Keraunos
science of lightning

Aplicación de Data Analytics en el estudio de fallas causadas por descargas eléctricas atmosféricas en sistemas distribución y transmisión de energía

DANIEL ARANGUREN
I.E. MSc. PhD.

DATA ANALYTICS Y BLOCKCHAIN
Medellín, 3 de agosto de 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

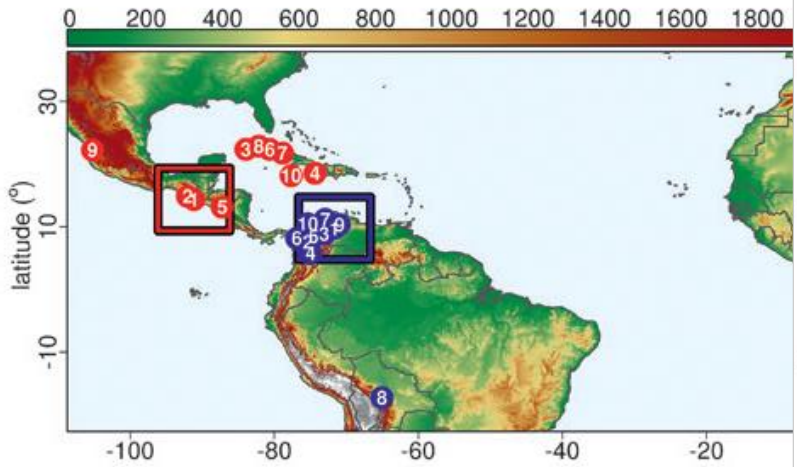
paas un

CONTENIDO

1. Introducción
2. El problema
3. Big Data
4. Objetivo
5. Data Analytics
6. Science of lightning

Albrecht et al. (NASA, 2016):

- **3 de los 11 lugares de mayor conce**
  Colombia.
- **7 de los 10 lugares de mayor conce**
  Colombia.



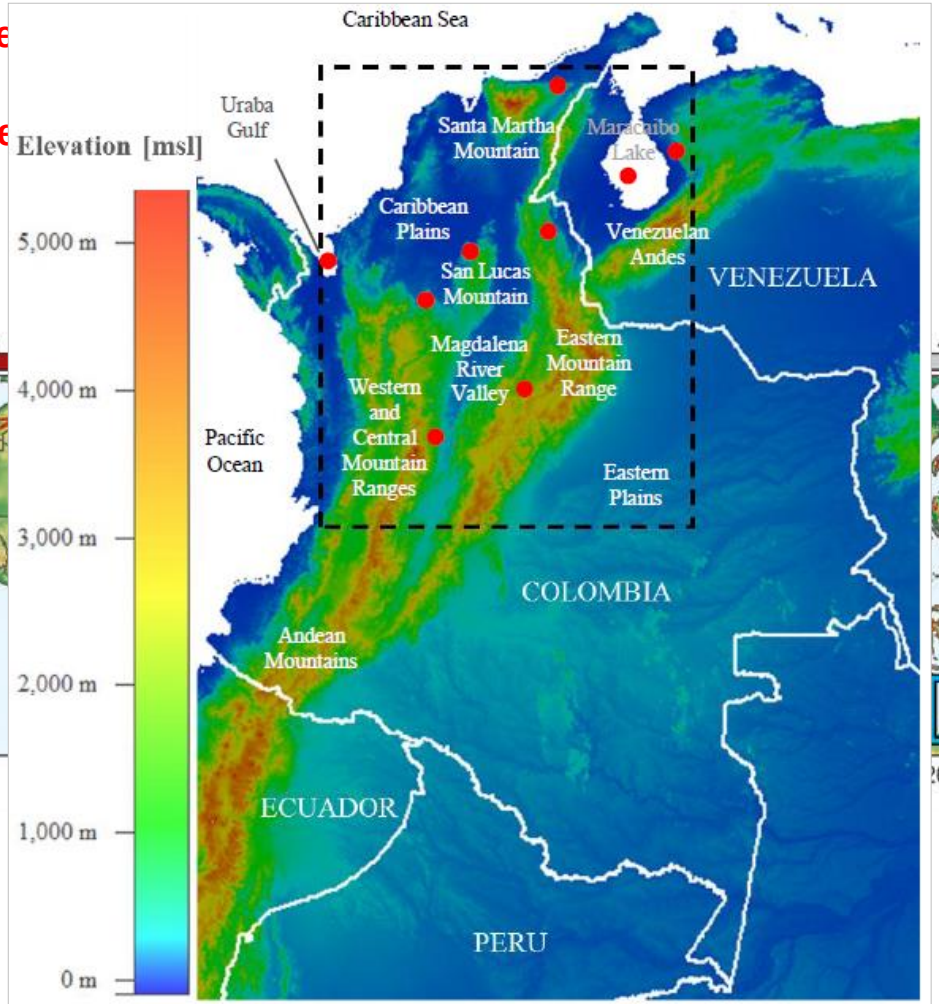
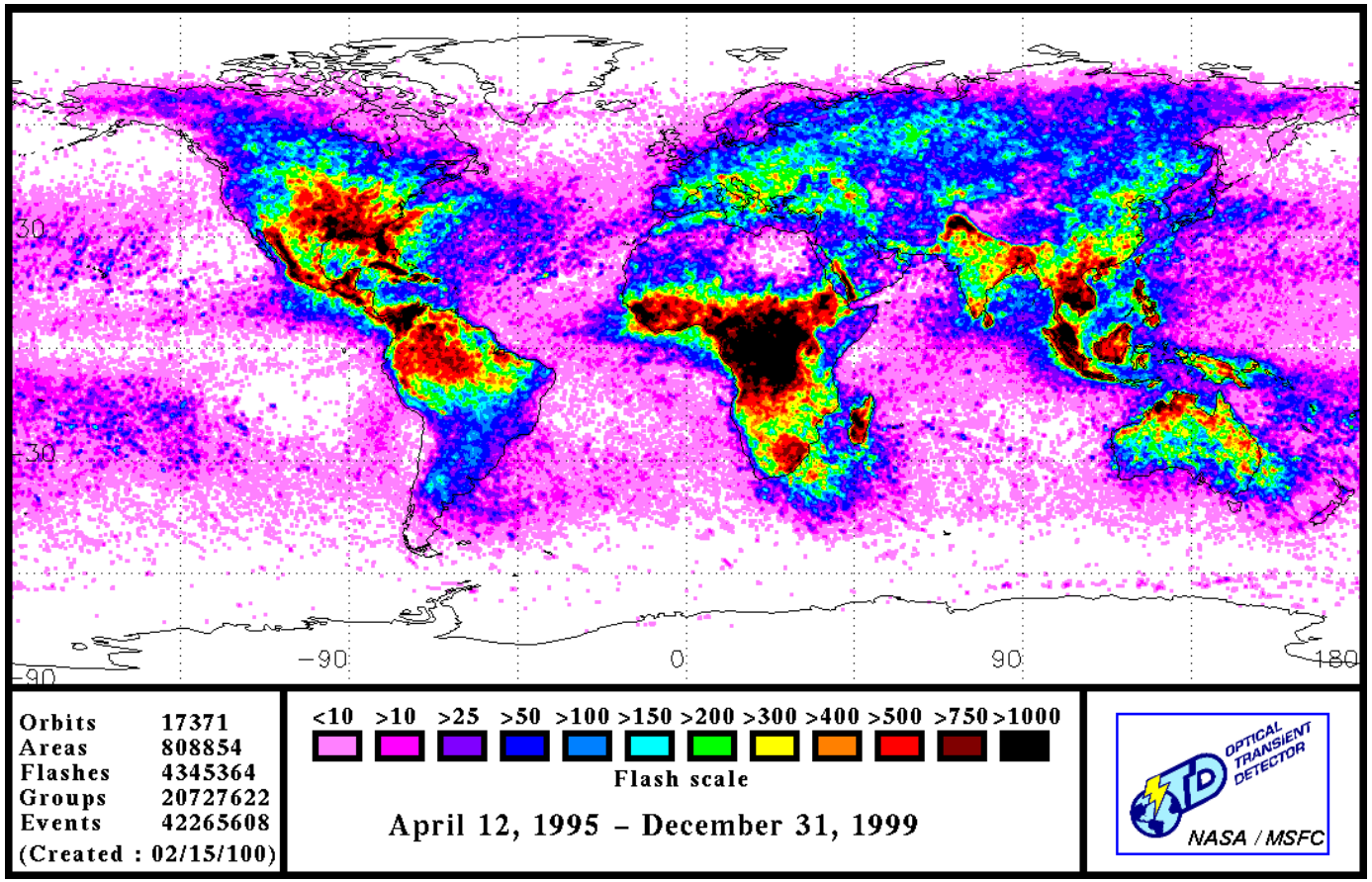


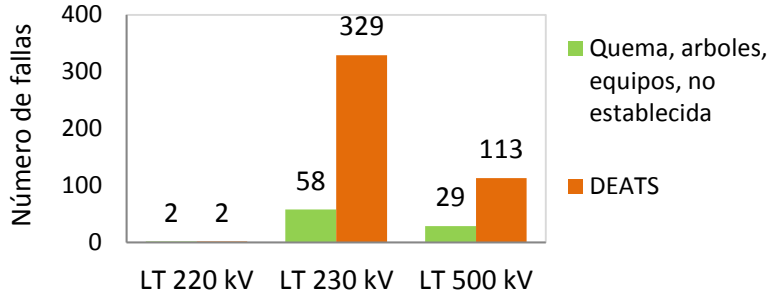
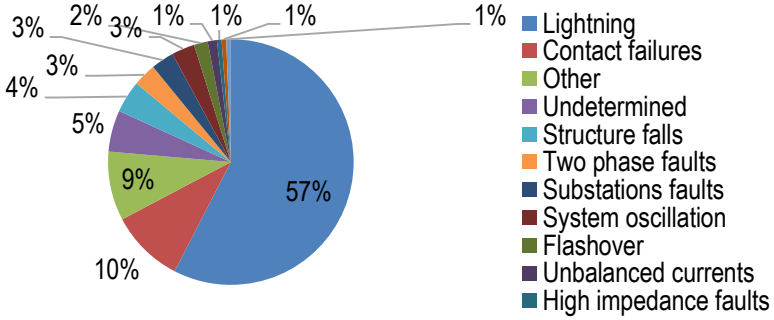
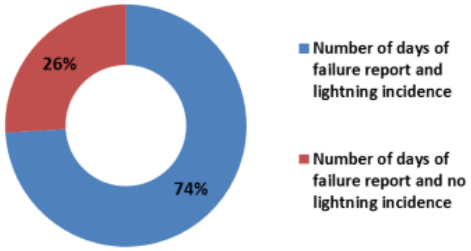
Fig. 1 Orography map of Colombia, region of study (579,300 km^2) and earth´s lightning hotspots given by [10] (red dots).



