

# EL DATO DEL RAYO Y SUS APLICACIONES EN EL MUNDO INDUSTRIAL

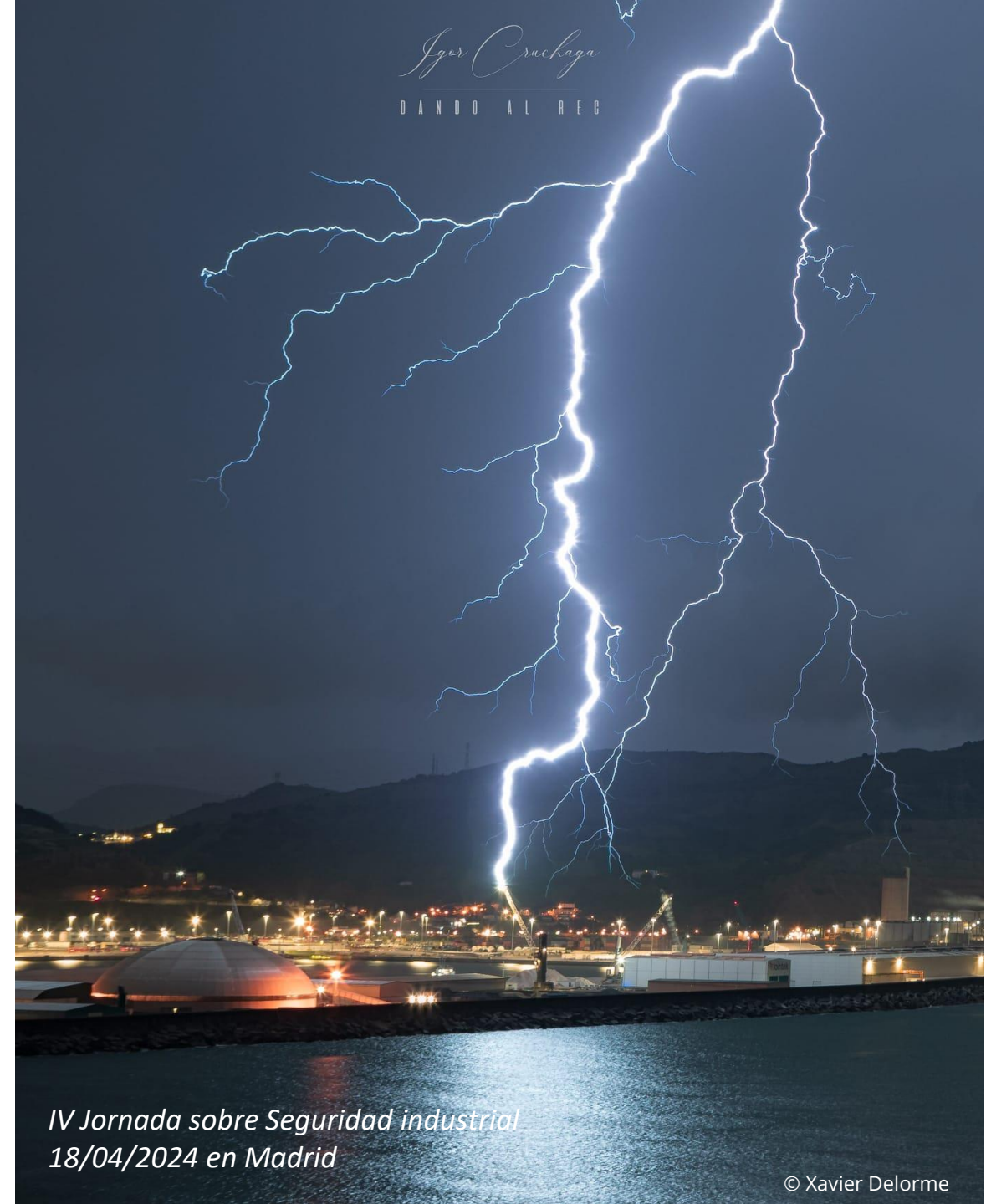
Ponentes  METEORAGE



**Carine Escarain**  
Responsable comercial  
Europa del Sur  
ce@meteorage.com



**Stéphane Pedeboy**  
Jefe departamento técnico  
sp@meteorage.com



*Igor Cruchaga*

DANDO AL REG

# QUIÉNES SOMOS



Desde 1987,  
**más de 35 años de experiencia**  
en Europa  
y a nivel global,

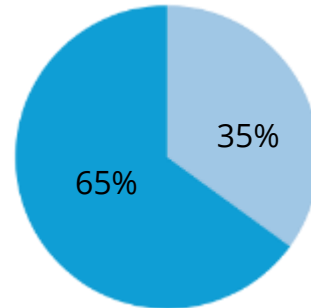
Con  
**la red de detección  
del rayo de referencia  
en Europa**  
y sus servicios asociados,

Dotado de una  
**tecnología de vanguardia**  
y apoyado por  
una I+D importante,

Con una competencia con  
los datos de rayos  
**reconocida  
científicamente,**

Y basado en cinco valores:

**Innovación, Sentido del Servicio, Excelencia,  
Compromiso y Amabilidad.**



# CÓMO DETECTAMOS LOS RAYOS

**Nuestra red de METEORAGE**, con más de 130 sensores situados estratégicamente y supervisados 24/7 por nuestros equipos internos, **garantiza una cobertura óptima de nuestra zona de Europa.**

## Sensor de METEORAGE

LS 7002 Vaisala

Equipado con 2 antenas magnéticas, 1 antena eléctrica, 1 reloj de precisión y 1 GPS. Alimentación por red eléctrica o alimentación autónoma en zonas aisladas (panel solar).

Cobertura de un radio de hasta 650 km.

Instalación en el suelo en una zona libre de bajas frecuencias molestas y seleccionada a partir de mediciones precisas realizadas por nuestro equipo.



## La señal detectada:

- Se envía a nuestro procesador central (TLP) por conexión GSM (4G/LTE),
- A continuación, se trata con un calculador de posición con una triangulación desde dos sensores.

En promedio, más de 8 sensores participan en la localización de un impacto de rayo, para garantizar una incidencia limitada en caso de avería de un sensor.

