo Franklin como los PDC “...han adquirido su validación empírica”. ... “Cuba cuenta con 22 años de experiencia en la protección de edificaciones en todo el territorio nacional mediante PDC con resultados satisfactorios, pues no existen incidentes significativos de fallos reportados. Los datos obtenidos de estudios realizados indican la proporción de más de un 80 % de instalaciones protegidas con PDC. Se estima que, desde su introducción al país de esta tecnología hasta la fecha, existen más de 9000 estructuras protegidas con PDC...”

Jefe de grupo de Sistemas de Protección Integral de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA)

“...ETECSA tiene instalado en sitios estratégicos, pararrayos basados en PDC y pasivos, calculados para un NPR 1. Para mantener dentro del volumen de protección a grandes campos de antenas parabólicas y almacenes, normalmente utilizamos los PDC con buenos resultados y un considerable ahorro de recursos...”

Director Agencia de Protección Contra Incendios Centro Oeste

“...de conjunto con APCI, Cuerpo de Bomberos, especialistas de alto nivel en la materia, proyectistas e instaladores de empresas especializadas, así como clientes y expertos, sostuvo consultas frecuentes y retroalimentación constante durante varios años sobre lo propuesto y aprobado en cuestión en la NC 1185: 2017...”



III Convención Científica Internacional 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
La Innovación, contribuciones, desafíos y perspectivas para el Desarrollo Sostenible

(Para la elaboración de las citas y referencias los autores tienen total libertad de utilizar la norma o estilo bibliográfico que estimen apropiado. Se sugiere el uso de la norma Harvard 8va edición o la APA 6ta edición. (cada referencia debe estar ordenada alfabéticamente y numerada).