*"Las magnitudes de los parámetros de la descarga eléctrica atmosférica utilizados en aplicaciones en ingeniería (Nivel Ceráuneo, Densidad de Rayos a Tierra, Polaridad, Corriente de Retorno de Rayo y Rata de Ascenso de la Corriente de Rayo) **varían espacial y temporalmente**. "*

Horacio Torres, "El Rayo. Mitos, leyendas, ciencia y tecnología", Ed. UNIBIBLOS, Bogotá, 2002

Keraunos
science of lightning

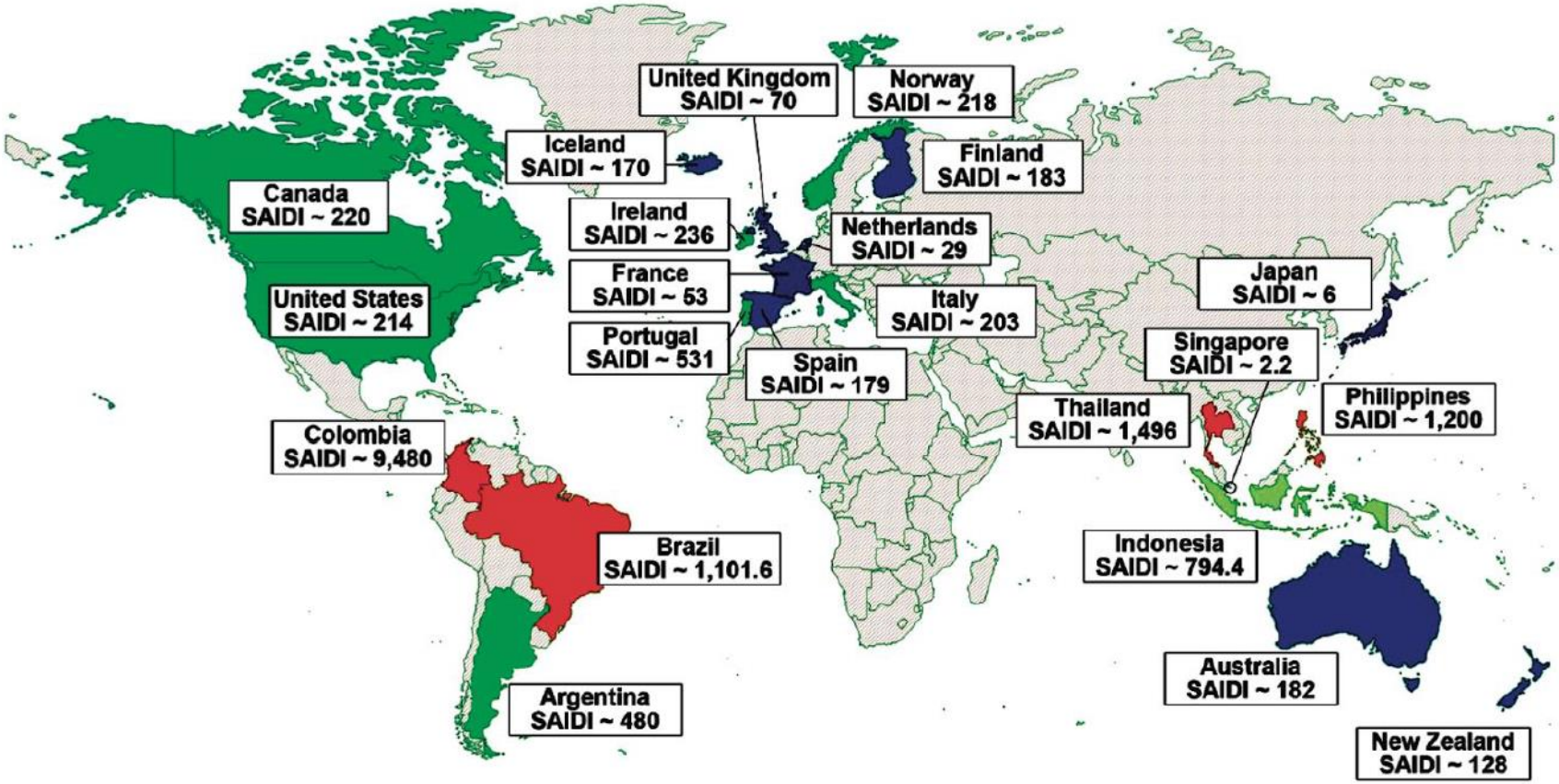
Empresa	Fallas del sistema según causas	Fuente
ISA 2015-2016		Informes de avance proyecto: "Minimización del riesgo en la operación de los sistemas eléctricos basado en información de rayos en tiempo real". COLCIENCIAS, UNIVERSIDAD NACIONAL, KERAUNOS, 2017
EEB 2013-2016		D. Aranguren, J. González, A. Cruz, J. Inampués, H. Torres, P. Sarmiento Pérez-Tobón. "Lightning strikes on Power Transmission Lines and Lightning Detection in Colombia". 2017 International Symposium on Lightning Protection (XIV SIPDA), Natal, Brazil, 2nd – 6th October 2017.
ECOPETROL 2013-2016	• Longitud total de redes de MT: 2000 km. • Fallas en MT causan 1 a 2 milliones de barriles al año • Las pérdidas representan entre 30 y 60 USD million al año. 	C. Tovar et al. "Influence of lightning activity on Oil industry: Colombian Case". 2017 International Symposium on Lightning Protection (XIV SIPDA), Natal, Brazil, 2nd – 6th October 2017.

PROBLEMA

Item	SECTOR REGULADO (CREG)	SECTOR PETROLERO
Número de circuitos	5.079	< 200
Longitud total (km)	208.244	< 2.000
Entorno	Todas las regiones del país	Concentrado en Llanos Orientales, Magdalena Medio, Costa Caribe, Piedemontes
Condiciones de riesgo debidas al entorno	Todas	Medio, alto y muy alto
Adopción de indicadores internacionales de confiabilidad (IEEE1366 - 2012)	NO (En proceso de adopción)	NO
Estudios de niveles de calidad alcanzables	SI (2013)	NO
Niveles de inversión	Bajo	Alto
Normatividad de diseño y construcción adaptada al entorno	NO	NO
Niveles de confiabilidad	Bajos, alejados de referentes internacionales	Altos pero inferiores a referentes internacionales
Impacto	> 10.000 trafos quemados / año; > 60 h interrupción usuario /año	Altas pérdidas de producción - Diferidas. (decenas de MUSD al año)

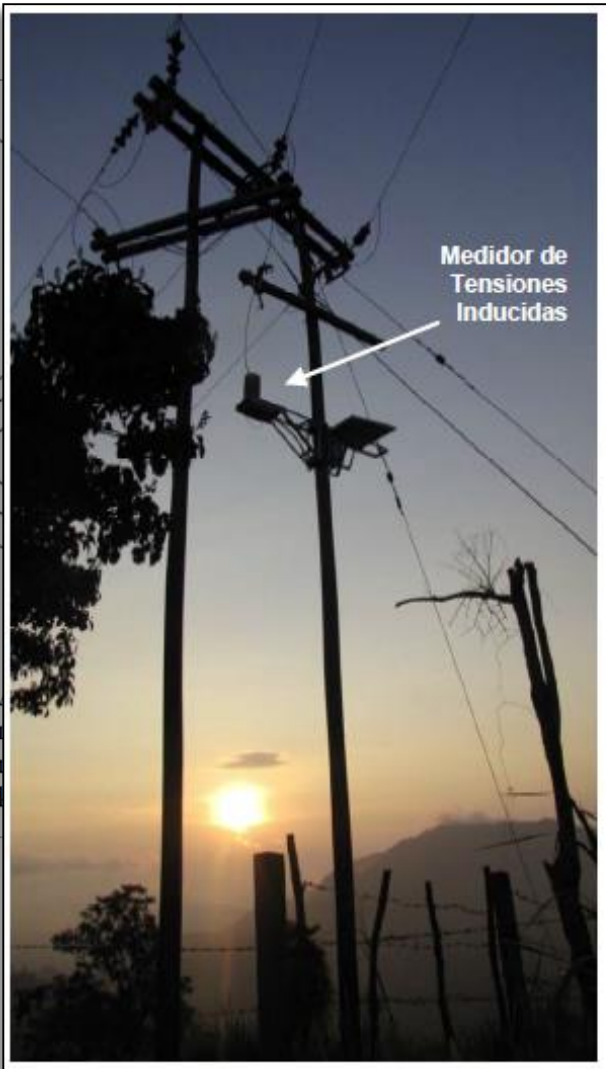
Keraunos
science of lightning

$SAIDI$ = Índice Promedio de Duración de Interrupciones del Sistema (min)

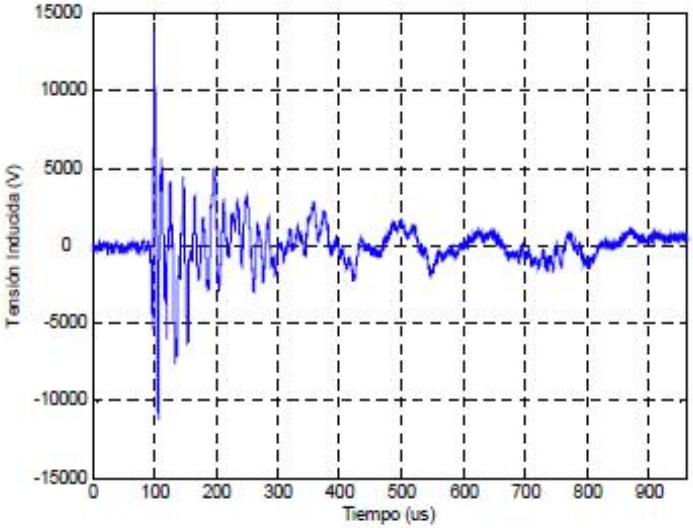


Fuente: National Research Council. Terrorism and the Electric Power Delivery System . Washington, DC: The National Academies Press, 2012

Keraunos
science of lightning



Estudios experimentales de Tensiones Inducidas. U. Nacional (2008)

