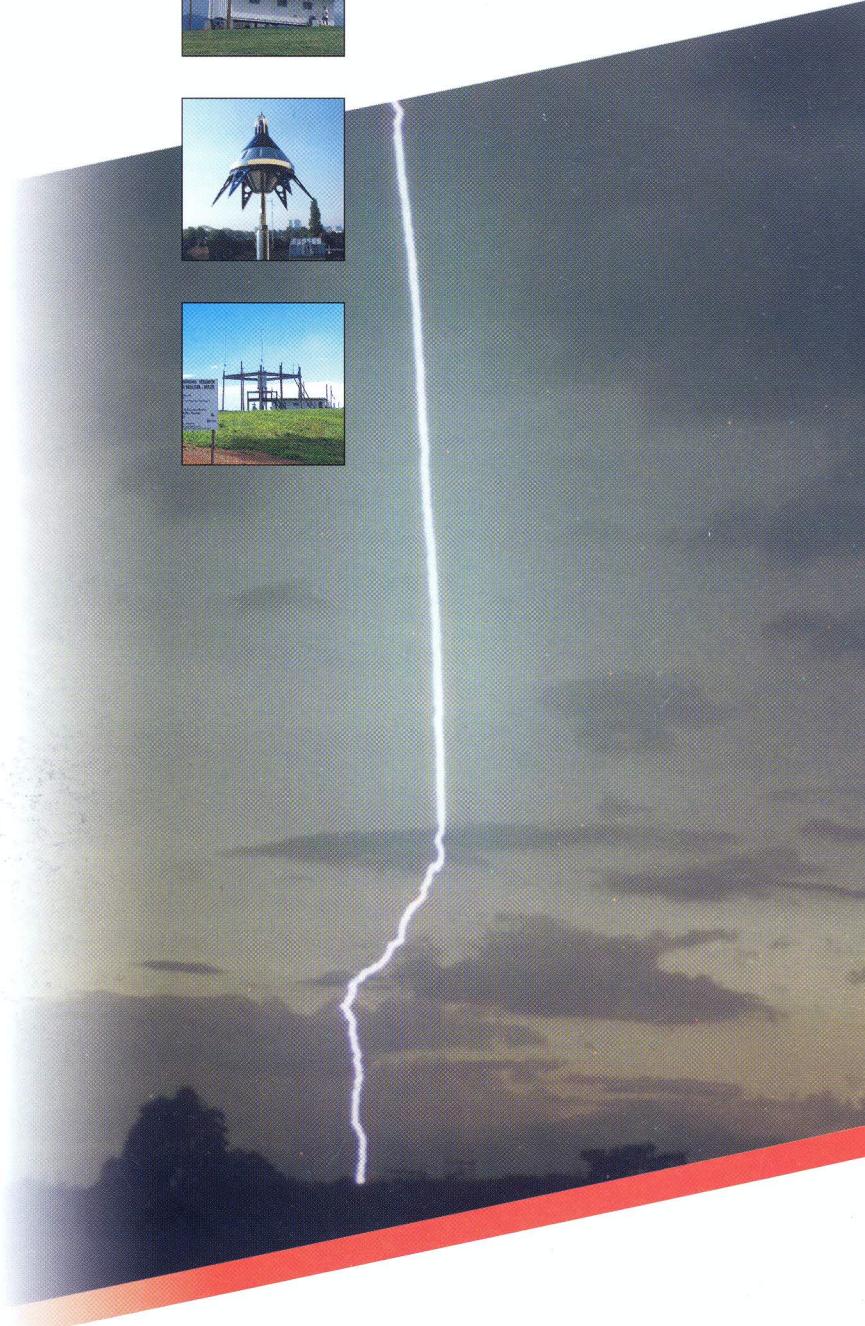




Sitio de ensayos en Brasil

Cachoeira Paulista



Objetivos de investigación

Creado en 1998, bajo la iniciativa de la sociedad INDELEC, en asociación con el INPE (Instituto de Investigación Espacial Brasilero) y en colaboración con la Universidad de Toulouse de Francia, con Hydro-Quebec de Canadá y las Universidades de Campinas y San José Dos Campos de Brasil, el sitio de estudios de Cachoeira Paulista (Estado de San Pablo, Brasil) se dedica al estudio de los rayos naturales y iniciados.

