



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA



Clasificación de descargas parciales

Roger Schürch Brandt

Departamento de Ingeniería Eléctrica

Presentación (adaptada) para asignatura **Laboratorio de Modelación I MAT-282**

2 de octubre de 2019



Energía eléctrica

Confiabilidad sistema potencia

Blackout (apagón)

Envejecimiento equipamiento

Aislamiento eléctrico

Equipamiento de potencia



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA





Área de alta tensión y aislamientos:

Multi-disciplinaria

- Física
- Química
- Ciencia de materiales
- Mecánica – Termodinámica
- **Matemáticas**
- Simulación y cálculo de campo eléctrico
- Tecnología de medición
- Electrónica
- Procesamiento de señales
- etc. etc...

... al servicio de la ingeniería eléctrica

¿Qué producen las descargas parciales?
(DP)

i Degradación !

i Falla !

Descargas parciales (DP)

Ruptura dieléctrica localizada
en aislamientos



DP deterioran aislamiento



Falla catastrófica del
equipamiento eléctrico

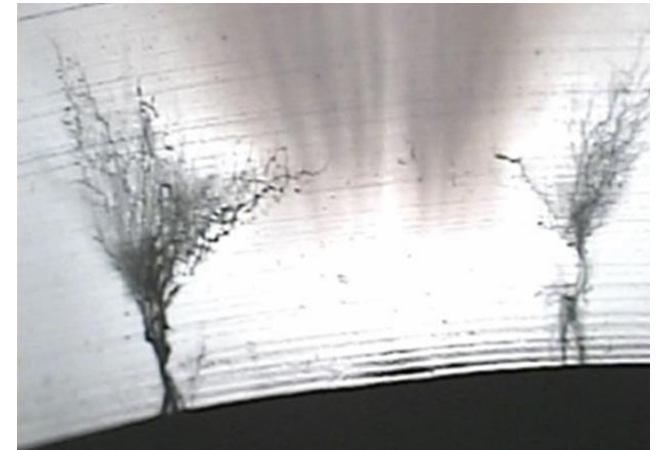
Medición y análisis DP



Herramienta diagnóstico
*determinación del estado
del aislamiento en
equipamiento de **AT***

Ejemplo degradación: Árboles eléctricos

- Canales de degradación en aislamiento polimérico de AT
- Precursor de falla en equipamiento de potencia
- Mecanismo de iniciación y crecimiento no están claros



Árbol eléctrico y descarga parcial



J. V. Champion, S. J. Dodd, and J. M. Alison, "The correlation between the partial discharge behaviour and the spatial and temporal development of electrical trees grown in an epoxy resin," *J. Phys. D: Appl. Phys.*, Vol. 29, p. 2689, 1996

Crecimiento del árbol y falla



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA



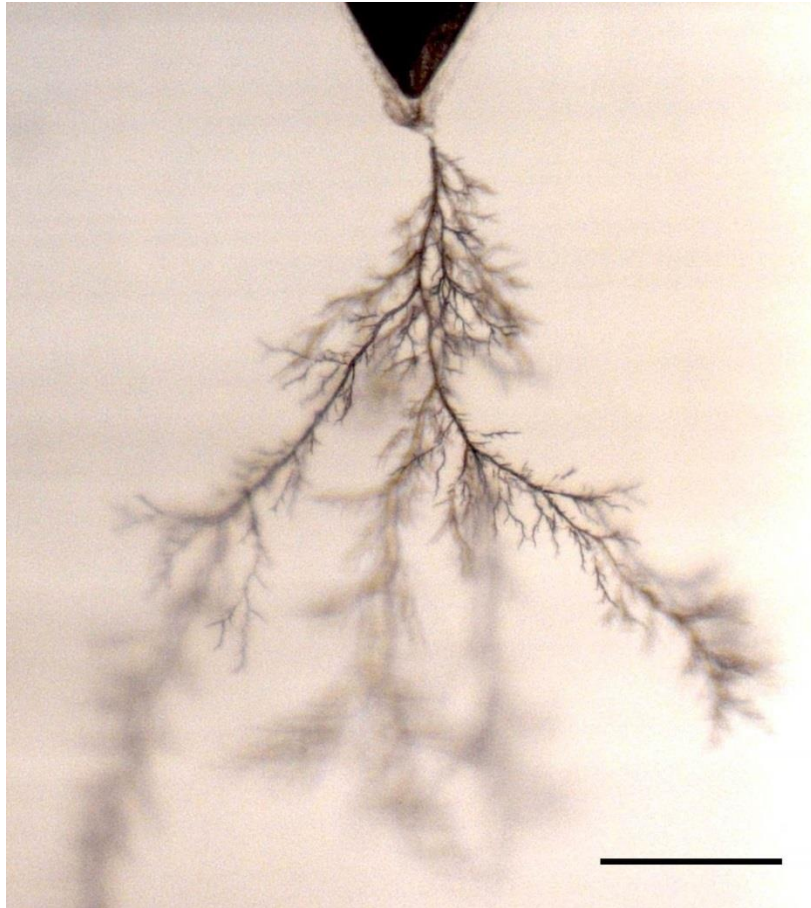
<http://www.youtube.com/user/ElectricalTreesCEIDP/videos>

Proyecto pasado de Laboratorio de Modelación:

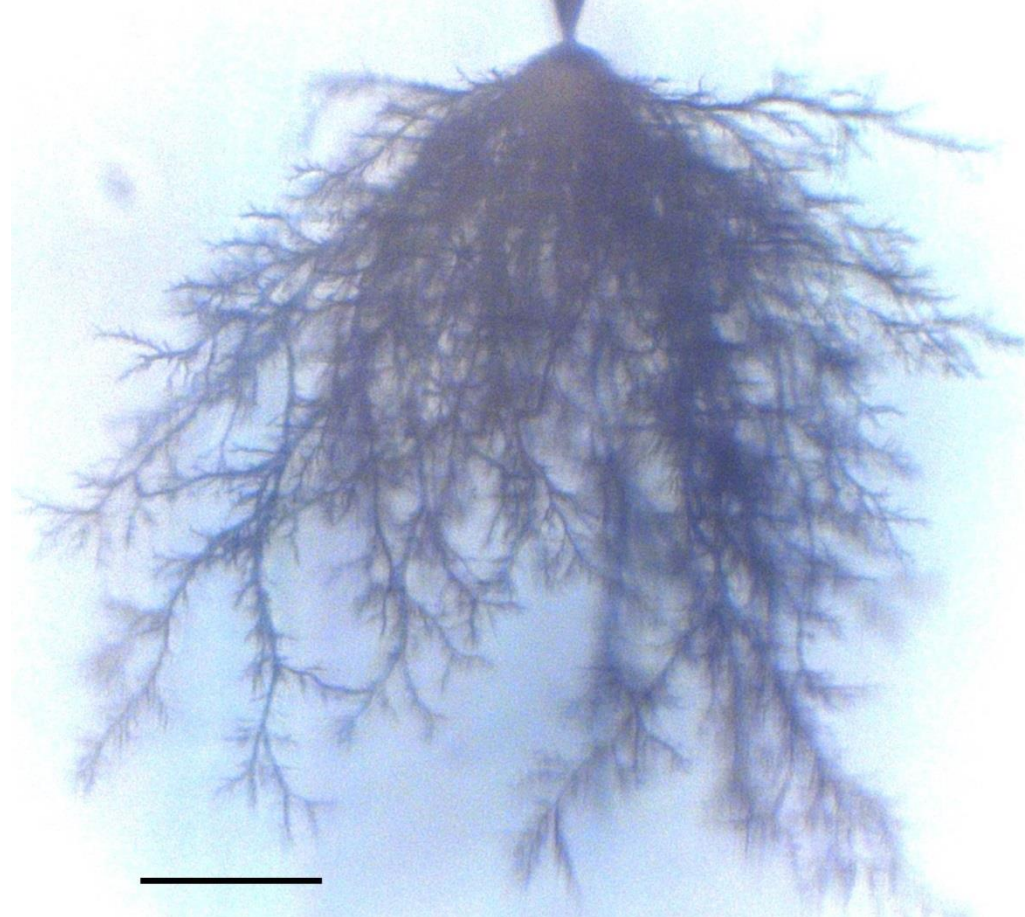
Geometría de los árboles eléctricos
(fractales, teoría grafos, etc.)