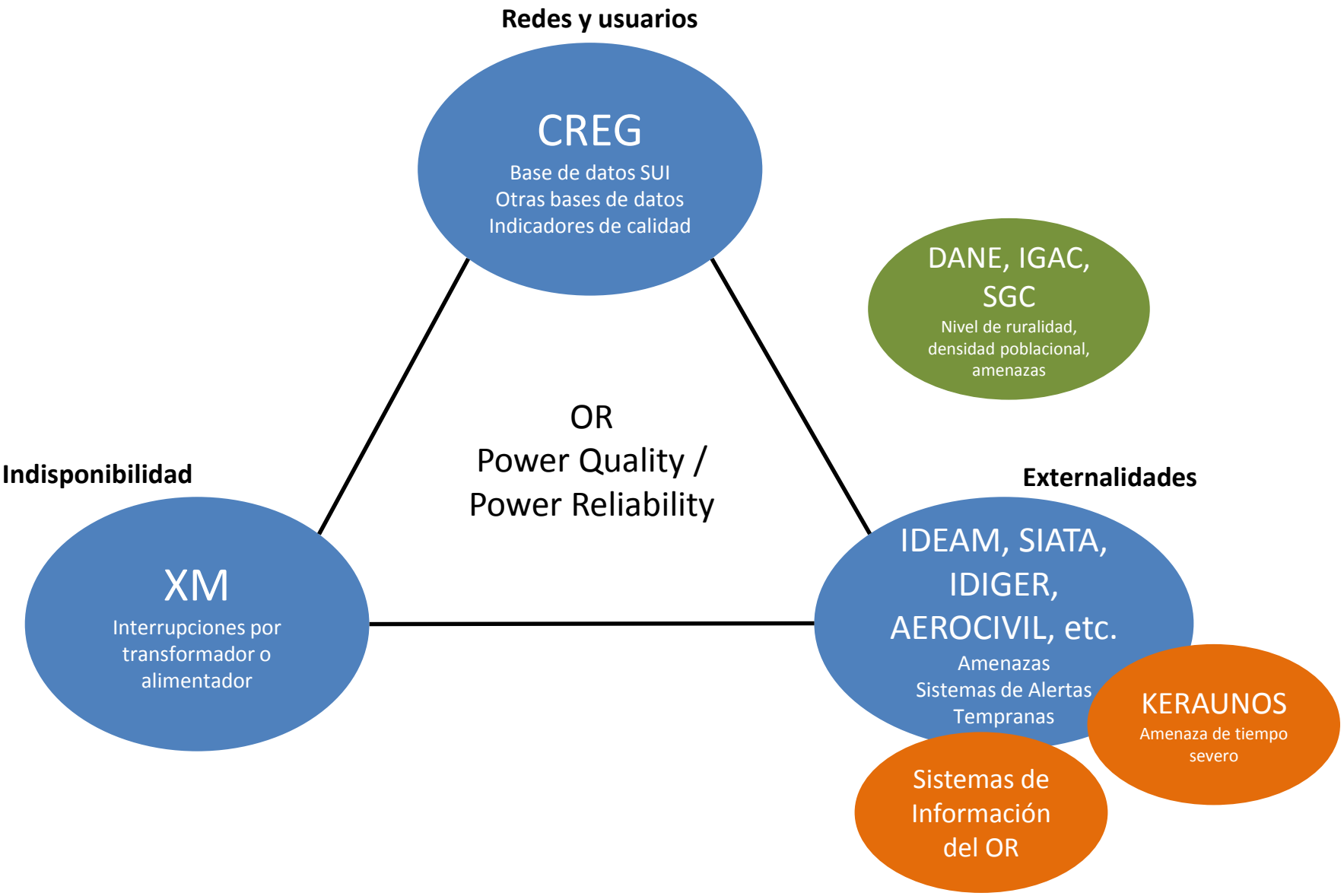


Señal de tensión inducida

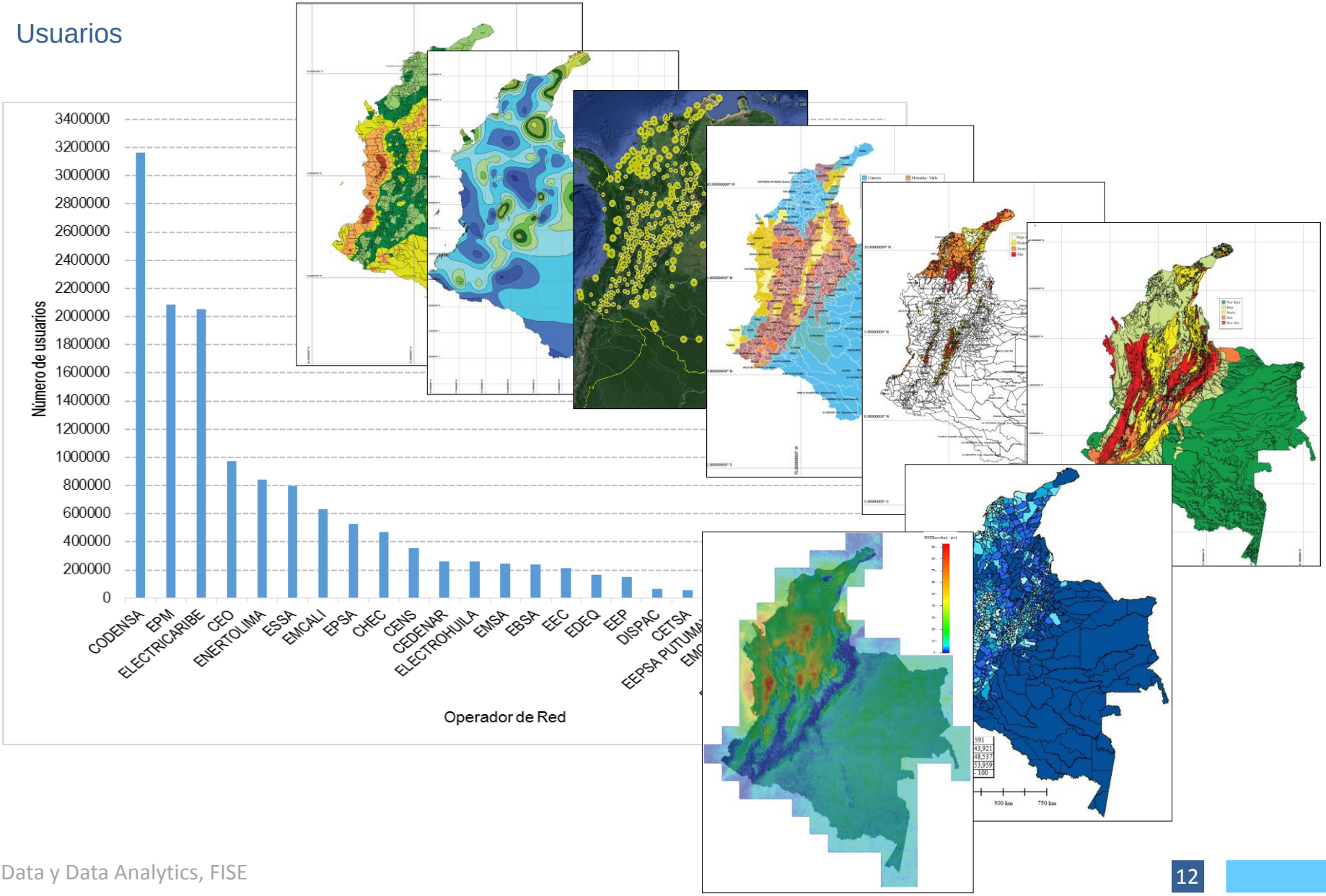
BIG DATA

DATA ANALYTICS!!!

Keraunos
science of lightning



Usuarios

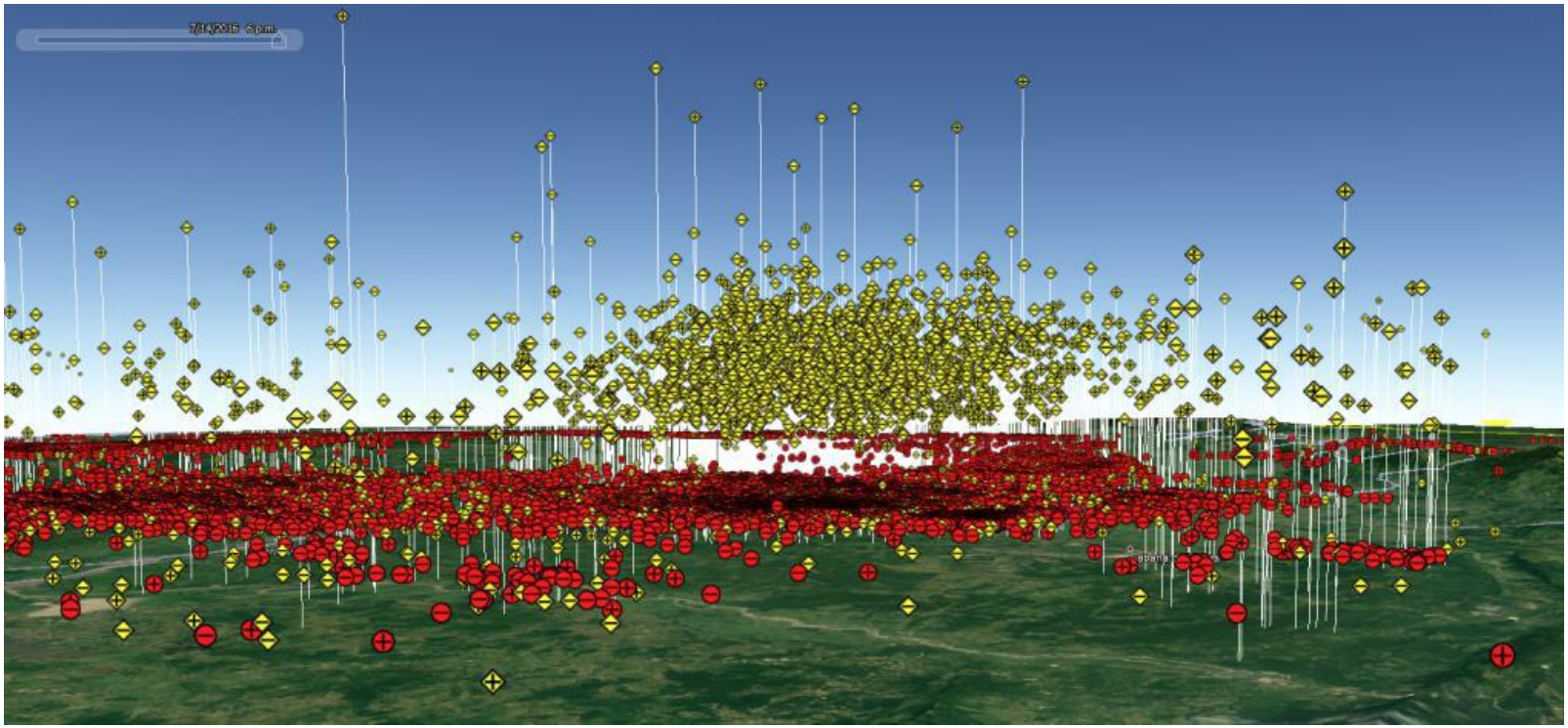

3400000
3200000
3000000
2800000
2600000
2400000
2200000
2000000
1800000
1600000
1400000
1200000
1000000
800000
600000
400000
200000
0
Número de usuarios
CODENSA
EPM
ELECTRICARIBE
CEO
ENERTOLIMA
ESSA
EMCALI
EPSA
CHEC
CENS
CEDENAR
ELECTROHUILA
EMSA
EBSA
EEC
EDEQ
EEP
DISPAC
CETSA
EEPSA PUTUMA
Operador de Red