\* Un rayo:

- Es un conjunto de descargas de corriente detectadas en LF y de impulsos eléctricos detectados en VHF de un rayo.
- Puede aparecer en una nube (IC), entre nubes (CC) o entre una nube y el suelo (CG).
- Puede estar compuesto por un arco o por varios.

# Red de METEORAGE Europa

Precisión de localización

**100 m**

Eficacia de la detección

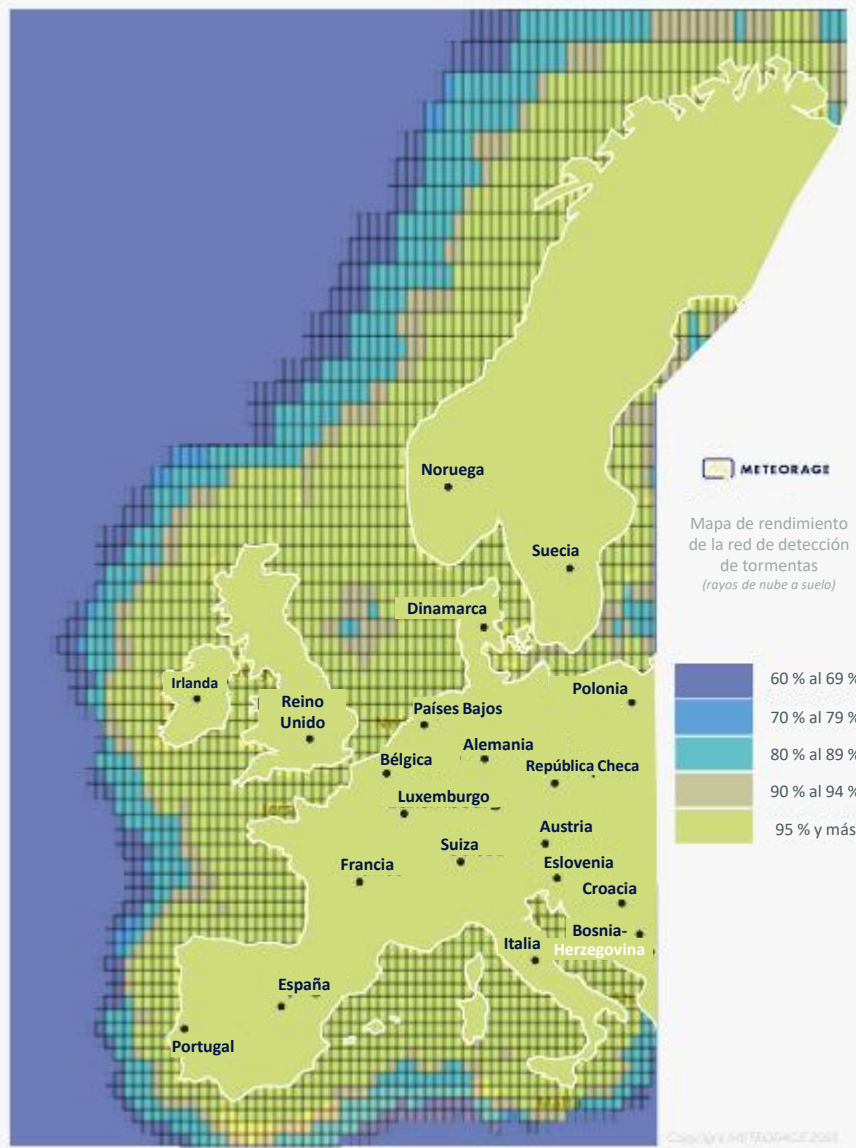
**>98 %**

Datos de

**alta resolución**

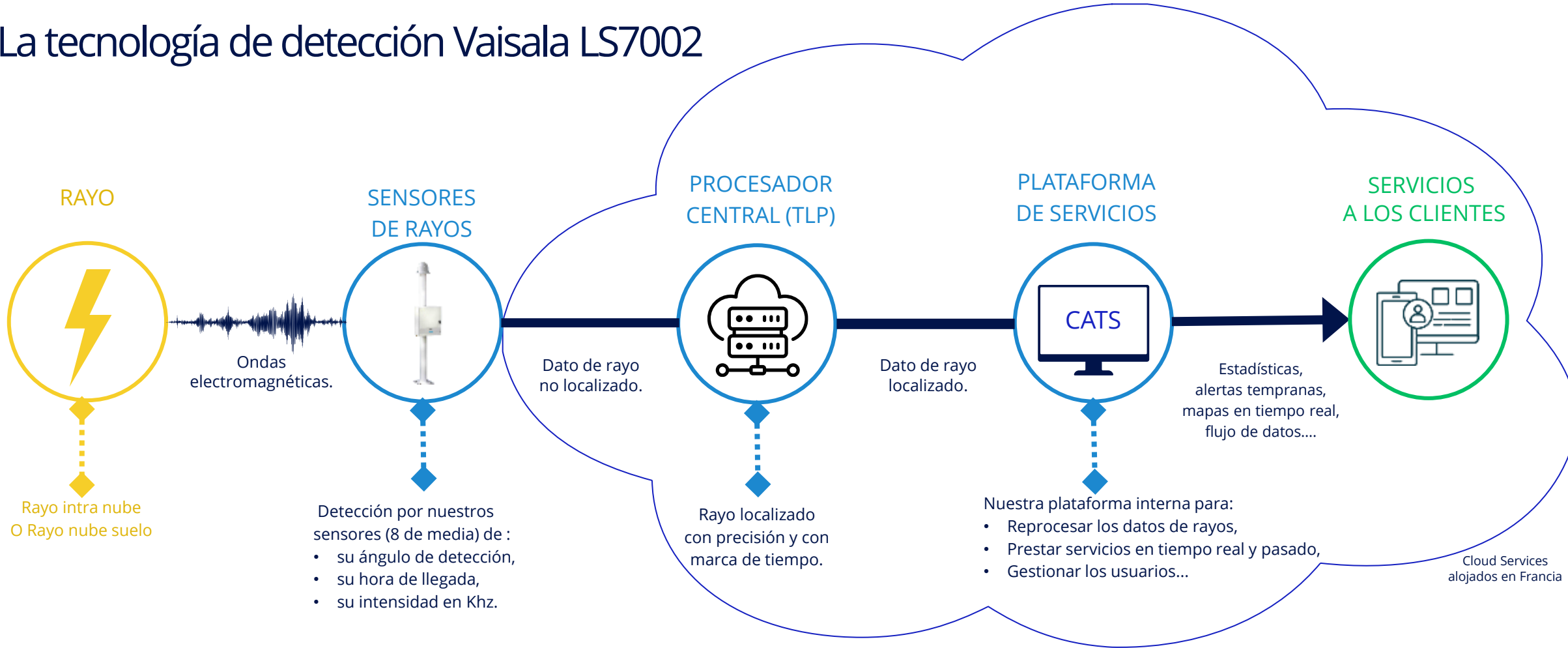
Red

**densa y homogénea**



# LA RED METEORAGE

## La tecnología de detección Vaisala LS7002



DEL RAYO EN EL CIELO AL SERVICIO: 11 SEGUNDOS

# EL DATO DEL RAYO

## Del cumulonimbus al rayo



¡Son las nubes más grandes que existen del cielo!

Son nubes de desarrollo vertical que pueden alcanzar altitudes de 10km y que originan las tormentas más intensas con fuertes chubascos, rachas de viento muy fuertes y en ocasiones, granizo. Se caracterizan por sus protuberancias en forma de coliflor que empieza a desaparecer y da lugar a esta típica forma de yunque en los cumulonimbos más desarrollados.



- **616,700 rayos nube suelo por España en 2023** (media 2014-2023: 410,000)
- **255 días de tormenta** (media 2014-2023: 242)
- TOP 3 CCAA 2023 (densidad de rayos): Navarra/ La Rioja/ País Vasco
- Intensidad media flash -CG: -11,7kA / flash +CG: 33,2kA

# EL DATO DEL RAYO

## Estructura del rayo nube suelo

- Un rayo nube suelo puede desencadenar **un o varios canales ionizados** que conectan la nube a la tierra
- El termine de este canal se llama « **punto de contacto** »
- Un canal abarca un o varias impulsos de corriente llamados « **arcos de retorno** »
- El primer arco de retorno en un rayo nube caracteriza el « **flash** »

## La normativa IEC 62858 como referencia

*Densidad del rayo basada en los sistemas de localización de rayos.*

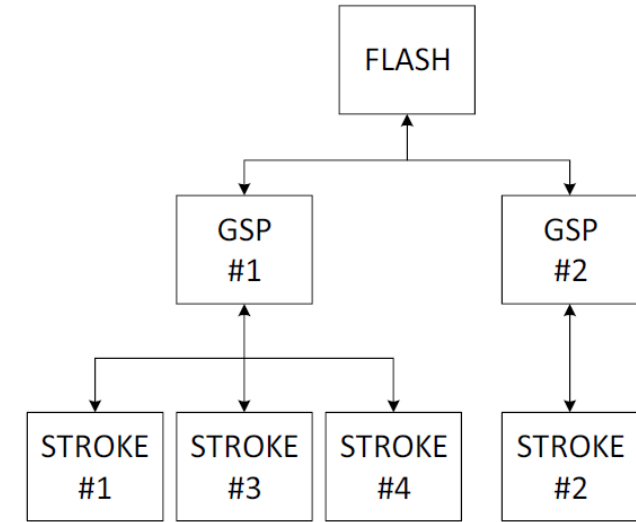
Dicha normativa establece recomendaciones sobre las prestaciones mínimas datos de observación, así como los principios generales que garantizan un cálculo fiable de la densidad de rayos. METEORAGE cumple plenamente la norma.