Tipos de árboles

Branch-type (rama)



Bush-type (bosque)

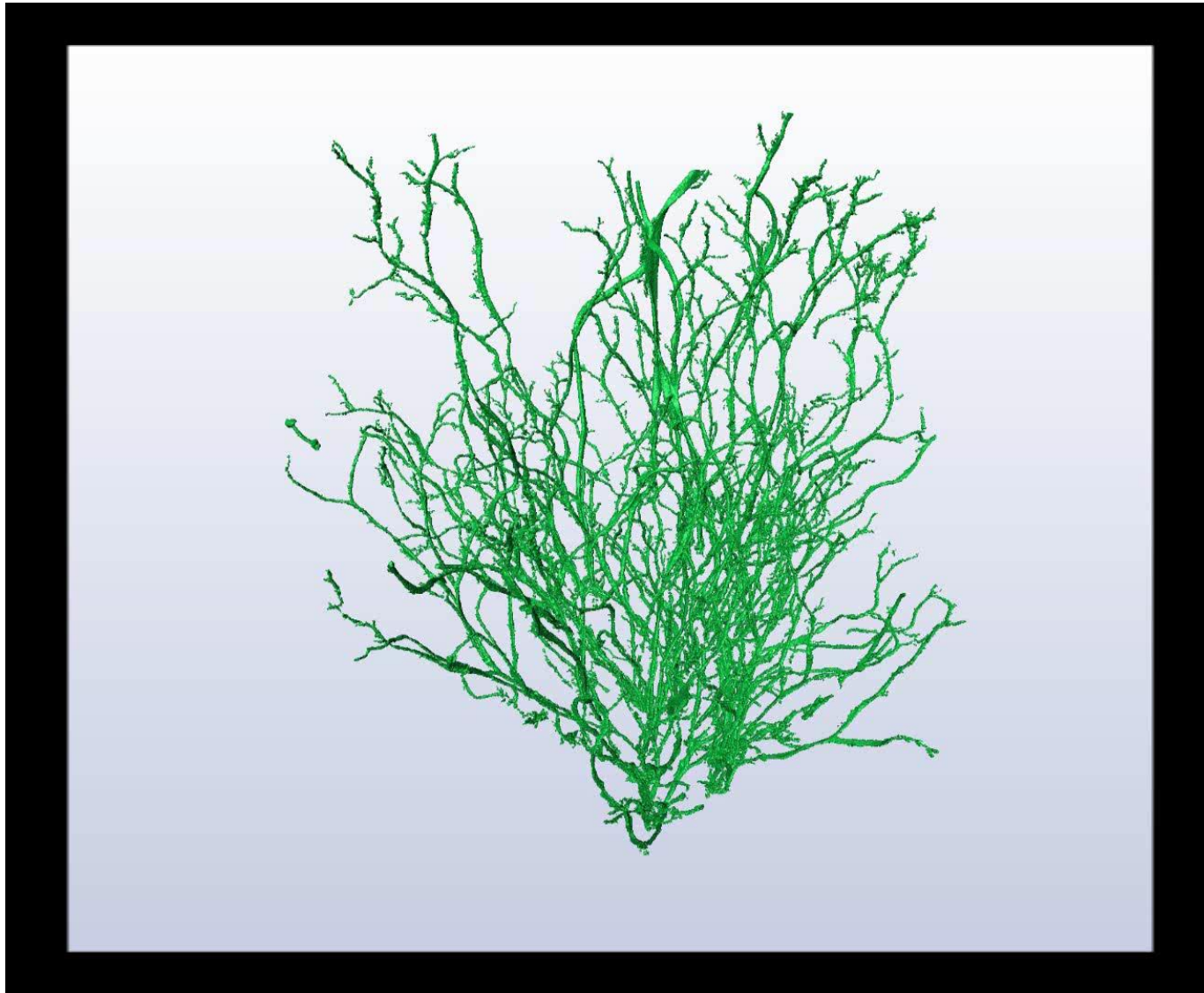


Escalas: 200 μm

Réplica virtual generada



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA



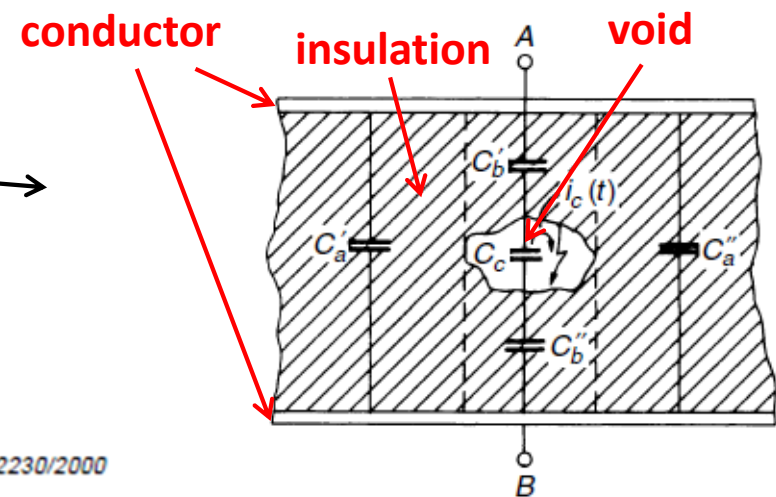
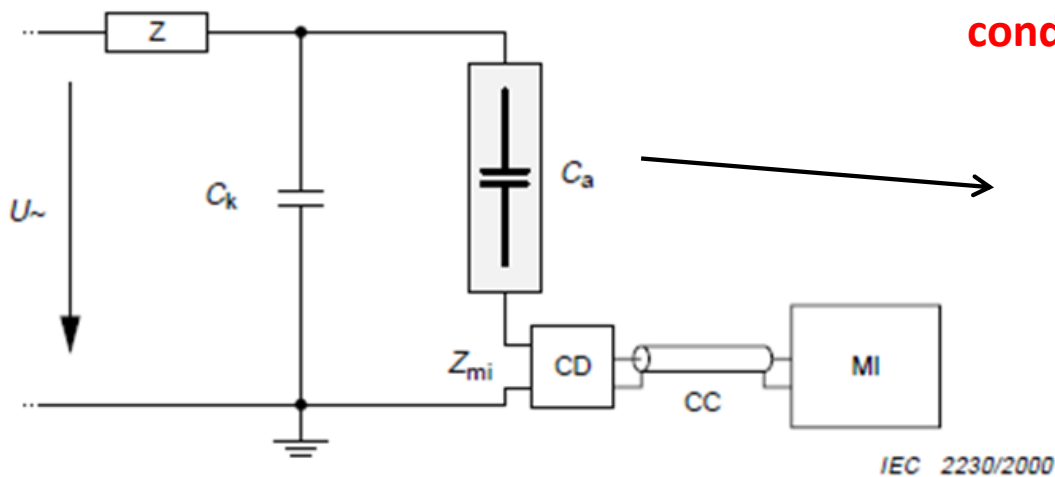
[link](#)

VOLVIENDO AL TEMA:

Las descargas parciales

Las DP se pueden medir...