EXTERNALIDADES: MEDICIÓN

Red Colombiana de Detección Total de Rayos – CTLDS
(14 millones de registros por año desde 2011)

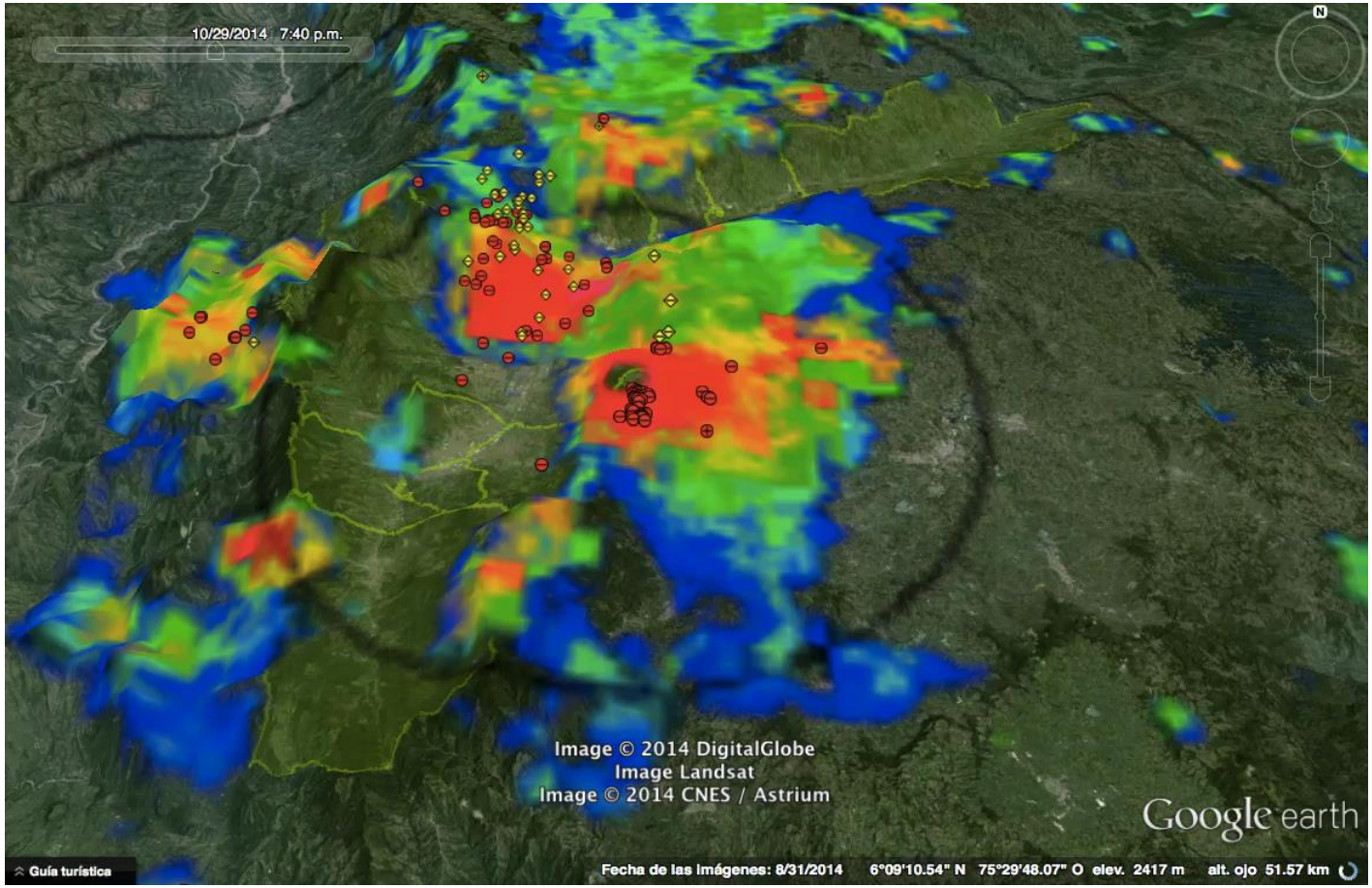
EXTERNALIDADES: MEDICIÓN

Red Colombiana de Detección Total de Rayos – CTLDS
(14 millones de registros por año desde 2011)



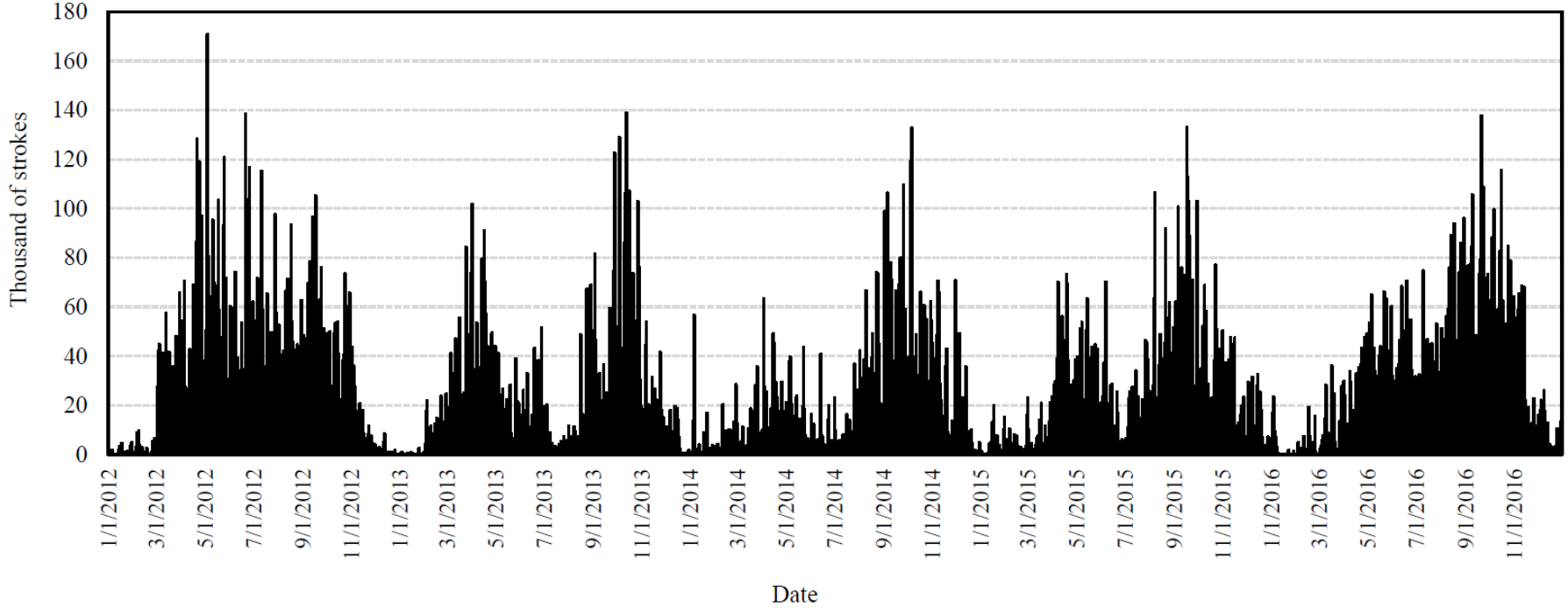
EXTERNALIDADES: MEDICIÓN

Red Colombiana de Detección Total de Rayos – CTLDS
(14 millones de registros por año desde 2011)



Keraunos
science of lightning

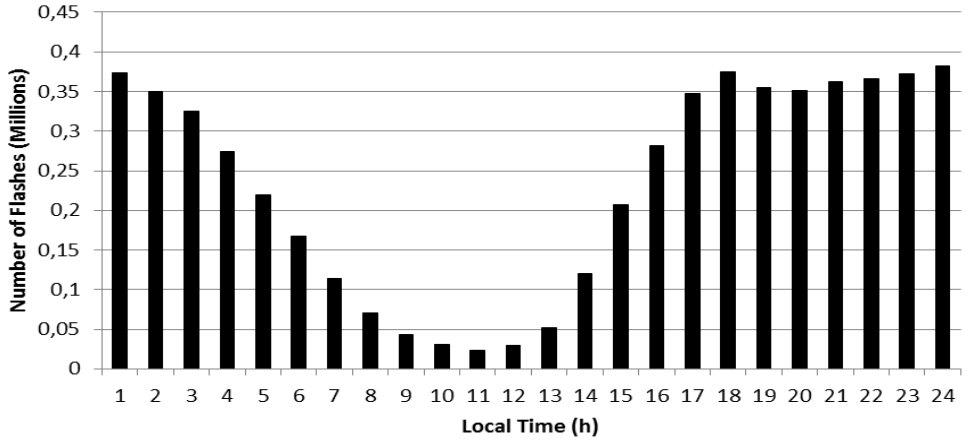
EPISODIOS DE TORMENTA SEVERA EN COLOMBIA
Actividad de rayos multiannual



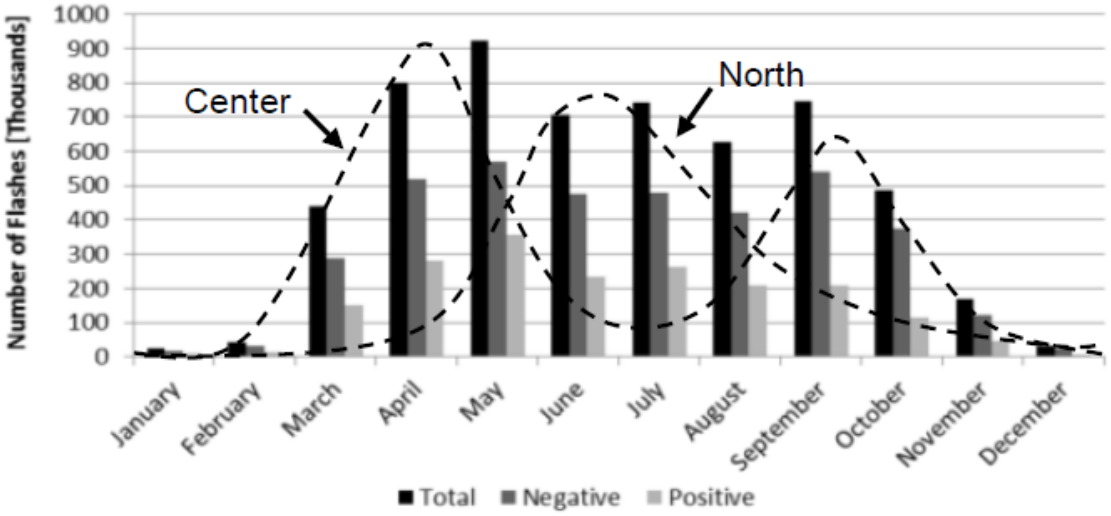
225 días tuvieron características de “severo” (Tasa de rayos mayor a 60 rayos/min)

Keraunos
science of lightning

EPISODIOS DE TORMENTA SEVERA EN COLOMBIA
Actividad de rayos horaria y mensual



Fenómeno permanente!!!