**La densidad de rayos se define como el número de rayos nube suelo/ km<sup>2</sup>/ año**

### Estadísticas España 2014-2023

<b>Ng</b>	Densidad de flashes (valor de referencia hasta 2017)	0,8120 flashes CG/ km <sup>2</sup> / año
<b>Nsg</b>	Densidad de puntos de contacto (valor de referencia actual)	1,2 puntos de contacto/ km <sup>2</sup> / año

**Ejemplo: el rayo está compuesto de 2 puntos de contacto y 4 arcos de retorno**



GSP = Punto de contacto  
Stroke = Arco de retorno



# LAS APLICACIONES EN EL MUNDO INDUSTRIAL

## Beneficios económicos de recurrir a servicios de prevención

Una quesería calculó el ahorro en consumo de generadores en comparación con su funcionamiento anterior: **¡6,000€ al año!**

Una planta automóvil registra un ahorro de **700€ por hora** gracias a la optimización de las paradas.

Una fábrica de metalurgia afirma haber evitado una media de 4 micro paradas al año, que solían alcanzar **25,000€ anuales** en roturas de material. Al reducir la velocidad de los trenes de laminación en caso de tormenta, también se limita el riesgo de incidentes graves en caso de parada repentina a gran velocidad.

Un fabricante de papel y una planta de componentes eléctricos informan de que han limitado sus operaciones de mantenimiento, las paradas de producción y los tiempos de reinicio, **ahorrando varios miles de euros al año.**



# LAS APLICACIONES EN EL MUNDO INDUSTRIAL

## La primera etapa es conocer su nivel de riesgo en el marco de un análisis de riesgos

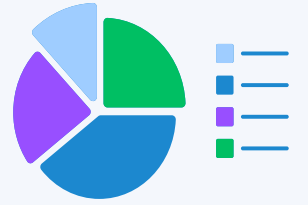
Ahora es posible medir el riesgo en un punto geográfico determinado y compararlo con otros puntos.

Un análisis detallado permite contestar a las preguntas siguientes:

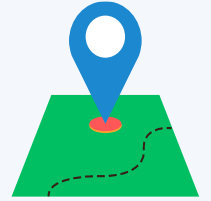
- ¿Cuales son las CCAA/ provincias más afectadas por las tormentas?
- Yo vivo en Madrid. ¿Cual es la clasificación de este municipio en España?

La agregación de distintos indicadores permite caracterizar el riesgo en función de:

- La densidad de rayos (Nsg/ Ng)
- El número de días de tormenta eléctrica
- La amplitud media en kiloamperio
- El reparto estacional/ horario de los rayos...