- Circuito de medición de DP, norma IEC 60270

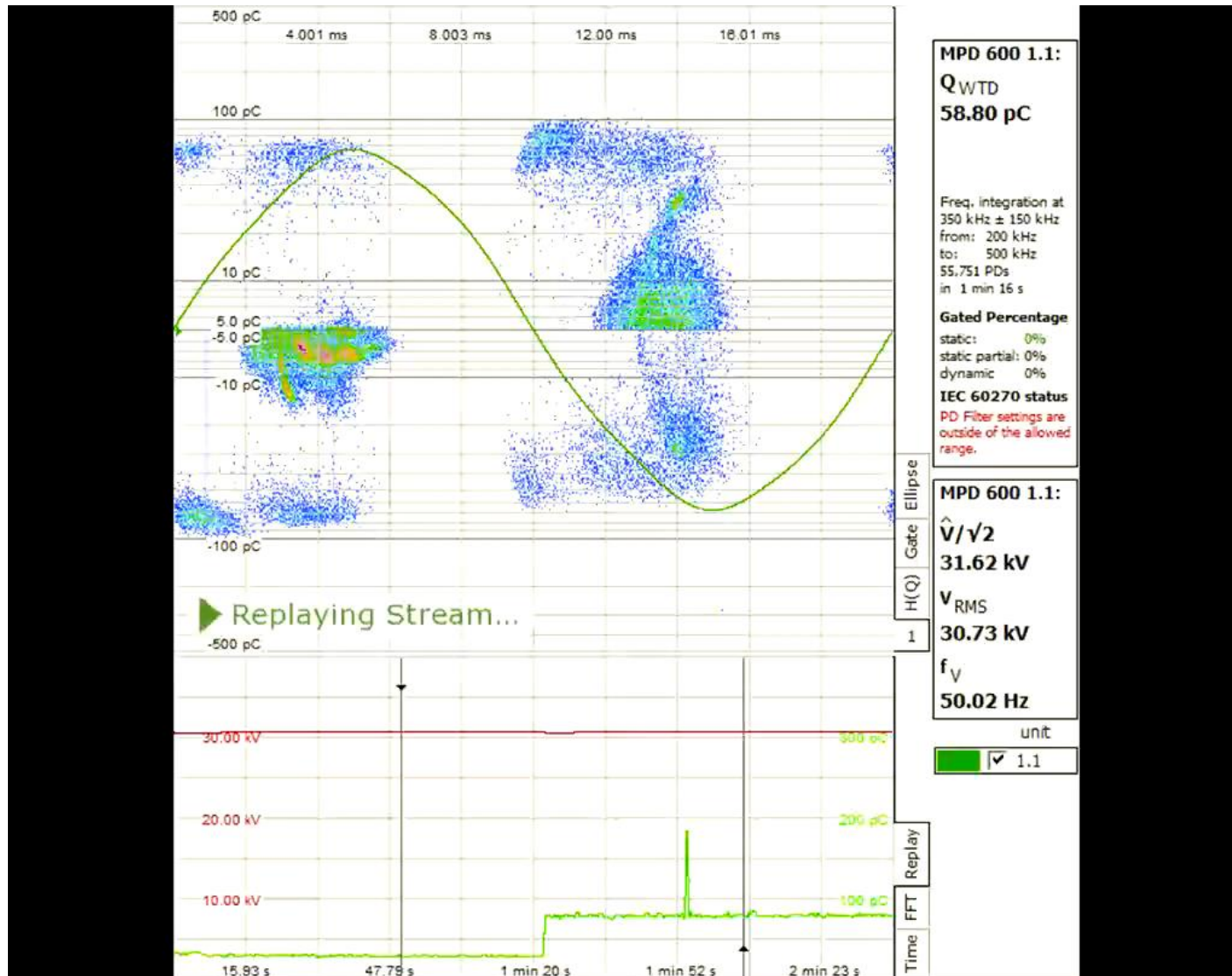


- Se detecta el pulso de corriente PD

Ejemplo: Medición de DP en bobina



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

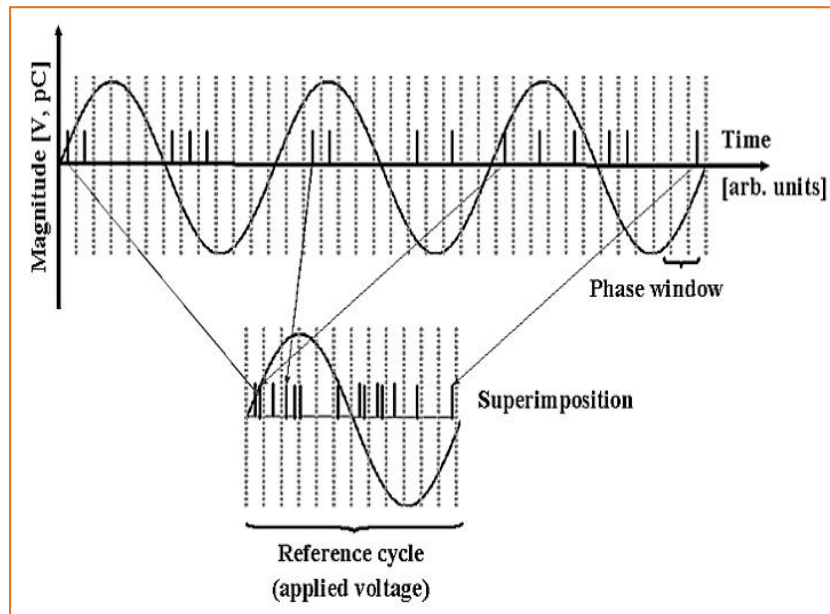


Manifestaciones físicas de DP

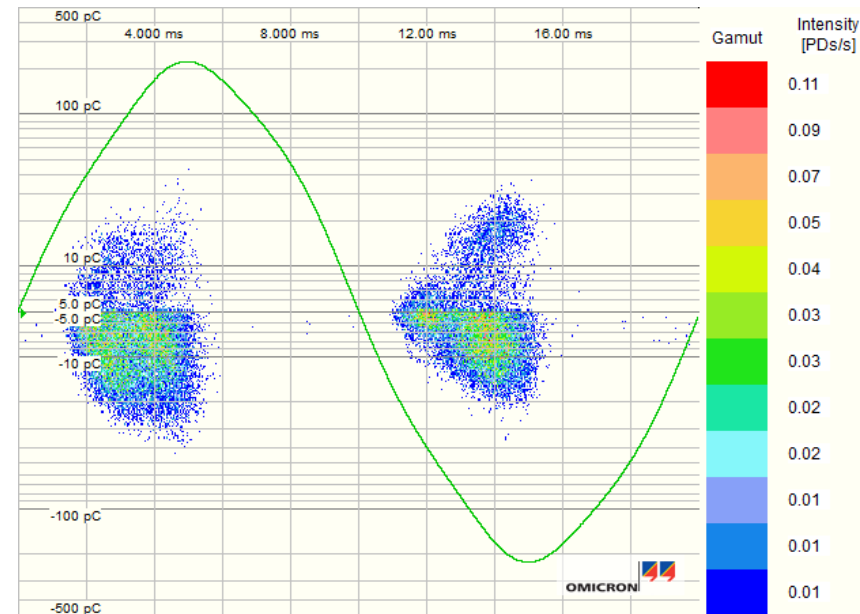
- Corriente eléctrica
- Radiación electromagnética
- Luz
- Sonido
- Sub-productos químicos (superficial)
- Olor (ozono)

Análisis tradicional de DP

- Proceso DP: fenómeno estocástico (aleatorio)
- Análisis: estadístico



Problema de superimposición

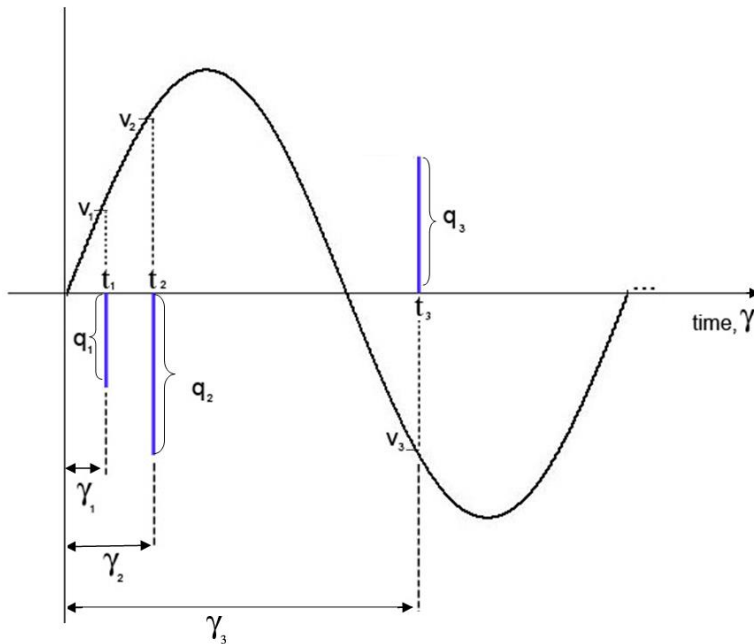


Patrón resuelto en fase
(PRPD)

Desventaja

- No considera la dinámica (secuencia pulsos) del proceso de DP

DP como secuencia de pulsos



Serie de tiempo

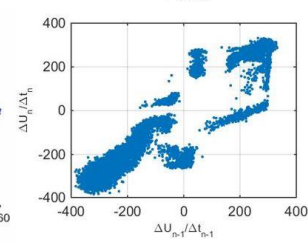
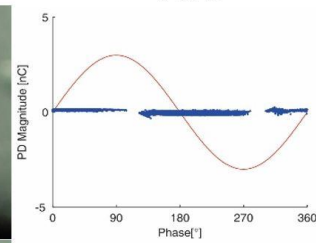
#	time	PD magn	voltage	phase angle
1	t_1	q_1	v_1	γ_1
2	t_2	q_2	v_2	γ_2
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
n	t_n	q_n	v_n	γ_n