¿Que es un evento “severo”?

Podemos relacionarlo con “Fuerza mayor”

- Irresistible
- Impredecible

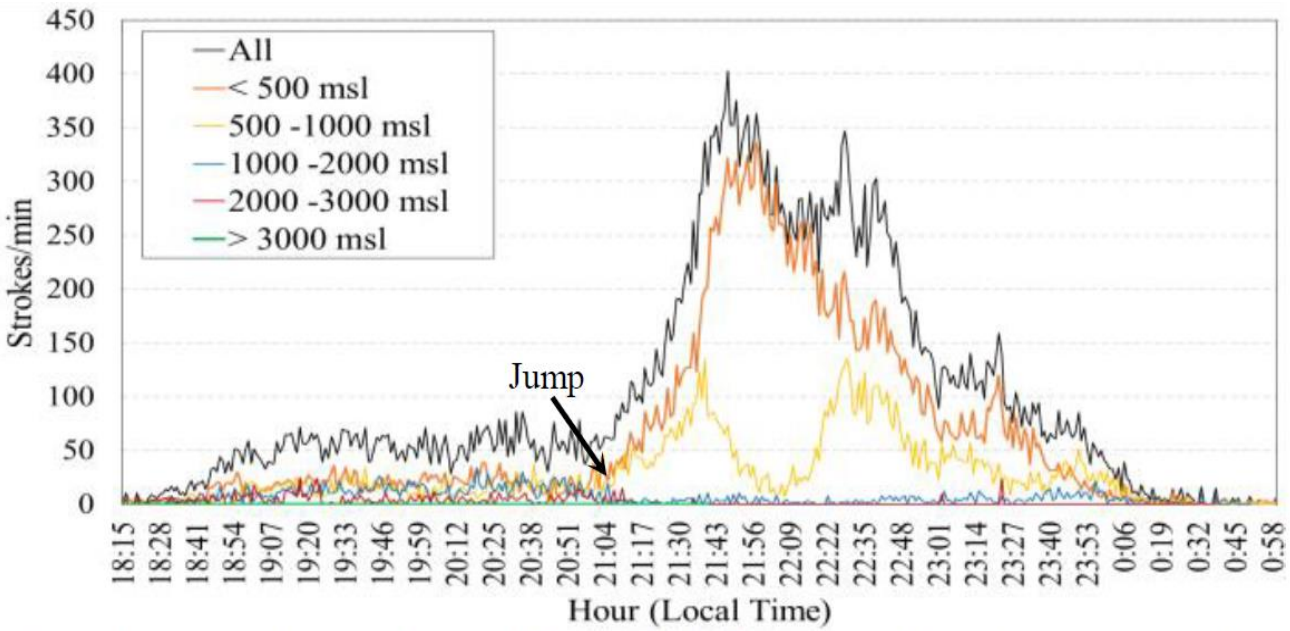
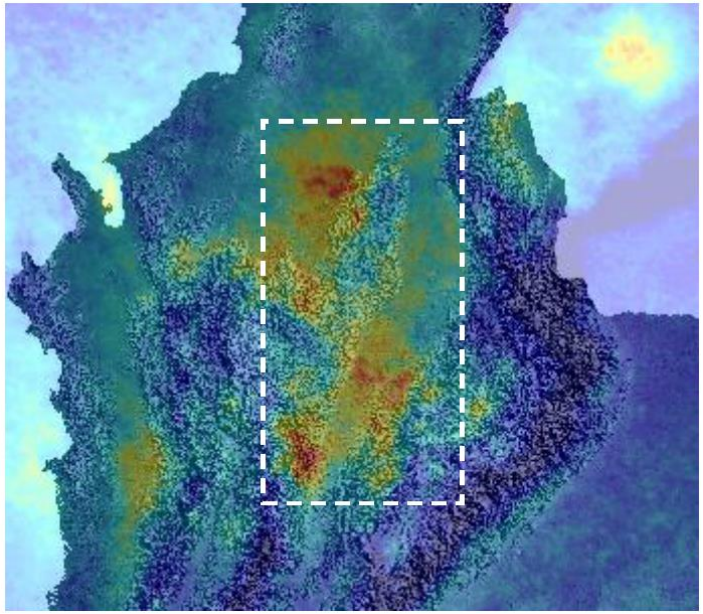
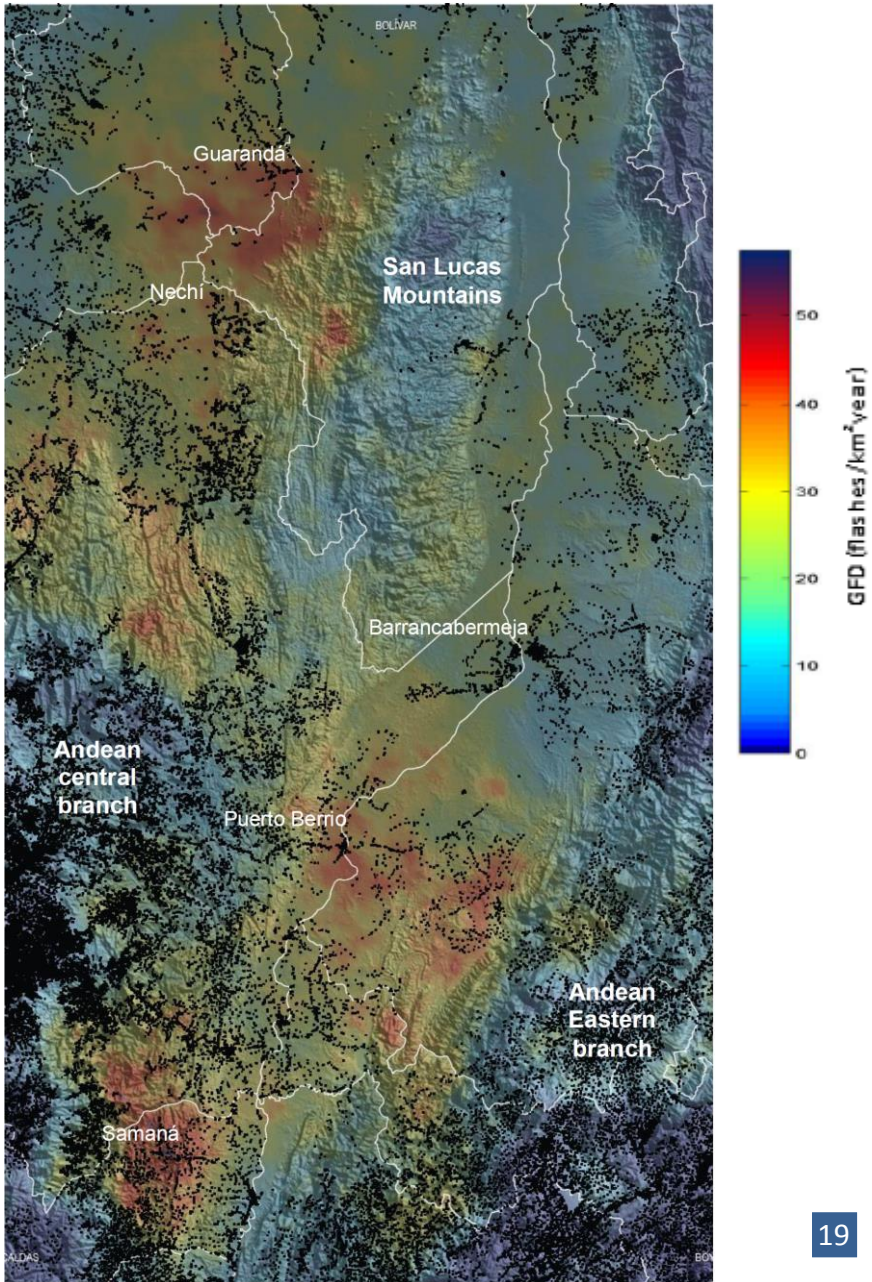