Datos de rayos  
por industria o zona



Gráficos/ mapas

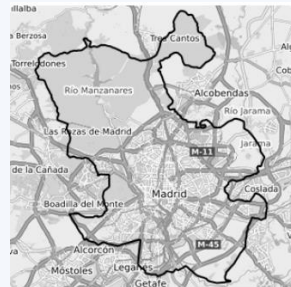


Estudio de análisis de riesgo  
de rayos a medida

### TOP 10 COMUNIDADES AUTÓNOMAS CON MAYOR ÍNDICE DE IMPACTOS DE RAYOS EN 2023

#### Clasificación con densidad de rayos nube-suelo (CG) por km<sup>2</sup>/año

1	NAVARRA	3,4777
2	LA RIOJA	2,3776
3	PAÍS VASCO	2,2021
4	MURCIA	2,0458
5	ARAGÓN	1,9891
6	VALENCIANA	1,8138
7	MADRID	1,6455
8	CATALUNYA	1,5198
9	CASTILLA-LA MANCHA	1,4634
10	CASTILLA Y LEÓN	1,0471



Municipio :  
MADRID (20242802)  
Zona :  
605.02 km<sup>2</sup>  
Periodo del análisis :  
1 enero 2014 - 31 diciembre 2023  
Criterios de ordenación :  
Densidad de rayos de nube a suelo

- Número de rayos de nube a suelo: 5,038
- Densidad de rayos: 0,8328 nube suelo/km<sup>2</sup>/año
- Número de días de tormenta: 27 días/ año
- Clasificación: 3,752/ 8,100 municipios

# LAS APLICACIONES EN EL MUNDO INDUSTRIAL

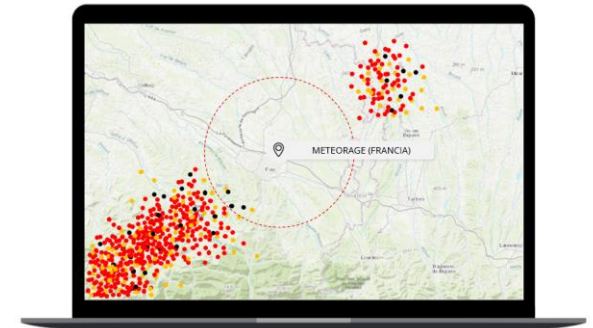
## La alerta temprana para poner en marcha protocolos de seguridad

Permite la optimización de los períodos de interrupción de actividad definiendo una serie de parámetros de activación y desactivación de la alarma personalizados y adecuados a las prácticas y planes de actividad de la industria.

### La normativa IEC 62793 como referencia *Sistemas de aviso de tormentas. Protección contra el rayo.*

La última edición de la norma abarca indicadores clave como son:

- La probabilidad de detección de una tormenta (POD) antes de que un rayo impacte en el punto o la tasa de alarmas deficientes (FTWR).
- El porcentaje de alarmas ofrecidas con suficiente preaviso (PODx') como para permitir que el usuario se ponga a salvo.



*Zona de vigilancia personalizada en función del histórico de rayos en la zona y configuración adecuada. **NO FALSAS ALARMAS.***



- **Puesta en marcha de un protocolo de seguridad lo antes posible:** aviso a los trabajadores en el campo, parada de trabajos eléctricos/ trabajos en altura, monitoreo de la producción, vigilancia de equipos electrónicos/ atmósferas explosivas...
- **Tiempo de parada de las operaciones minimizado** gracias al mensaje de fin de alerta.

MÉTÉORAGE

#### ESTUDIO DE EFICACIA DE UN SERVICIO DE AVISO DE TORMENTAS (TWS)

Conforme a los métodos descritos según la normativa internacional IEC 62793

Nombre del cliente: **ERCROS Aranjuez**

Sistema evaluado: **Alarma de rayos**

Periodo: **2016-2022**

Coordenadas del punto: **40,6241 / -3,6216**



En rojo, la zona de 2km circundante de la planta. En verde, la zona de vigilancia de 15km

#### PROTOCOLO VISUAL: EVALUACIÓN POSIBLE RIESGO DE IMPACTO DE RAYOS

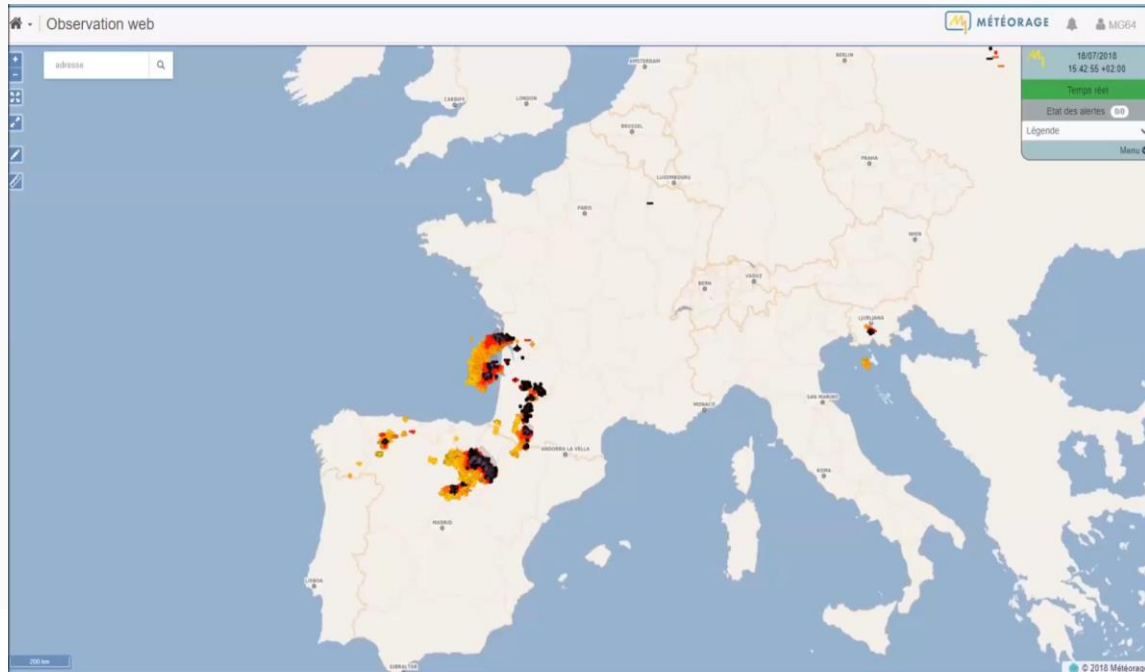
##### 1.- VIGILANCIA DE LOS RAYOS

El objetivo del presente protocolo es dar las indicaciones y avisos necesarios para que todo el personal de ERCROS División de Farmacia tenga el conocimiento preciso para prevenir y garantizar la seguridad de las personas y la operatividad de las instalaciones en caso del riesgo de tormentas e impacto de rayos.