Caso 1

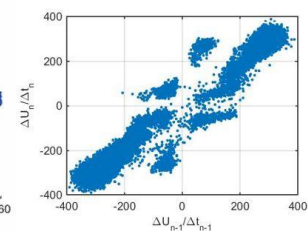
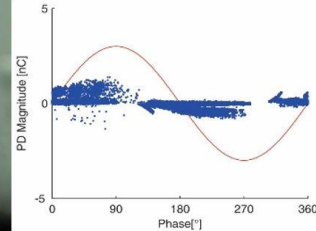
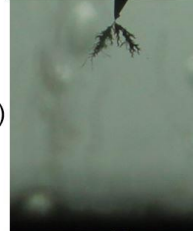


UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

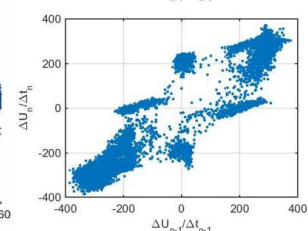
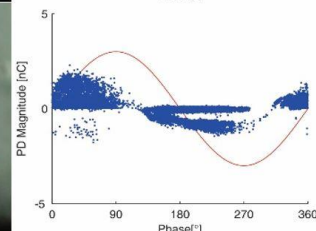
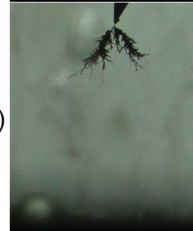
1 (7')



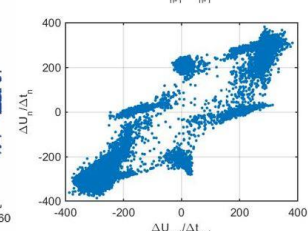
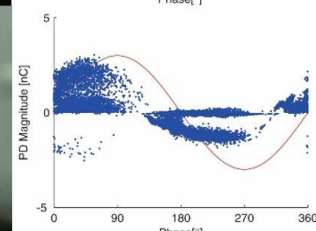
2 (32')



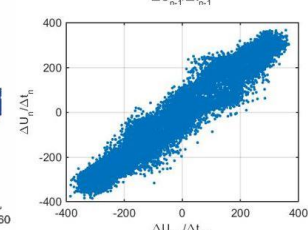
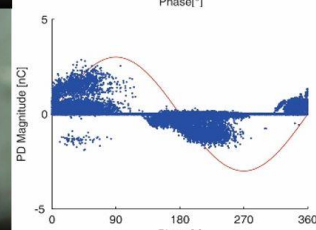
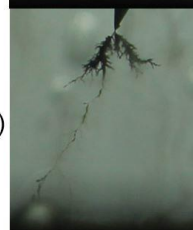
3 (65')



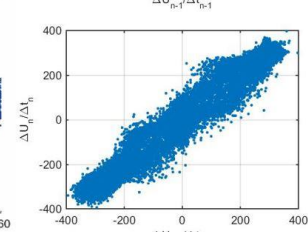
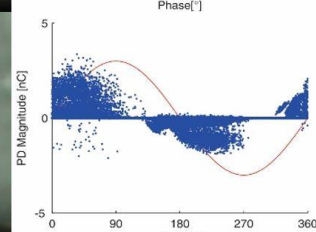
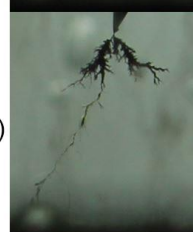
4 (76')



5 (85')



6 (94')



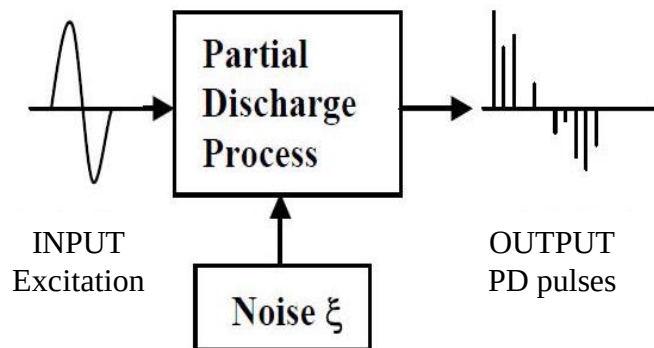
Proyecto pasado de Laboratorio de Modelación:

DP sistema dinámico no lineal
(Determinístico, series de tiempo no lineal)

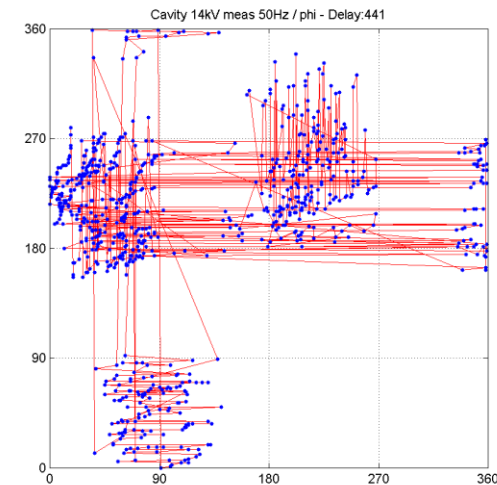
Análisis alternativo

- Proceso DP: Sistema dinámico no lineal, princ. determinístico
- Análisis: series de tiempo no lineal & teoría del caos

Modelo entrada-salida



Trayectoria



Trasfondo teórico

- Análisis dinámica sistema → representación espacio de fase (“trayectoria”)
- *Reconstrucción del espacio de fase* → una variable observable



inmersión por retraso de coordenadas

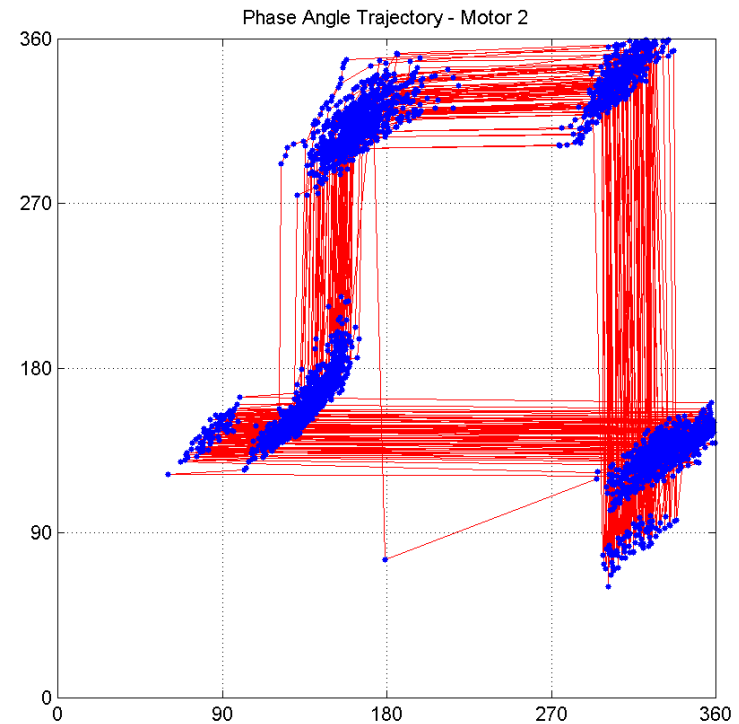
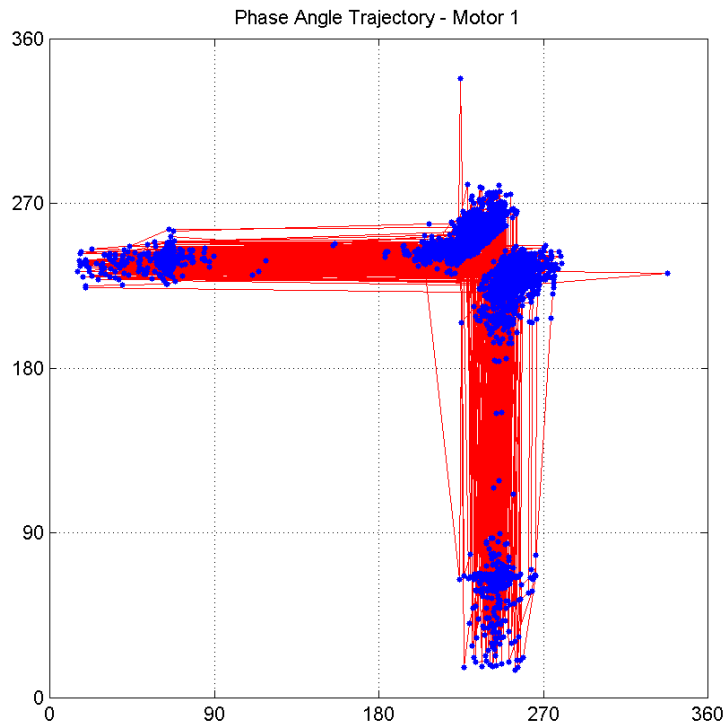