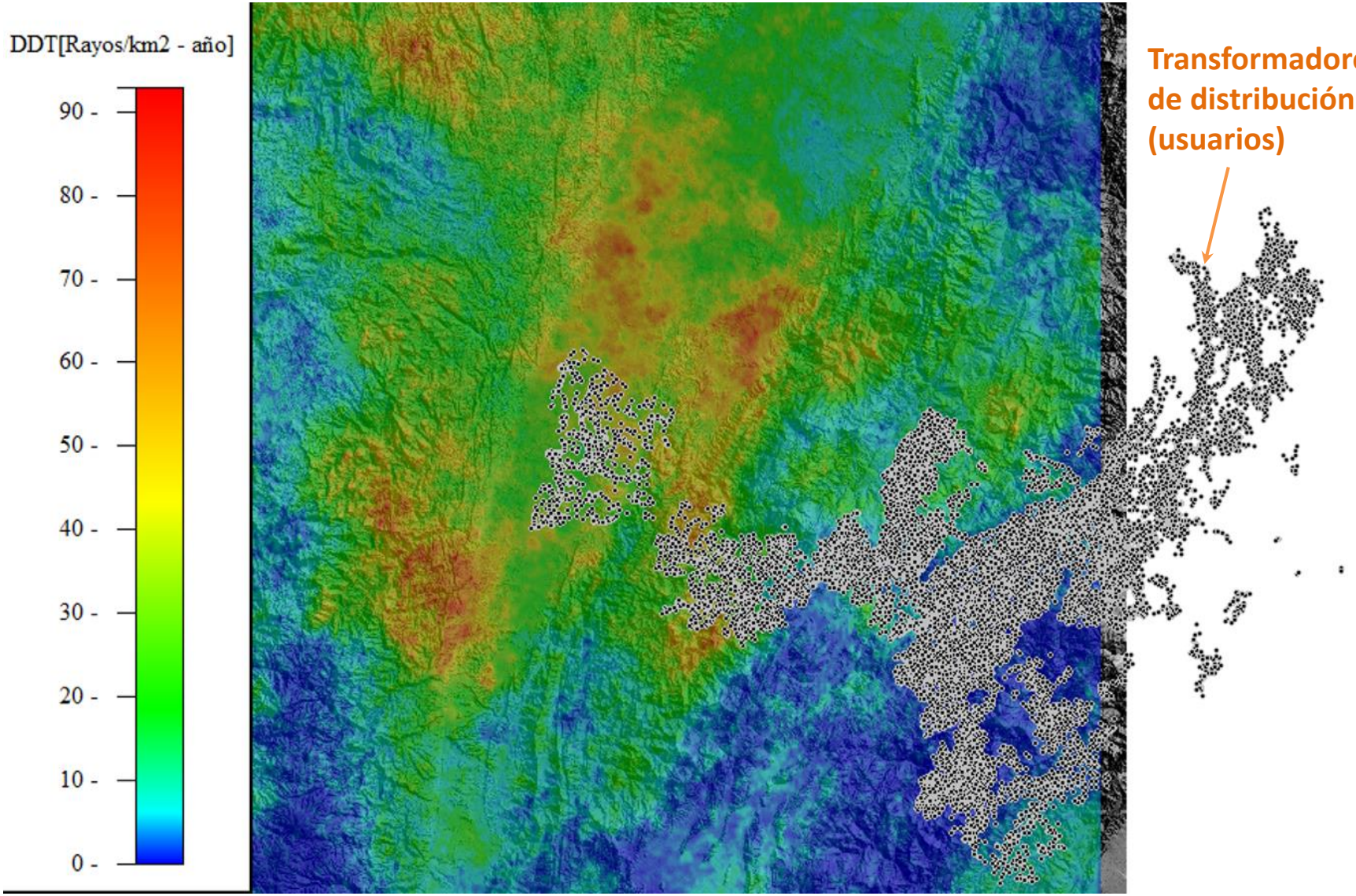
Fig. 9 Strokes/min rate for each interval of elevation of the thunderstorm that occurred on October 15, 2016. (Colombian mountains and valleys)

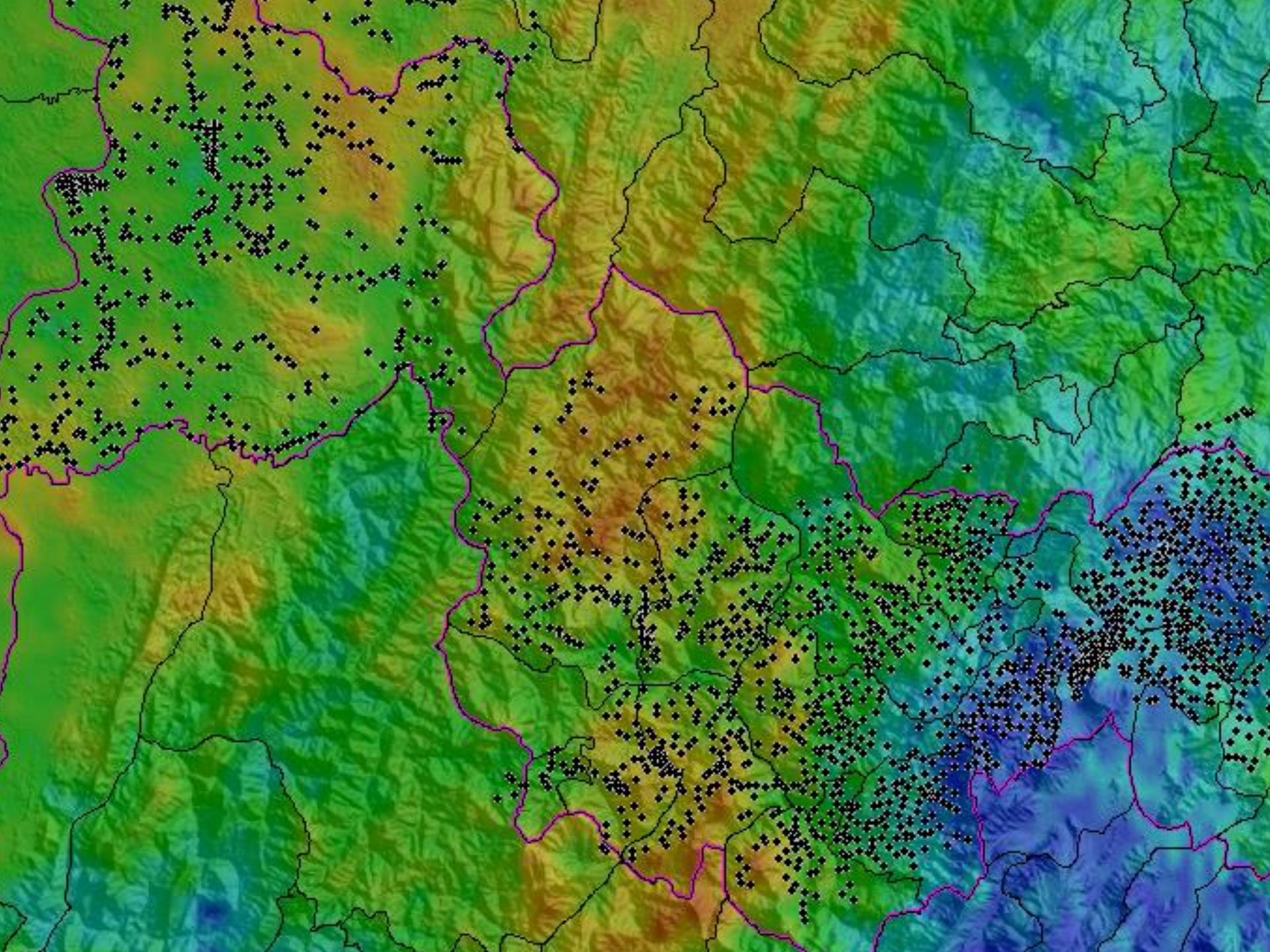
Keraunos
science of lightning





Keraunos
science of lightning





Keraunos
science of lightning

Universo de los Operadores de Red en Colombia

(Estudio Keruanos – CREG, 2013. Indicadores de Calidad Alcanzables para redes del SIN)

No.	OPERADOR DE RED	NUMERO DE CIRCUITOS	LONGITUD TOTAL (km)	NUMERO DE TRANSFORMADORES	CARGA TOTAL (MVA)	POTENCIA PROMEDIO POR TRANSFORMADOR (kVA)
1	CODENSA	940	19.675	60.908	6.787	111,43
2	EPM	813	40.236	120.794	5.375	44,50
3	ELECTRICARIBE	735	32.195	83.320	6.134	73,62
4	ESSA	325	17.209	26.350	1.464	55,56
5	EBSA	317	12.705	17.176	802	46,67
6	CHEC	262	9.344	18.251	819	44,85
7	ENERTOLIMA	236	11.017	18.692	883	47,21
8	EPSA	216	10.363	25.535	1.175	46,03
9	EEC	176	7.548	14.240	662	46,51
10	CEO	166	9.076	15.157	571	37,65
11	ELECTRO HUILA	166	9.938	14.732	612	41,52
12	EMCALI	154	2.397	17.951	2.479	138,08
13	EMSA	115	7.768	10.035	539	53,70
14	CENS	114	9.058	14.970	740	49,46
15	CEDENAR	106	2.548	13.144	463	35,21
16	EDEQ	68	2.299	7.723	442	57,27
17	EEP	43	1.221	6.062	472	77,83
18	ENELAR	34	379	4.523	124	27,43
19	CETSA	24	418	1.670	111	66,48
20	EEPUTUMAYO	16	450	808	42	52,13
21	DISPAC	13	840	1.616	86	53,24
22	ENERGUAVIARE	11	536	730	23	31,41
23	EE BAJO PUTUMAYO	10	517	861	30	34,39
24	EMCARTAGO	8	266	1.233	81	65,66
25	SIBUNBOY	4	204	315	15	48,44
26	RUITOQUE	4	13	54	2	28,15
27	POPAYÁN	3	25	58	2	27,00
	Total	**5.079**	**208.244**	**496.908**	**30.933**	

Universo de los Operadores de Red en Colombia

(Estudio Keruanos – CREG, 2013. Indicadores de Calidad Alcanzables para redes del SIN)