En 2001, investigadores de France Telecom y de su homólogo brasileño Telebras igualmente se unieron al sitio de Cachoeira Paulista.

Desde su origen, los equipos científicos de INDELEC han llevado a cabo un estudio comparativo de los pararrayos de punta y aquellos con dispositivo de cebado.

Una estructura instrumentada que sostiene los dispositivos a estudiar es sometida a caídas de rayos iniciados en altitud, dejando a la descarga la elección del impacto final.

Desde el comienzo de la comercialización de los pararrayos con dispositivo de cebado, a mediados de los años 80, INDELEC ha tenido la inquietud de validar *in situ* la calidad de sus productos.

Dentro de este marco, se ha establecido una estrecha colaboración técnica y científica entre INDELEC y el Comisariado Francés para la Energía Atómica (CEA) que dominaba una técnica de provocación de descarga de rayos.

Las diferentes campañas de ensayos llevadas a cabo en Florida, en Francia y luego en Brasil persiguen los objetivos de investigación siguientes:

- Validación del principio técnico de funcionamiento del PREVECTRON®2 (Iniciación en función de la evolución de la curva del campo $\Delta V/\Delta t$);
- Estudios comparativos de las descargas de un pararrayos de punta simple y del PREVECTRON®2;
- Medición de la corriente del trazador ascendente desarrollado a partir de cada tipo de punta;
- Estudio de la fiabilidad del PREVECTRON®2 sometido a impactos reales (Este tema de investigación también es estudiado en Japón en el sitio de Nadachi);
- Validación de la noción de un trazador ascendente precursor a partir de puntas PDA con respecto a una punta simple.



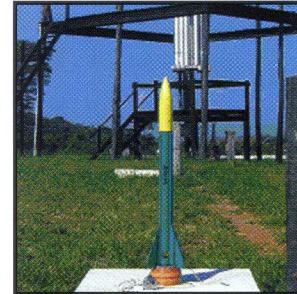
Ubicación geográfica del sitio



Plataforma de tiro y mástiles de pararrayos



Tubos de lanzamiento de cohetes



Cohete de disparo

Presentación del sitio

El sitio de Cachoeira Paulista está ubicado a medio camino entre San Pablo y Río de Janeiro, dentro de un complejo del INPE. Dada su particular situación geográfica (S 22° 41.2; W 44° 59.0; altitud 625 metros) se beneficia de condiciones tormentosas tropicales.

Dos experiencias comenzaron en 1998:

- La instalación de un sitio instrumentado de descarga de rayos naturales equipado de una punta simple afilada ($r < 1\text{mm}$), de una punta simple redondeada ($r=15\text{mm}$) y de dos PREVECTRON®2.
- Una plataforma de disparo equipada de diferentes tipos de pararrayos instrumentados. Los golpes de rayos son provocados gracias a un cohete provisto de una bobina con un hilo conductor de cobre y un aislador en kevlar.

Lanzados bajo condición de campo eléctrico favorable, estos cohetes provocan a partir de su entrada en la base de la nube tormentosa cargada eléctricamente un "cortocircuito" con el suelo. En ese momento un trazador descendente toma el cable conductor y termina su carrera hacia el suelo de una manera libre y autónoma.

Además de los tubos de lanzamiento de cohetes, la plataforma de ensayos está coronada con tres puntas de pararrayos e instrumentada para efectuar mediciones sobre corrientes débiles (trazadores ascendentes) y sobre corrientes muy importantes (golpes de rayos).

Un captador de campo está igualmente fijado sobre un mástil a la altura de las puntas captadoras.