MÉTÉORAGE

# LAS APLICACIONES EN EL MUNDO INDUSTRIAL

## Los mapas en tiempo real como herramienta adicional a la toma de decisiones



- Evaluar la extensión o gravedad de una tormenta eléctrica (rayos y fenómenos asociados) sobre sus infraestructuras (posibilidad de integrar datos)
- Estimar el movimiento de la tormenta y anticipar su evolución hasta 1 hora
- Optimizar la toma de decisiones decisión y medidas preventivas



# LAS APLICACIONES EN EL MUNDO INDUSTRIAL

## Los informes forenses tras la tormenta

Tras una tormenta, es relevante comprobar los dispositivos de protección contra el rayo y llevar a cabo mantenimiento preventivo



**Período del análisis** : 09/09/2021 00:00:00 a 09/09/2021 23:59:59 Europe/Madrid  
**Radio** : 5 km  
**Sitio** : Punta Ceballos Kalea, 8, 48508 Zierbena, Bizkaia  
**Posición del centro** : Latitud = 43.3592 deg N, Longitud = 3.093 deg W  
**Resultado** : 7 impactos  
*Fechas expresadas en formato dd/mm/aaaa hh:mm:ss.*

id	fecha ↓↑	lat.	long.	amp.	dist.
1	09/09/2021 20:37:57	43.3950	-3.1269	-10.6	4.8
2	09/09/2021 20:57:47	43.3616	-3.0601	-12.8	2.7
3	09/09/2021 21:14:39	43.3623	-3.0379	-16.9	4.5
4	09/09/2021 21:14:39	43.3593	-3.0470	-8.2	3.7
5	09/09/2021 21:19:50	43.3670	-3.0447	-85.5	4.0
6	09/09/2021 21:19:50	43.3694	-3.0455	-44.9	4.0
7	09/09/2021 21:19:50	43.3677	-3.0444	-4.3	4.0

Mapa interactivo y listado de los rayos detectados con sus características (PDF/ KMZ/ CSV)

# INFORMACIÓN ADICIONAL

- [Balance de monitoreo de tormentas en Europa \(España\)](#)
- Programa de ciencia Órbita Laika: [“Cabalgando la tormenta”](#) (RTVE, 10/2023)
- [Terminología](#)
- [Notas técnicas](#)
- [Publicación en La Météorologie: Análisis de 10 años de accidentología humana por los rayos en Francia y en Europa - 2022](#)

Resumen: En los últimos diez años se ha llevado a cabo un estudio de 215 accidentes de rayos en humanos en 20 países de Europa.

Cerca de 3 de cada 5 víctimas realizaba actividades de esparcimiento y 1 de cada 5 se encontraba en el ámbito profesional. Se estudiaron a fondo los 56 casos franceses. Los resultados del estudio de su previsibilidad muestran que la mayoría de las tormentas que causaron accidentes pueden preverse, y muy raramente son repentinas o imprevisibles.

Por otra parte, la causa de ello son, en su mayoría, las tormentas con una intensidad de baja a moderada y un desplazamiento relativamente lento. Así, la abrumadora mayoría de las situaciones se produjo por vigilancia de color amarillo. Con el fin de reducir el riesgo de manera eficaz, es necesario evaluar el peligro real, incluso en caso de vigilancia de primer nivel, y aplicar comportamientos adaptados para reducir el riesgo durante una tormenta.

# ANEXOS



METEORAGE



# QUIÉNES SOMOS

# NUESTRA MISIÓN

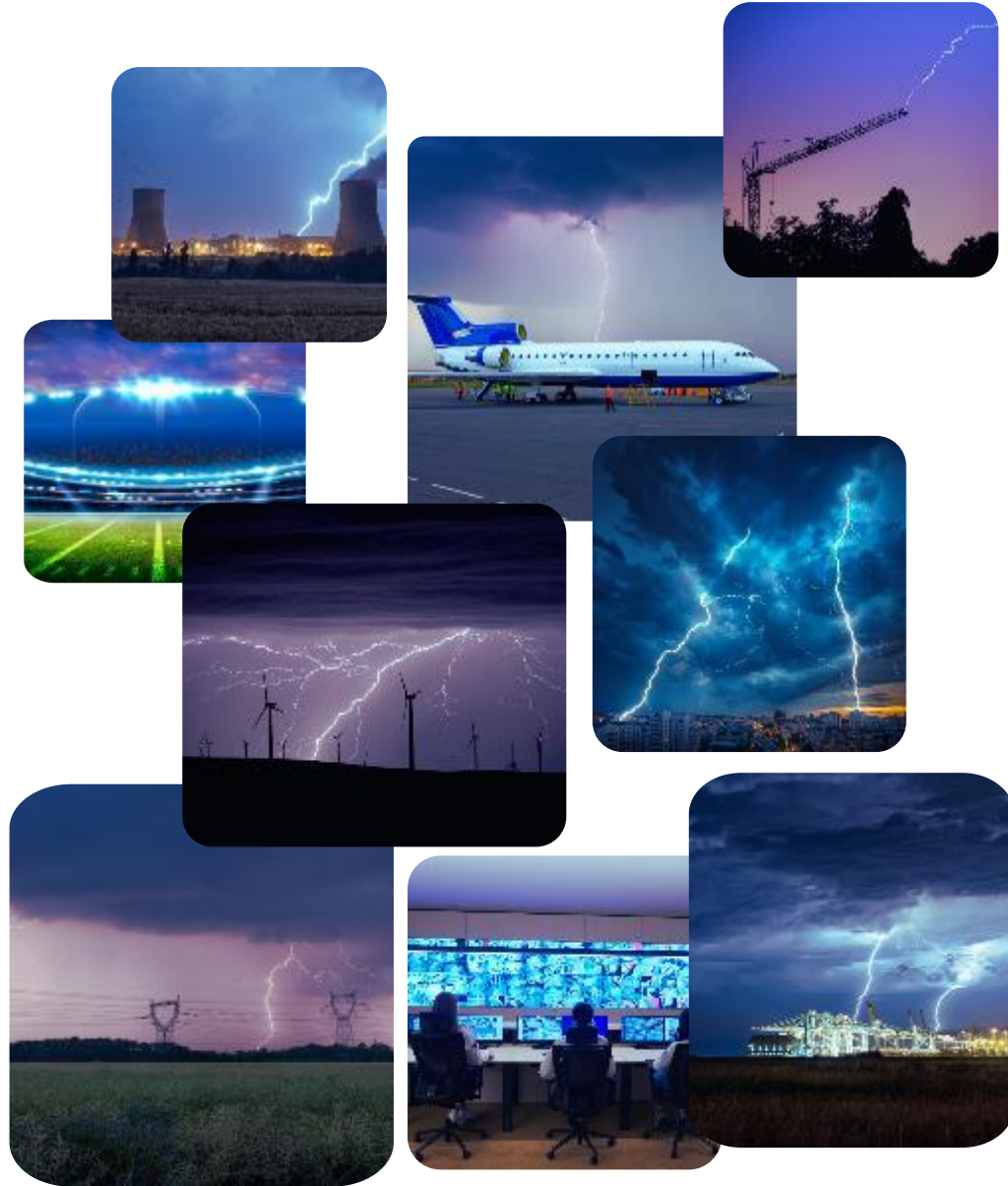
Salvar vidas y bienes  
al prevenir los peligros causados por los rayos y las tormentas.