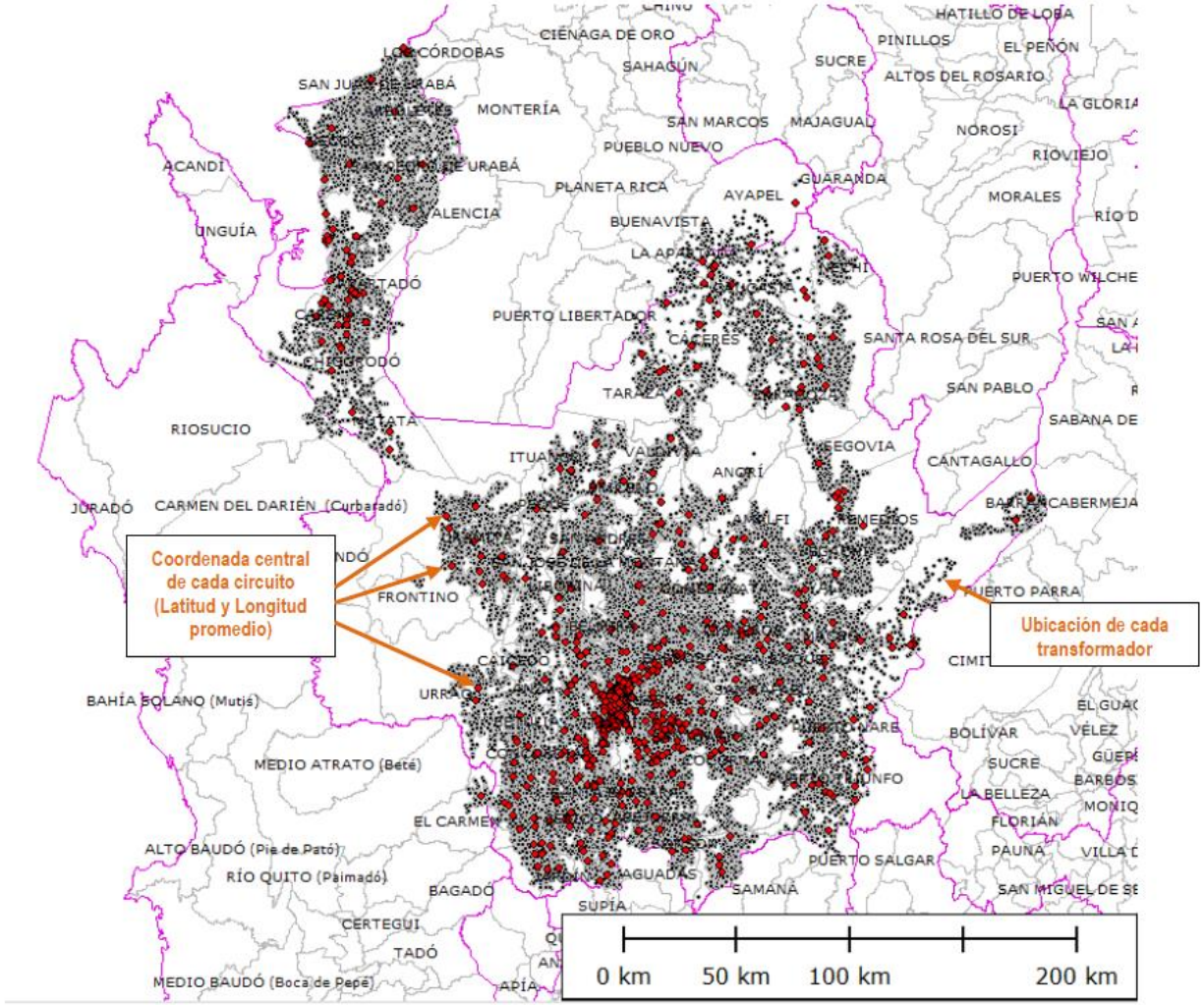


Figura 8-1 Ubicación de transformadores (negro) y punto medio de cada circuito (rojo) para EPM

Objetivo:

La optimización de inversiones para la **adaptación** de los sistemas eléctricos a las amenazas asociadas a fenómenos naturales.

LEY 1523 DE 2012
(Abril 24)

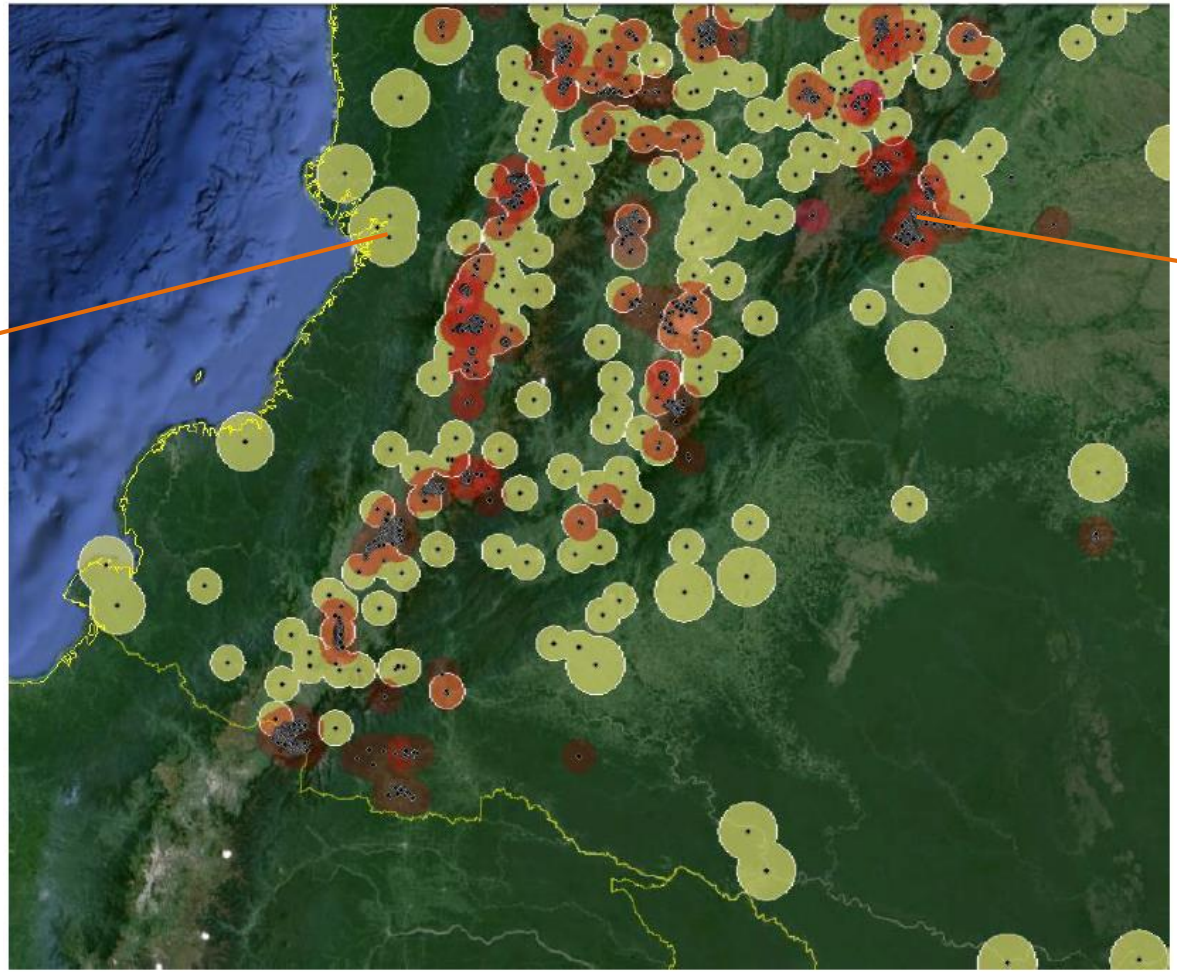
Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de **Gestión del Riesgo** de Desastres y se dictan otras disposiciones

“Principio de igualdad”
“Principio de solidaridad social”
“Principio de precaución”
“Principio de oportuna información”
“Principio de concurrencia”

“Adaptación”
“Cambio climático”
“Amenaza”
“Análisis y evaluación del riesgo”
“Gestión del riesgo”