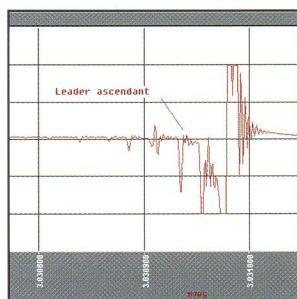
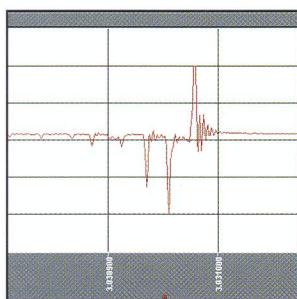
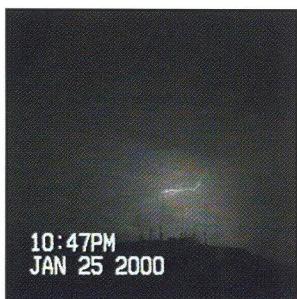
Con el fin de garantizar estas medidas y de evitar distorsiones electromagnéticas debidas a las variaciones del campo eléctrico ambiental, todos los datos son recogidos por fibra óptica.

Por último, varias cámaras vigilan y graban en video los fenómenos tormentosos naturales o iniciados.

Hydro-Quebec, en particular, equipó al sitio con cámaras de encendido automático en caso de la aparición de un fenómeno óptico (rayo) o electromagnético (bucle de inducción).

La cámara más rápida permite la filmación de 8.000 imágenes / segundo.

Resultados 1998-2003



Las filmaciones de video han permitido visualizar, por primera vez, el desarrollo de un trazador ascendente a partir de un PREVETRON®2. Mientras que en las mismas condiciones de campo, en el mismo instante, la punta simple no ha presentado ninguna actividad visible. Las iluminaciones duran, en cada uno de los casos, al menos 4 imágenes es decir más de 130 ms (30 imágenes/s). Las dos fotos, sacadas durante fenómenos tormentosos no iniciados, señalan claramente la validez de la hipótesis del desarrollo precoz del trazador del PREVETRON®2, gracias a su sistema de ionización.

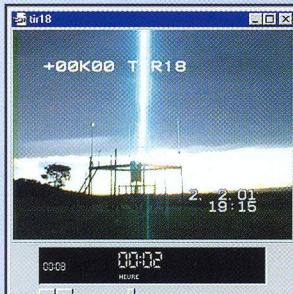
Las filmaciones de los datos también han permitido medir la aparición de corrientes precursoras en la cúspide de las puntas de los pararrayos PREVETRON®2 con respecto a la punta simple. La figura ilustra la forma y la amplitud de las señales de corriente para cada tipo de punta. Los primeros impulsos (débiles efectos corona impulsados sin propagación) aparecen simultáneamente sobre el pararrayos PREVETRON®2 y sobre la punta. Luego de esos impulsos la forma de la corriente sobre el PREVETRON®2 muestra el cebado de un líder ascendente que se propaga hasta el momento del primer arco en retorno (saturación por inducción). En cuanto a la punta simple, las coronas de amplitudes comparables muestran tentativas de cebado infructuosas.