**Al servicio  
de su gestión de riesgos con:**

1. **Servicios de apoyo  
a la toma de  
decisiones,**  
adaptados a su actividad  
y ubicación,

2. **Colaboradores  
comprometidos con**  
nuestros usuarios  
y la colectividad,

3. Una **calidad de servicio**  
garantizada por nuestros equipos  
24 horas al día.





# NUESTRA PARTICIPACIÓN

En los  
**trabajos de  
investigación  
técnica y  
científica**

## Conferencias internacionales



VDE Blitzschutztagung (Alemania)



AEE (España)



## Últimas publicaciones oficiales

- [“Thunderstorm warning systems in developing countries” \(ICLEASM\)](#)
- [“Analysis of 10 years of human related accidents due to lightning over France and Europe” \(La Météorologie\)](#)
- [“Electromagnetic power of lightning superbolts from Earth to space “ \(Nature Communications\)](#)

[+ info](#)

## Otros proyectos



Centro Nacional de Estudios Espaciales (Francia)



Centro Nacional de Investigación Científica (Francia)



Laboratorio de Aerología (Francia)



Centro Francés de Investigaciones Aeroespaciales

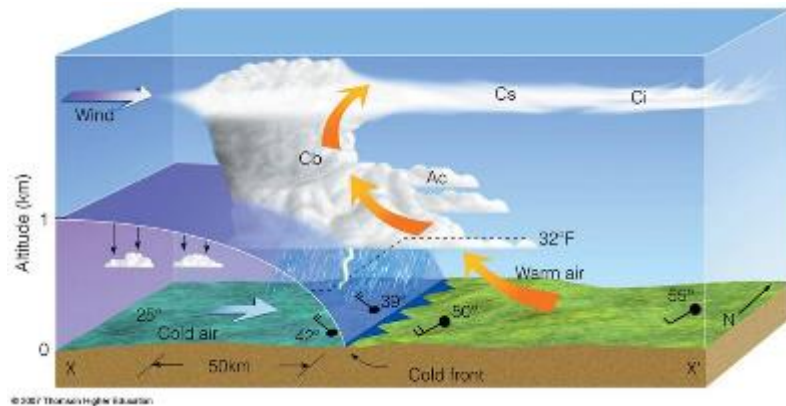
# 2

## EL DATO DEL RAYO

# MECANISMOS DE FORMACIÓN DE LOS RAYOS

## La formación de las tormentas

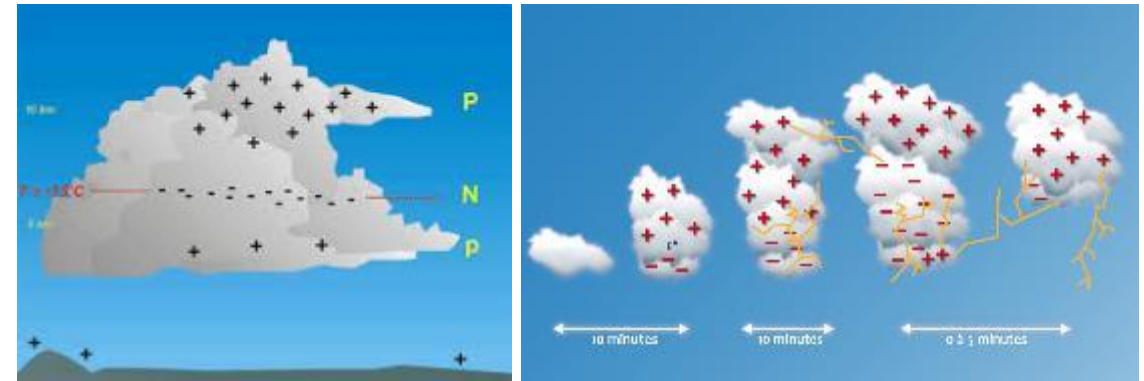
Para que se produzca una tormenta es preciso que existan masas de aire de **diferente temperatura y humedad**



- El aire caliente y húmedo tiende a ascender a la atmósfera (**convección**)
- Al hacerlo, se enfría dando lugar a la formación de agua y, posteriormente, de hielo (**condensación**)
- Estas transformaciones generan cargas eléctricas (**electrificación**)