Circuitos representativos vs Estaciones Meteorológicas

Estaciones meteorológicas



Circuitos representativos

RIESGO para los sistemas eléctricos

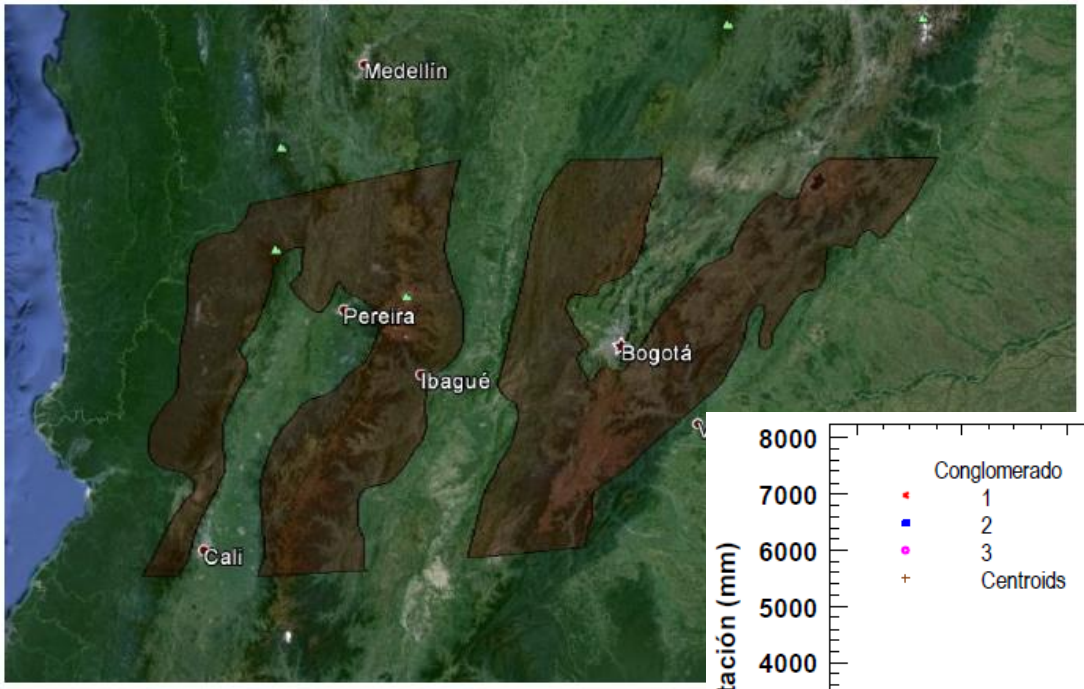


Figura 8-39 Región Montaña Cen

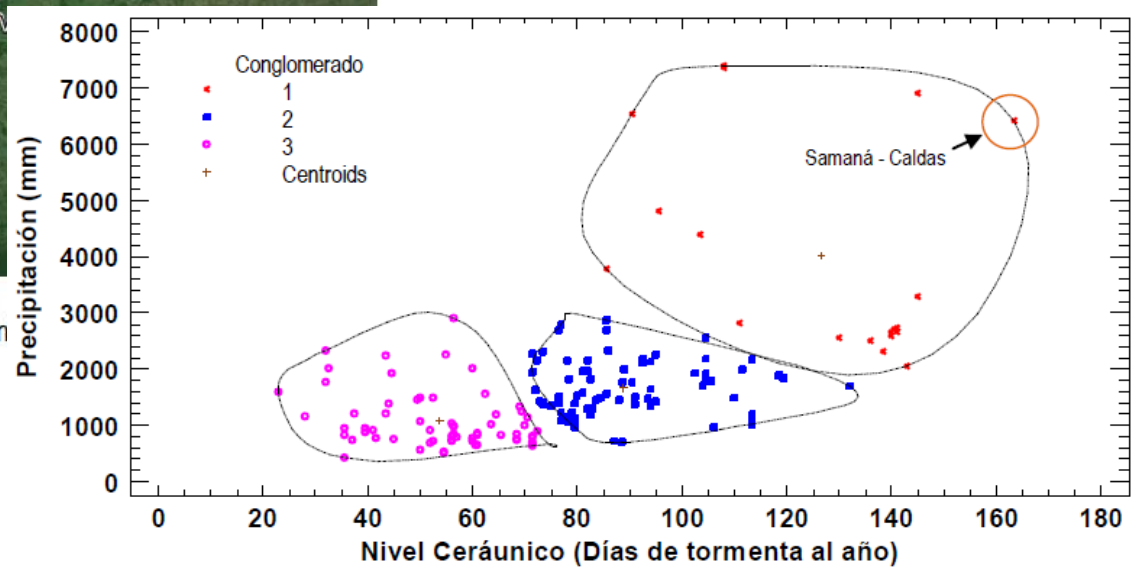
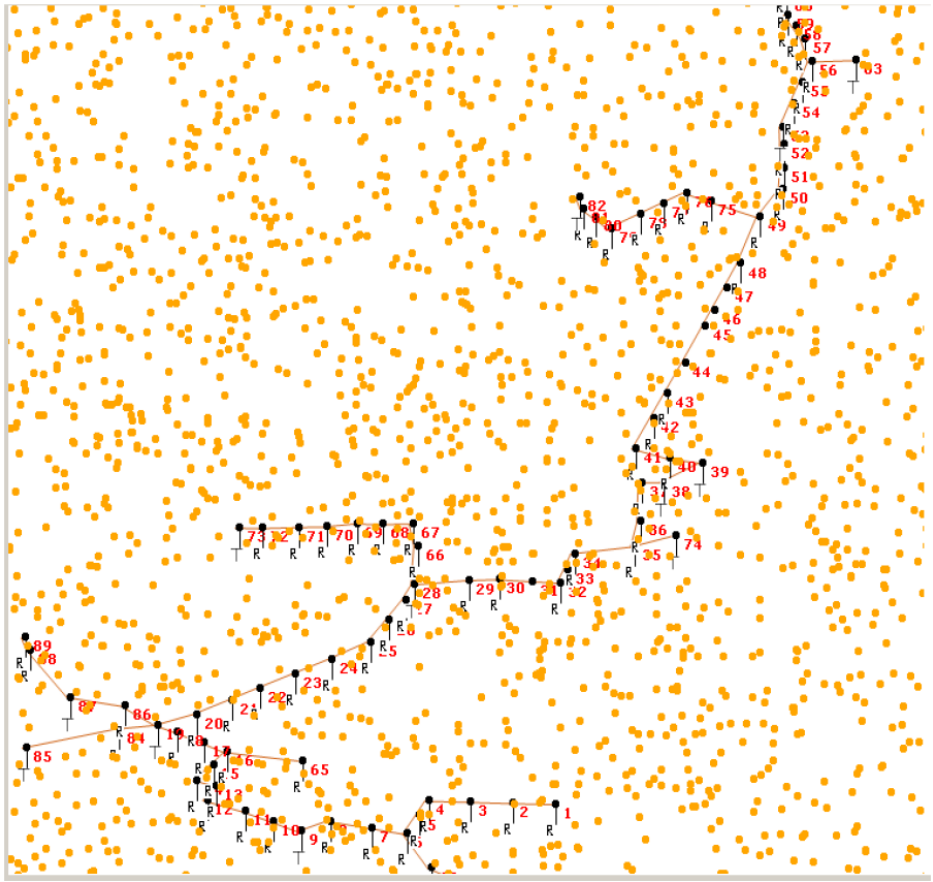
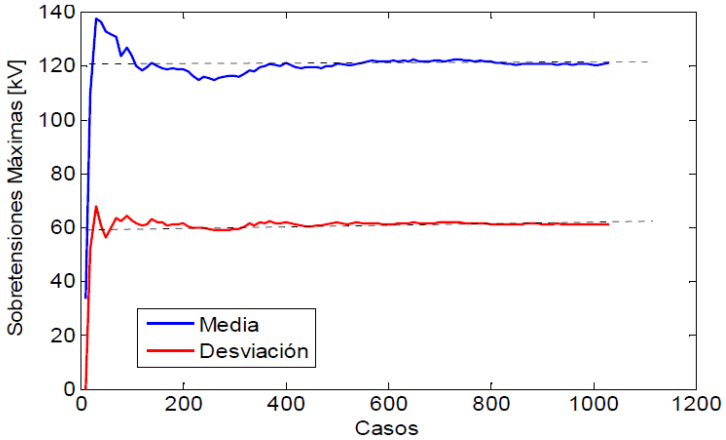


Figura 8-44 Análisis de conglomerados para la Montaña Centro.

Sobretensiones producidas por rayos



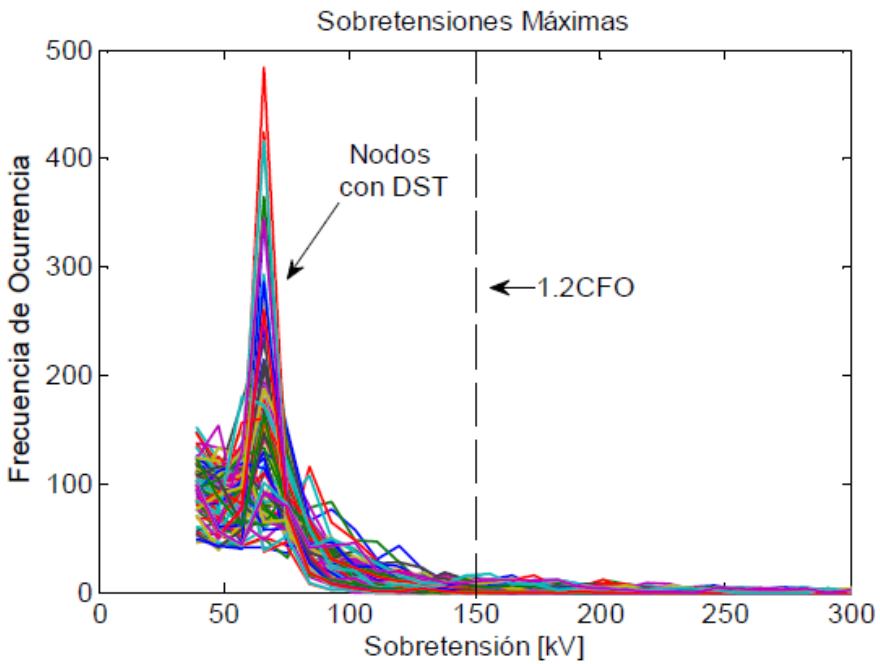
Criterio de convergencia

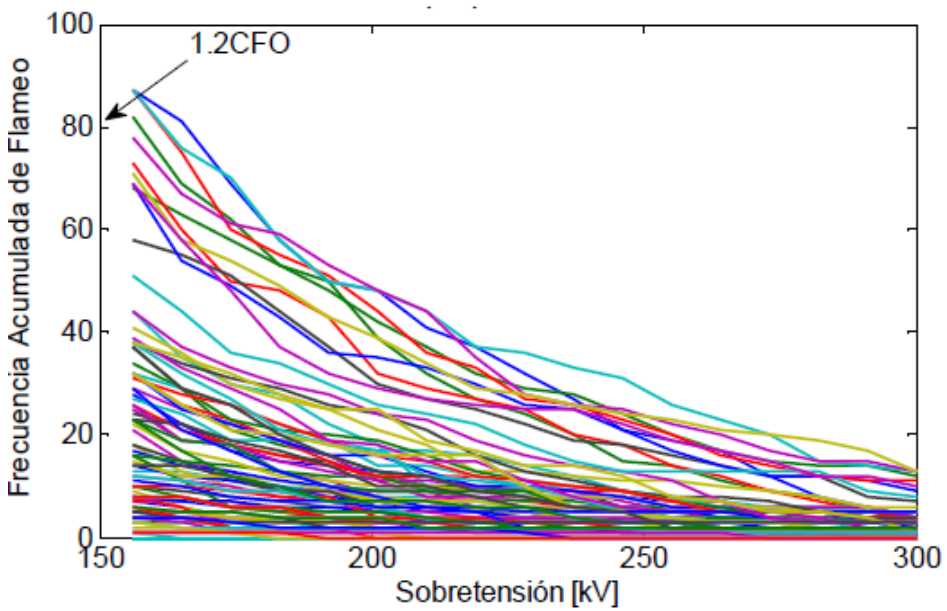


La cantidad de simulaciones representan un periodo en años, que para los casos reales varía entre 5 y 30 años.

La simulación arroja la frecuencia con que se presentarían flameos (fallas) en cada uno de los miles de nodos de la red, en una proyección entre 5 y 30 años a futuro.

Cada curva pertenece a un nodo real de la red e ilustra la probabilidad acumulada de ocurrencia de flameos en el periodo proyectado (décadas).





Keraunos
science of lightning

Lightning Research
Physics
Detection
Nowcasting
Meteorology
Effects on power systems
Protection
Safety and Education

Cooperación Científica y Tecnológica
Universidad Nacional de Colombia
Agencia Espacial Europea
Universidad Politécnica de Cataluña (ESP)
Nowcast GmbH, Spin-off U. Múnich (ALE)
Universidad de Sao Paulo (BRA)
Universidad de Florida (EE.UU)
> 5 Universidades en Colombia

Keraunos
science of lightning

El Estado y la Sociedad

SECTOR MEDIO AMBIENTE
(IDEAM, IDIGER, SIATA, EJERCITO NACIONAL)

SECTOR ELÉCTRICO
(EEB, ISA, CREG, PEL)

SECTOR OIL&GAS
(ECOPETROL, FRONTERA, OXY)

SECTOR AERONÁUTICO
ICONTEC

Desarrollo de tecnología
Sensores
Modelos y métodos
Sistemas de Información
Software

Transferencia de tecnología
Red Colombiana de Detección de Rayos
Sistemas sofisticados de medición

servicios de información
Confiabilidad de sistemas de transporte de energía
Innovación tecnológica en modelos, métodos, software e información
Smart grids

LO QUE VIENE…

EL PROBLEMA: PARQUES EÓLICOS

- 20 a 80% de la indisponibilidad es debida a rayos (EE.UU., Japón, Europa)
- 80% de reclamaciones ante aseguradoras es por causa de rayos
- El diseño estructural depende de las características del fenómeno
- Poca experiencia en zonas de alta actividad de rayos en la región tropical

Gracias por su atención
Image Landsat / Copernicus
© 2017 Google
US Dept of State Geographer
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Google Earth