Puesto de control y de comando



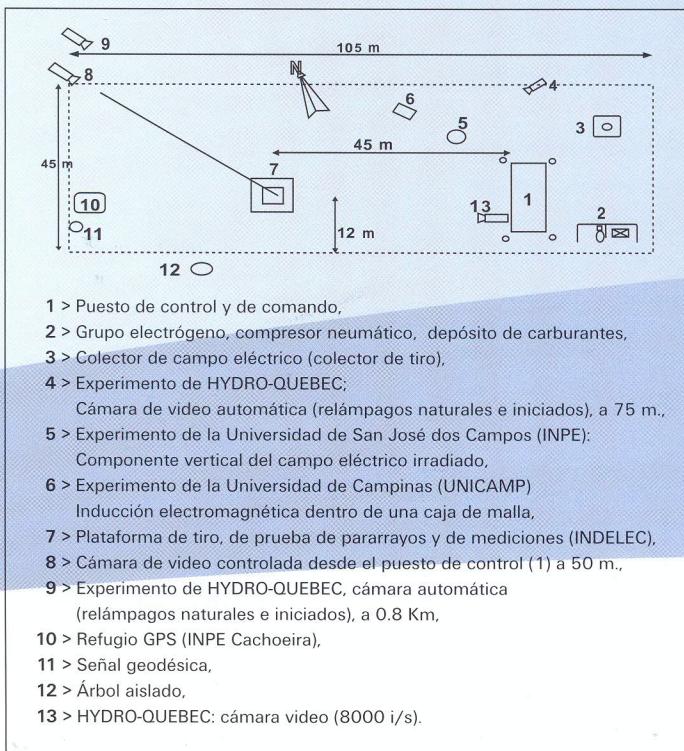
Interior del puesto de control



Tiro provocado del cohete LSR-G

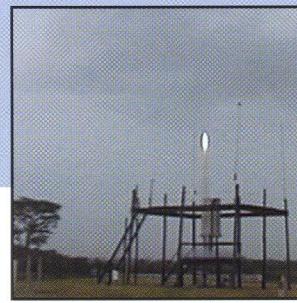


Tiro provocado del cohete LRS-A



Cohete LRS A

Velocidad: 150 m/s
Bobina de más de 800 m.
Cable conductor 700 m.
Cable no conductor (Kevlar): 100 m.





Desarrollo de dos trazadores
descendentes concurrentes
(Extracto de filmación de HYDRO-QUEBEC)



Desarrollo de un trazador
descendente conectado
(Extracto de filmación de HYDRO-QUEBEC)

Además de estas imágenes inéditas, los ensayos en condiciones reales de descarga de rayos han permitido obtener los siguientes resultados:

A

El principio original del funcionamiento del PREVECTRON®2 pudo ser verificado y continúa de acuerdo con los resultados obtenidos previamente, tanto en Camp Blanding de Florida, como en Saint Privat D'Allier de Francia: El sistema de ionización del PREVECTRON®2 funciona en tiempo real, luego de que ha sido detectada una brusca elevación del campo eléctrico (sinónimo del trazador descendente) por el pararrayos.

B

Los datos recolectados luego de los tiros provocados ilustran la resistencia del pararrayos PREVECTRON®2 soportando descargas repetidas de gran intensidad: El valor de la corriente media de una descarga de rayos provocada en Cachoeira Paulista es de 27 kA (13,5 kA solamente en Florida luego de las campañas de ensayos realizadas en Camp Blanding en 1993/1994) con una media de 6 arcos en retorno (superiores a 3 kA).

C

Por último, datos valiosos sobre los fenómenos tormentosos en medios tropicales son recolectados por los científicos durante cada campaña, mientras que los socios de INDELEC continúan sus propias investigaciones (cf. estudios de perturbaciones electromagnéticas sobre líneas de telecomunicaciones aéreas). De esta manera, las filmaciones realizadas con una cámara rápida permitieron a los investigadores recolectar informaciones e imágenes inéditas de las diferentes fases del desarrollo de un rayo (cf. fotos de trazadores descendentes extraídos de filmaciones video).

Conclusión

El sitio de Cachoeira Paulista en Brasil permite a INDELEC de continuar con su política de pruebas en condiciones reales de descargas de rayos, iniciada en Florida en 1993. En efecto, estas campañas se revelan particularmente fructíferas, tanto en términos de investigación fundamental como de investigación aplicada:

- El fenómeno de los rayos implica, aún en nuestros días, numerosas incertidumbres que agitan a la comunidad científica. INDELEC aporta regularmente nuevos datos recogidos durante estas campañas de ensayos participando de este modo a los esfuerzos de comprensión de los fenómenos tormentosos.
- Por otro lado, estas campañas de ensayos son utilizadas dentro del cuadro de la política de innovación y de evolución de la gama. Ellos permiten determinar y validar, en condiciones reales las evoluciones del pararrayos PREVECTRON®2 y de sus accesorios.

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO

A N P A S A

ANDAMIOS Y PARARRAYOS, S.A. DE C.V.

CONSTITUYENTES No. 1060 COL. LOMAS ALTAS

MEXICO, D.F. C.P. 11950

TEL. 52594104 FAX.52592775