## La formación de los rayos

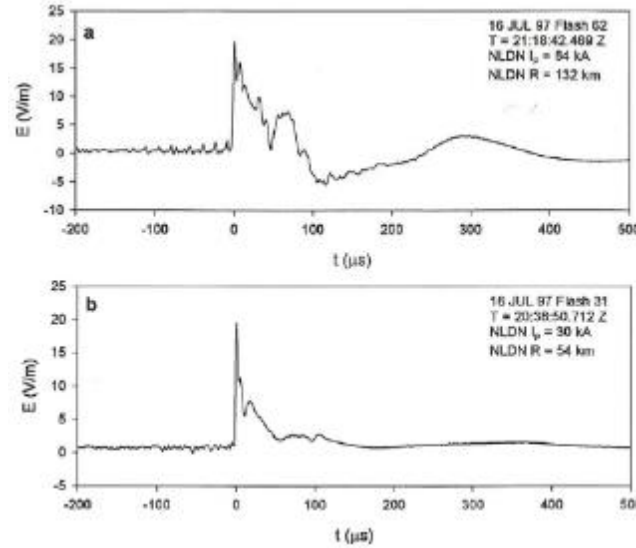
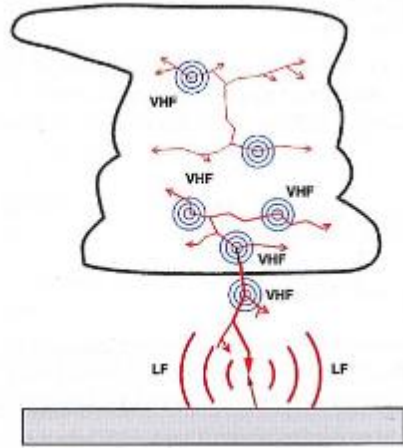
Para que se produzca un rayo, es necesario que exista un campo eléctrico lo suficientemente intenso como para que el aire se convierta en conductor



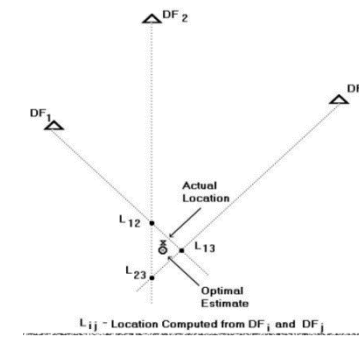
- La condensación produce **iones positivos y negativos**
- Las cargas eléctricas se distribuyen en 3 **niveles superpuestos**.
- Entre estas capas surge un campo eléctrico que va aumentando hasta hacer '**restallar**' el aire
- Las corrientes eléctricas que circulan por los canales ionizados emiten **señales radioeléctricas**

# TÉCNICAS DE DETECCIÓN

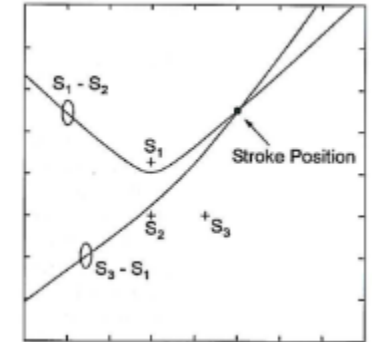
## Radio electrical signatures



## Lightning locating techniques

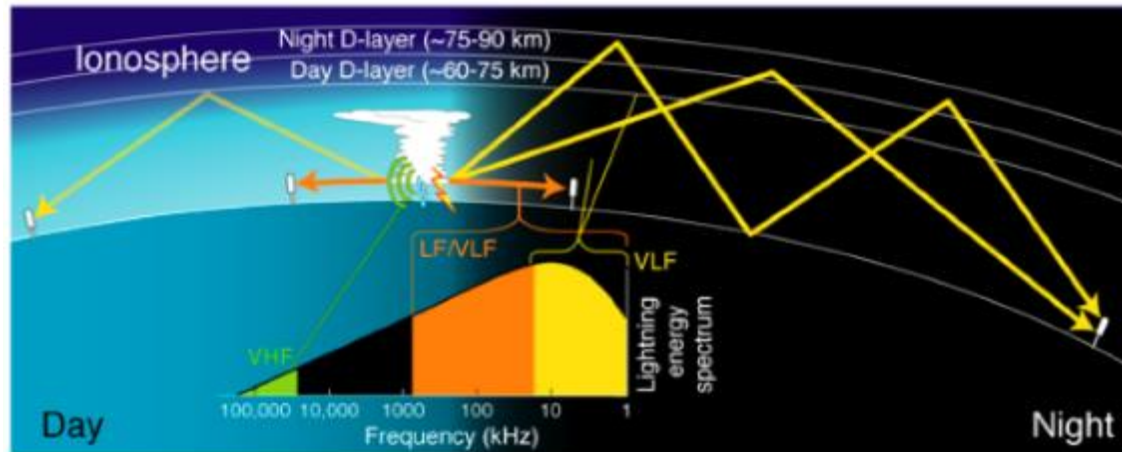


Direction finding



Difference of time of arrival

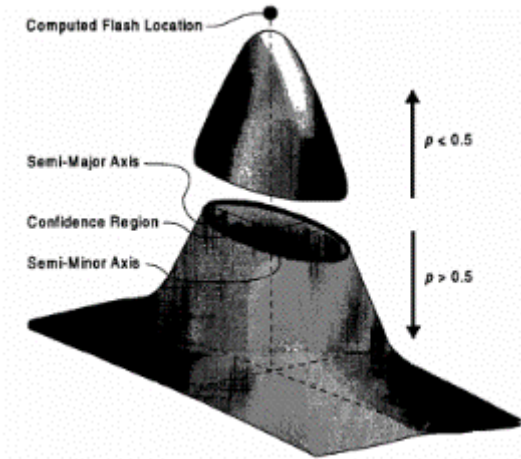
## Electromagnetic signals propagation



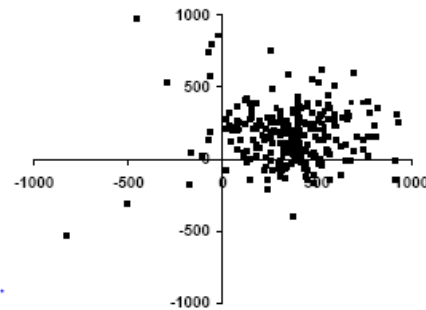
IMProved Accuracy by Combined Technology (IMPACT)