Selección de:

1. Variable
2. Parámetros de inmersión
 - ✓ Dimensión
 - ✓ Retraso

Caso 2

Trayectorias de diferentes probetas

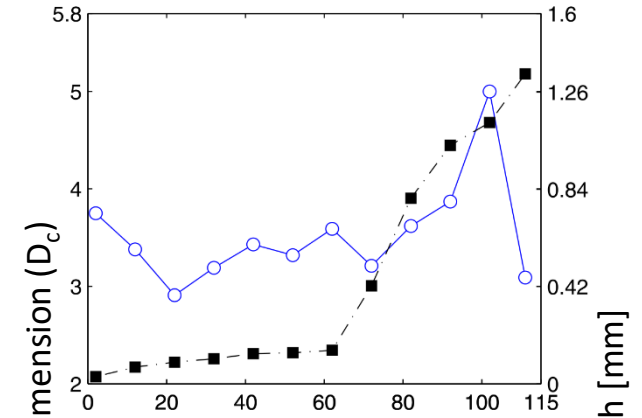
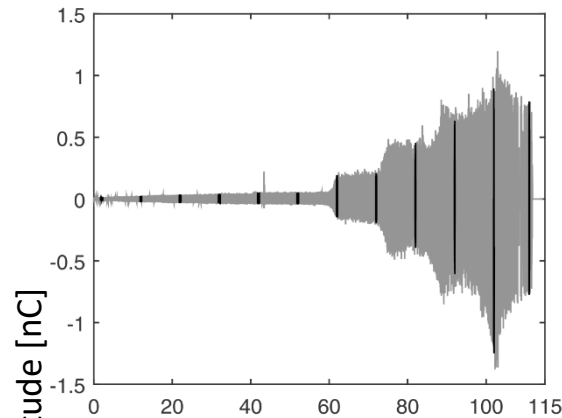
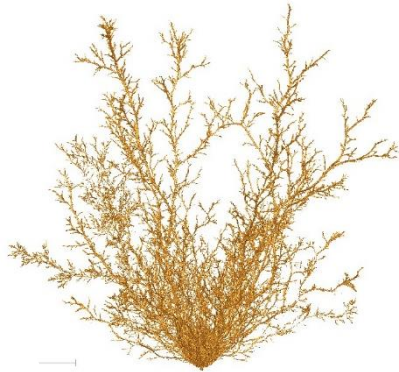


Excitation: 50Hz sinusoidal
Test object: Motor 1 & 2
Variable: phase angle
Delay: 10

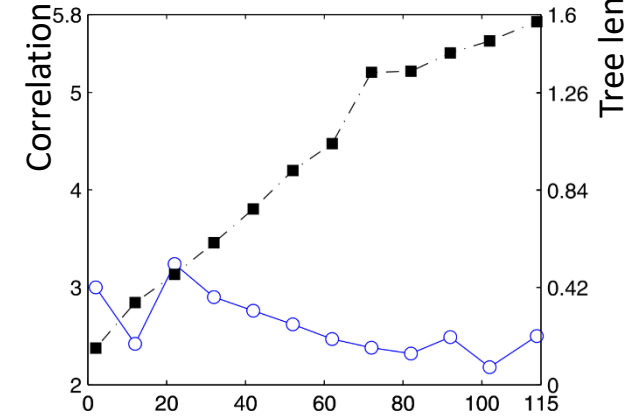
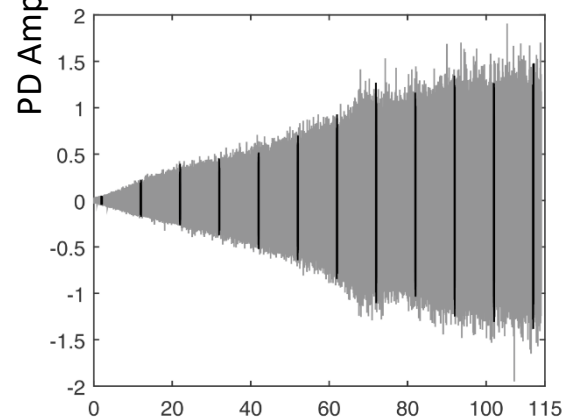
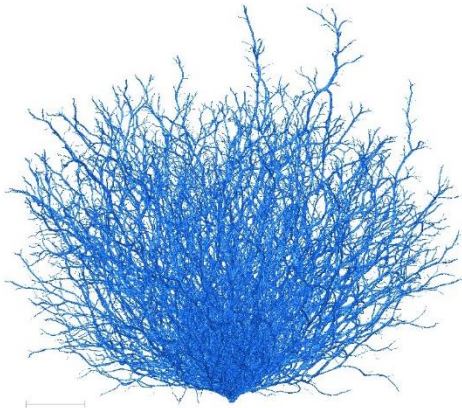
Caso 3

Dimensión de correlación en crecimiento de árboles eléctricos

10 kV



12 kV



Time [min]

Time [min]

Tree length [mm]

Proyecto para
Laboratorio de Modelación I 2019-2

Clasificación de descargas parciales

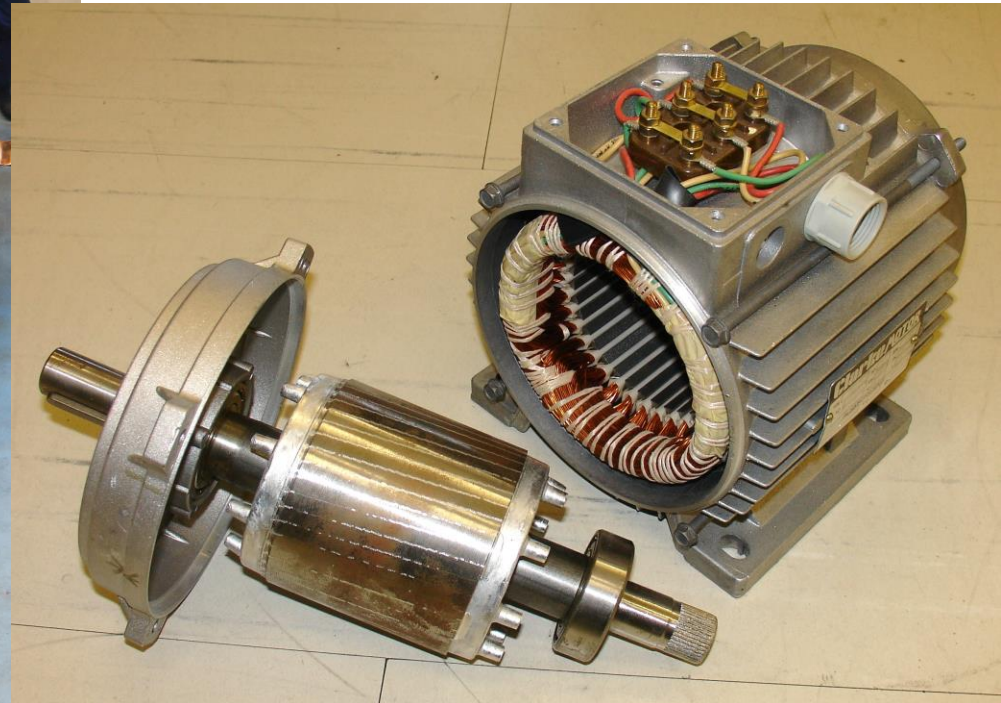
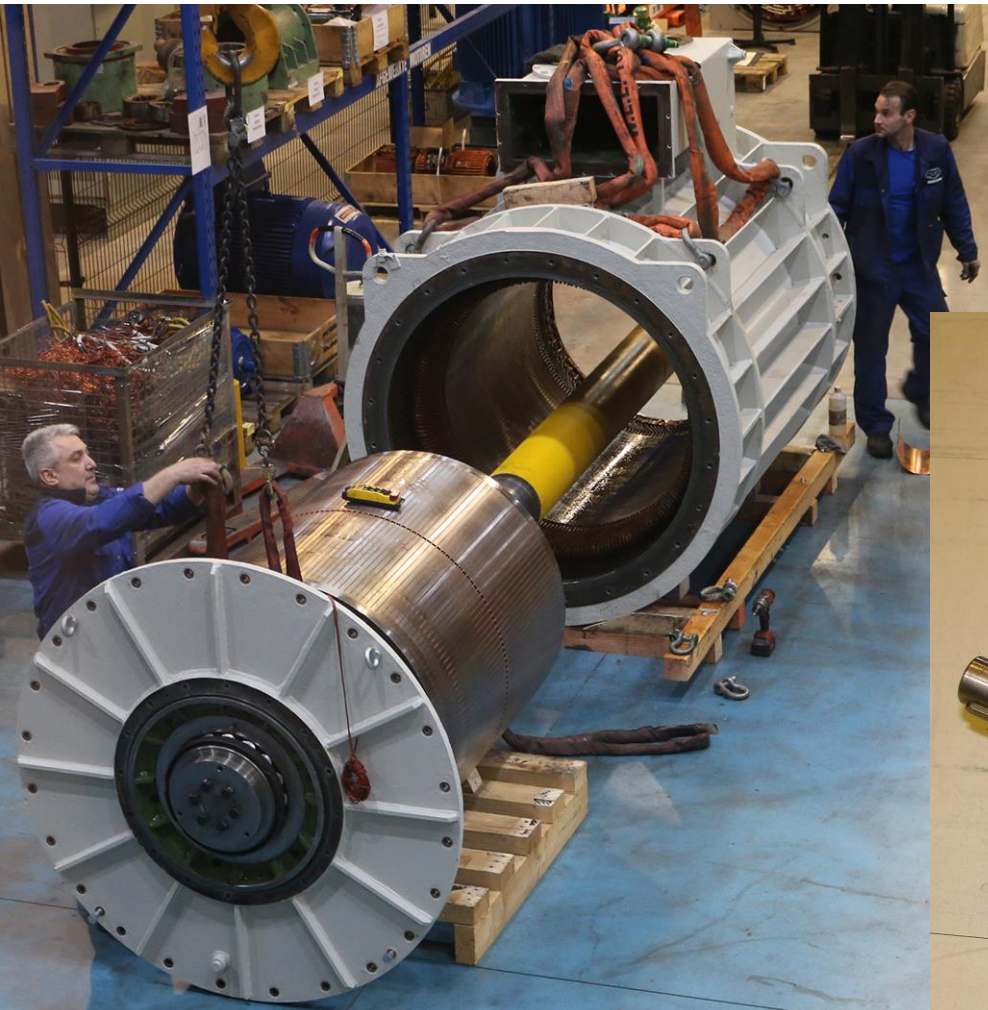
Opciones:

1. Método tradicional - PRPD
2. Forma de onda

Tipos de descargas parciales

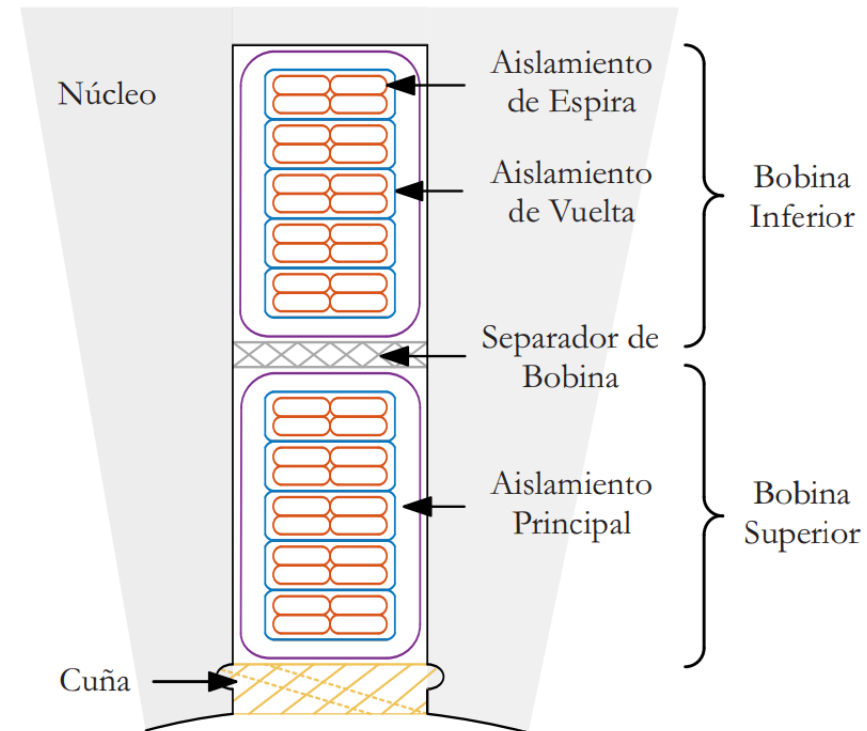
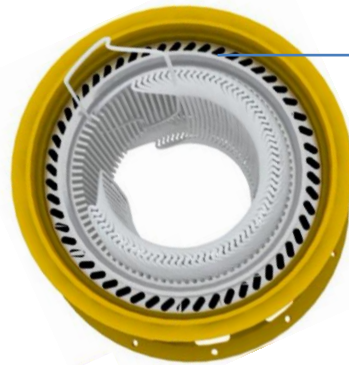
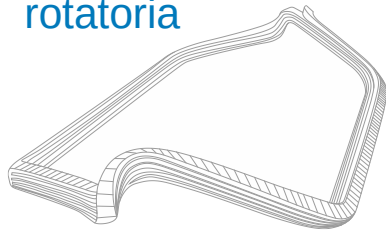
1. Corona
2. Superficial
3. Interna

Máquinas rotatorias



Tipos DP bobina máquina rotatoria

Bobina máquina
rotatoria



Proyecto para
Laboratorio de Modelación I 2019-2

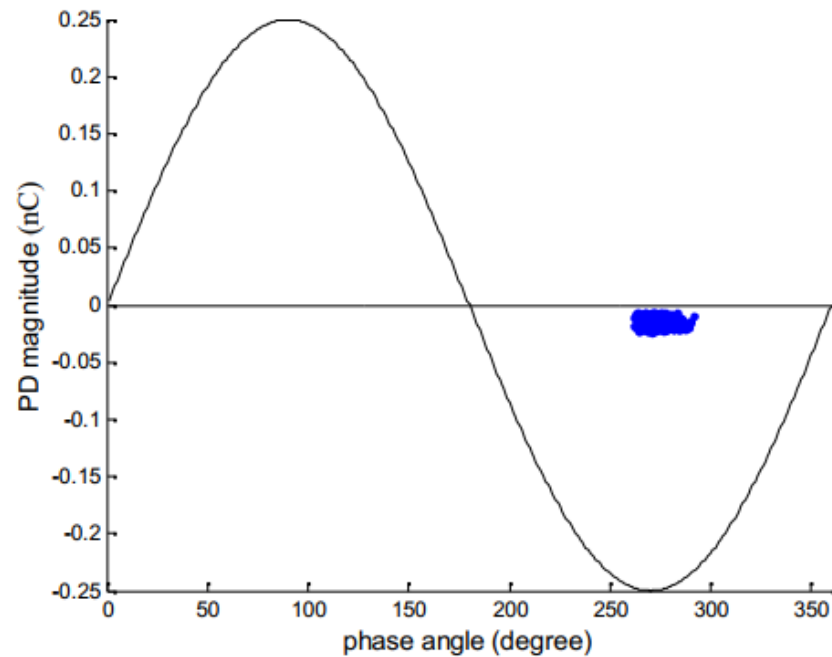
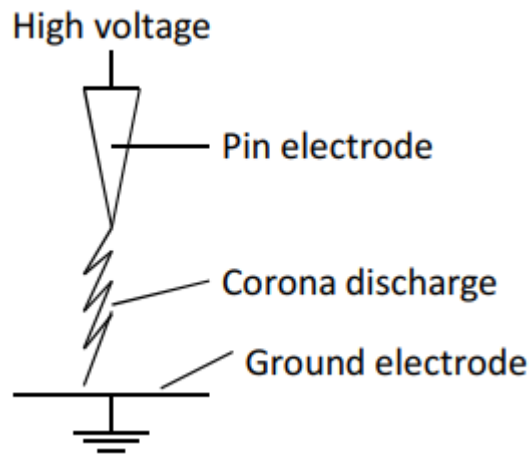
Clasificación de descargas parciales

Opciones:

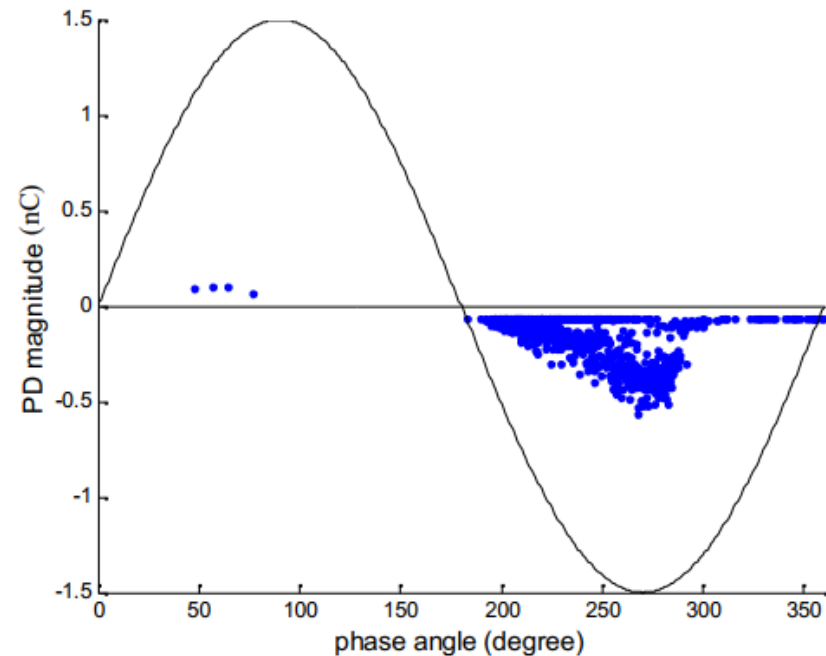
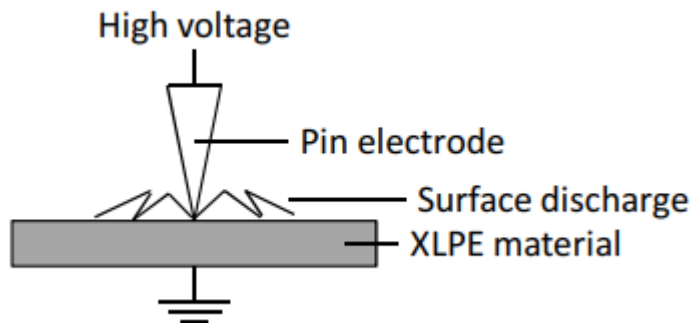
1. Método tradicional - PRPD

2. Forma de onda

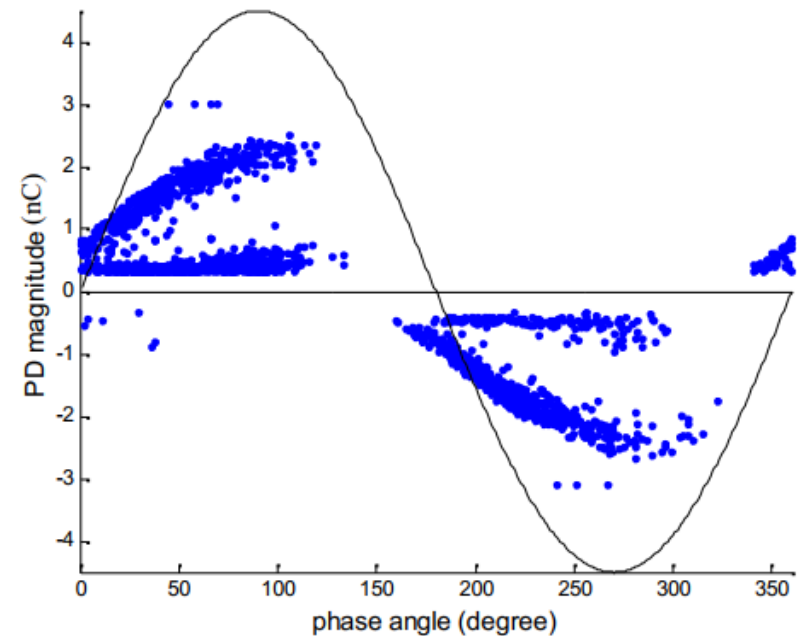
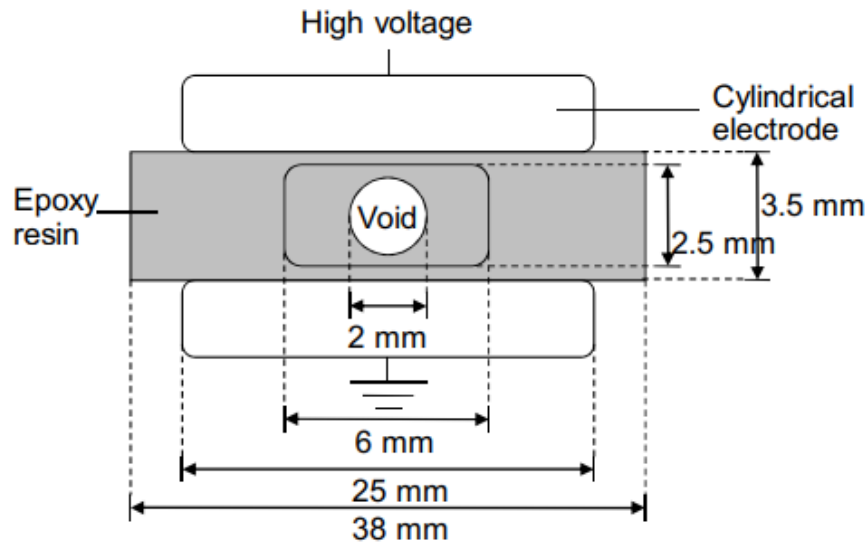
Tipo 1: DP corona



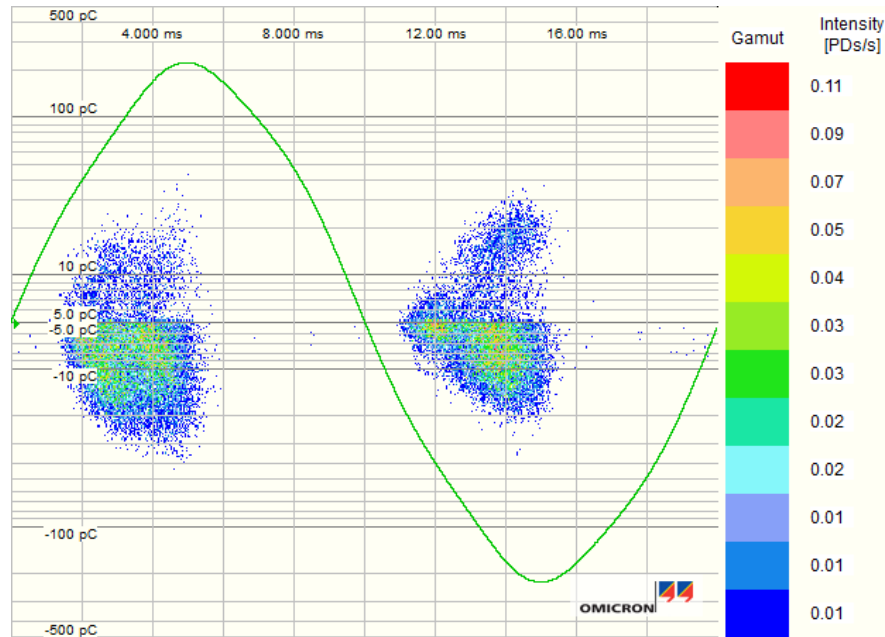
Tipo 2: DP superficial



Tipo 3: DP interna



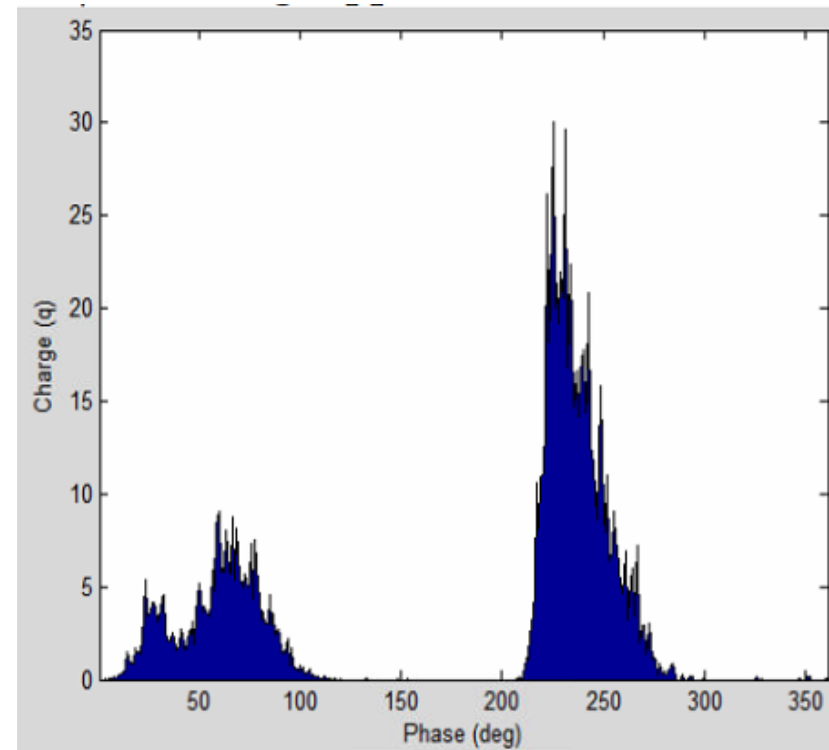
Patrón PRPD



- Data: “ φ -q-n”
- φ : ángulo (fase) [deg]
- q: carga (amplitud DP) [pC]
- n: repetición DP [DP/s]