# TÉCNICAS DE DETECCIÓN

- Standsfield (1947), demonstrated that it is possible to estimate the **residual lightning location errors** based on a given **probability** with an **ellipsis**
  - The  $\frac{1}{2}$  **major** axis representing the **maximum** theoretical error
  - The  $\frac{1}{2}$  **minor** axis representing the **minimum** theoretical error
  - The **angle** representing the direction of the maximal error
- To be applicable, the following conditions must be fulfilled:
  - The errors distribution is Gaussian
  - The systematic errors are corrected

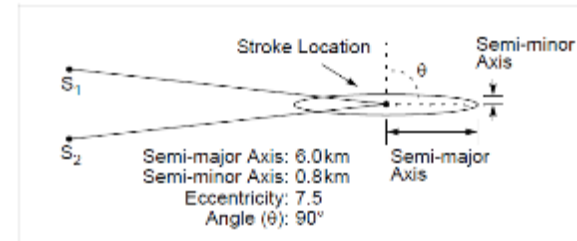


## Systematic and residual errors

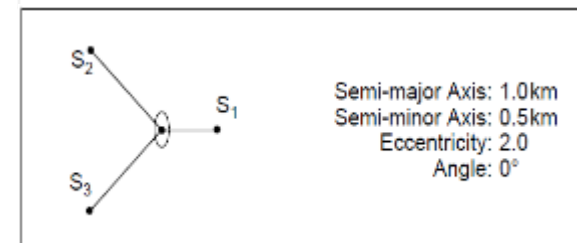


## How to interpret ?

Non accurate location



Accurate location



# NUESTROS DATOS DETECTADOS en Europa

Red 

Cobertura  
Alemania, Bélgica, Dinamarca, España,  
Francia, Irlanda,  
Italia, Luxemburgo, Noruega,  
Países Bajos, Portugal, Reino Unido,  
Suecia y Suiza.

Eficacia de la detección de rayos >98 %


Precisión de localización 100 metros

## Tipos de rayos detectados

Rayos de nube a suelo (CG) e intranube (IC/CC) ✓

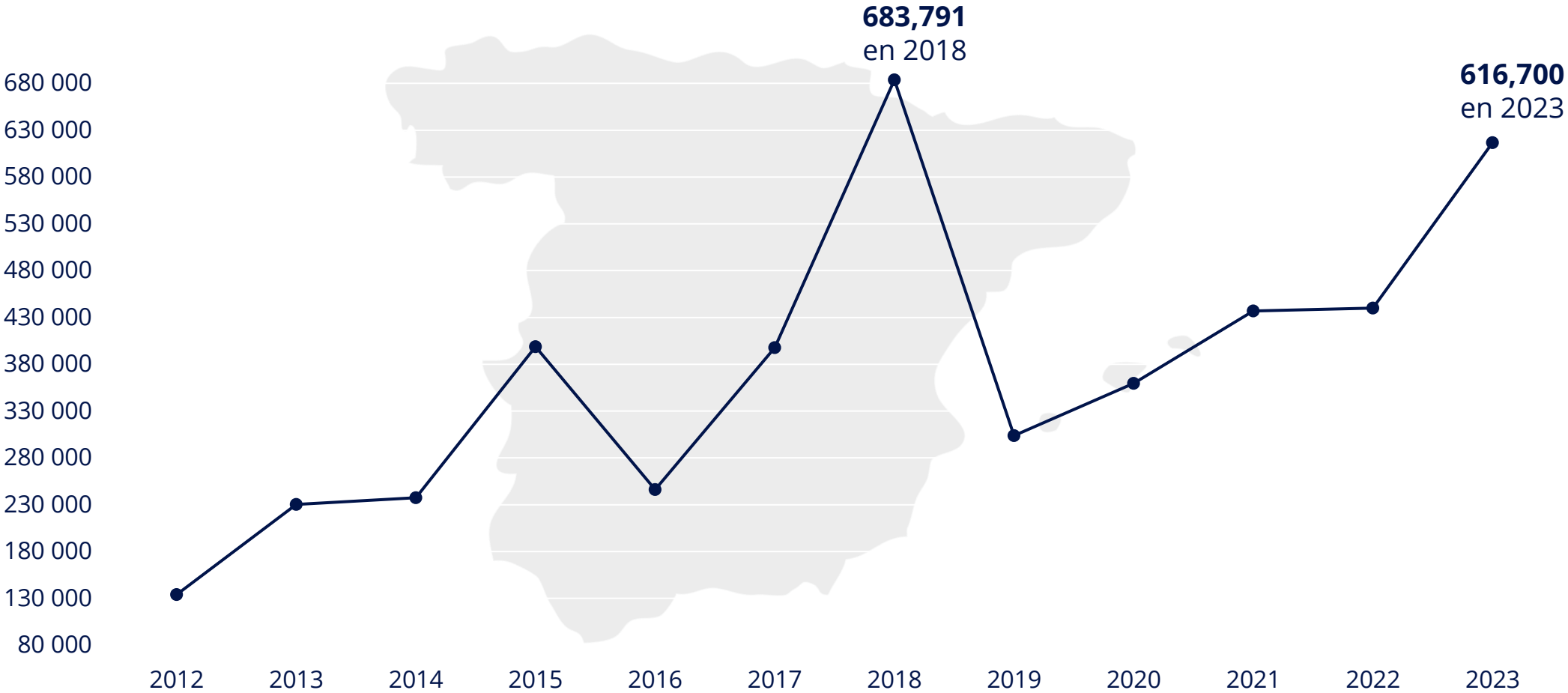
Punto de contacto con el suelo ✓

Flash (primer arco) ✓

 Medición de la corriente de los rayos (intensidad en kA) y polaridad de los impactos (positiva/negativa) ✓



# CIFRAS RAYOS NUBE SUELO EN ESPAÑA



# MUCHAS GRACIAS



+ 33 (0) 5 59 80 77 30  
[commercial@meteorage.com](mailto:commercial@meteorage.com)  
[www.meteorage.com](http://www.meteorage.com)