Caracterización estadística PRPD

- Distribuciones:
 - Amplitud de pulsos DP $q(\varphi)$
 - Conteo de pulsos DP $n(\varphi)$
- Parámetros:
 - Media, varianza, etc.
 - Descriptores de forma:
 - Skewness (asimetría) y curtosis.
- Distribución de Weibull
 - Parámetros: escala (α) y forma (β)



* 2 “nuevas” distribuciones: semi-ciclo positivo y negativo.

Objetivos del proyecto: TEMA 1

GRAL: Identificar y clasificar las fuentes de DP (corona, superficiales, internas) mediante el método tradicional 'resuelto en fase'

- Comprender la temática bajo estudio
- Relacionar fuentes de DP con patrones de DP
- Identificar/clasificar tipos de DP calculando parámetros estadísticos
- Evaluar la capacidad del método para identificar fuentes de DP simultáneas.

Proyecto para
Laboratorio de Modelación I 2019-2

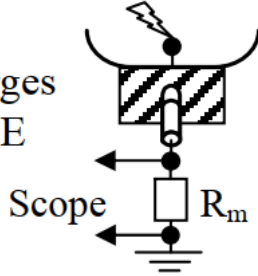
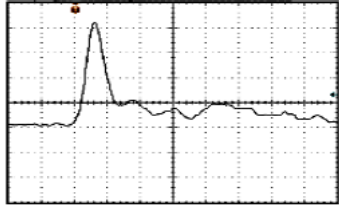
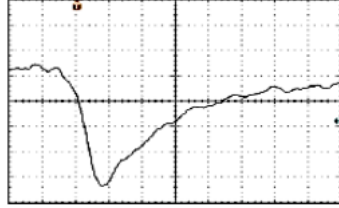
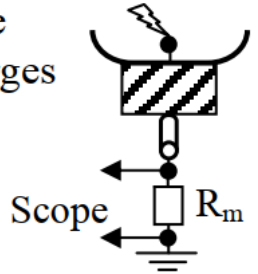
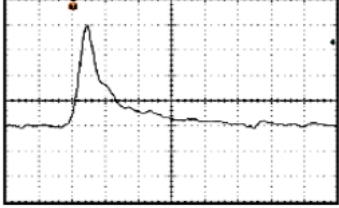
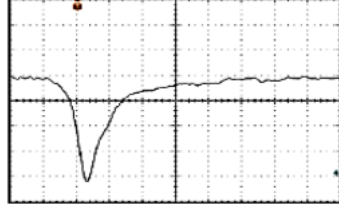
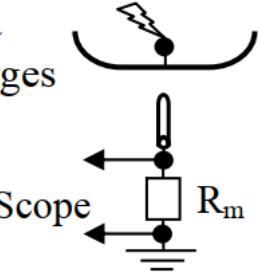
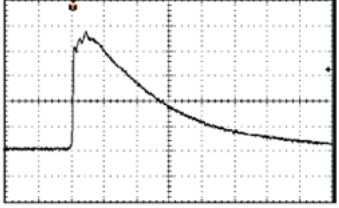
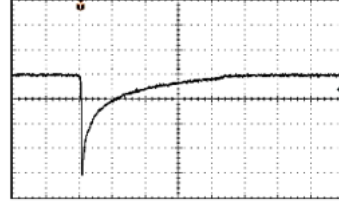
Clasificación de descargas parciales

Opciones:

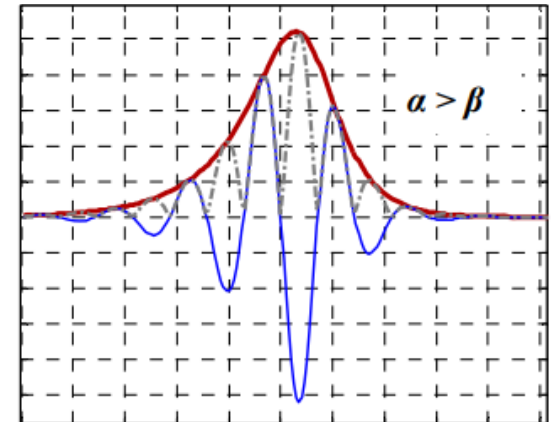
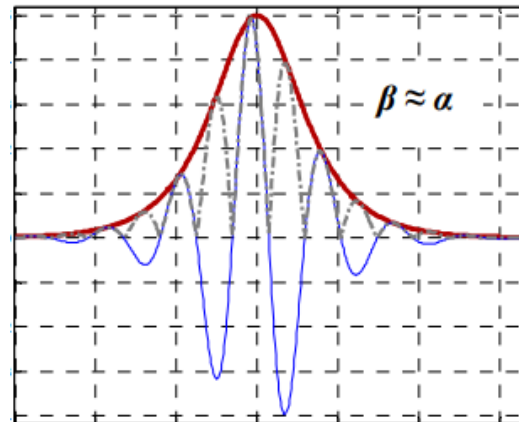
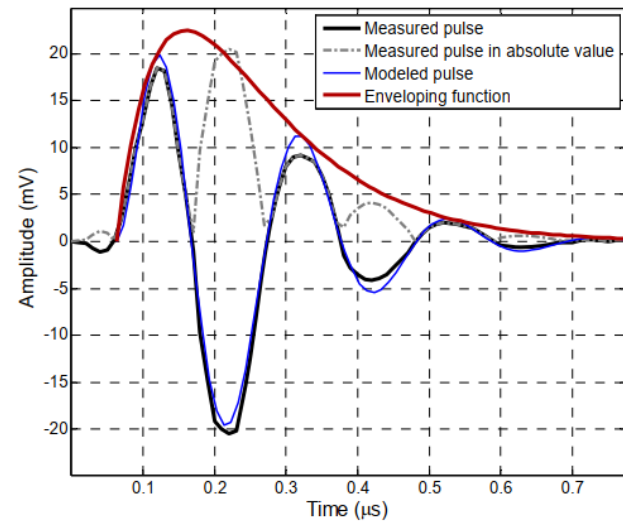
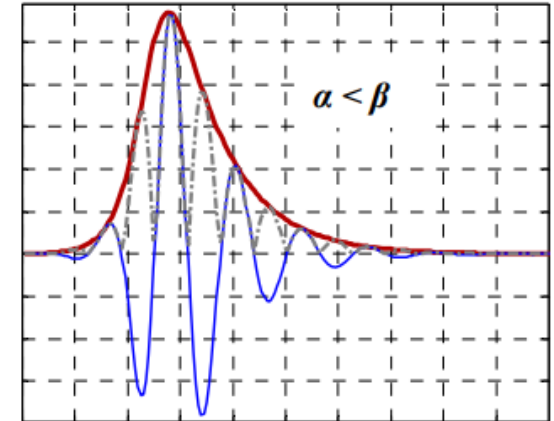
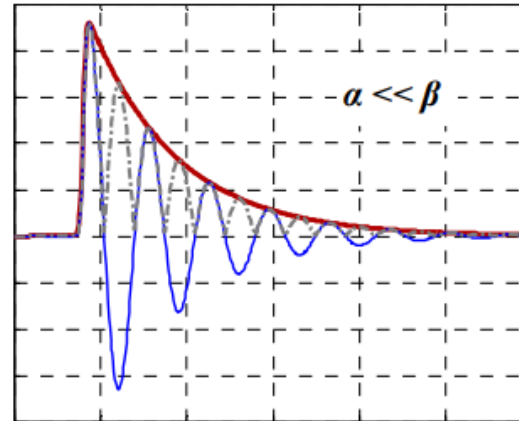
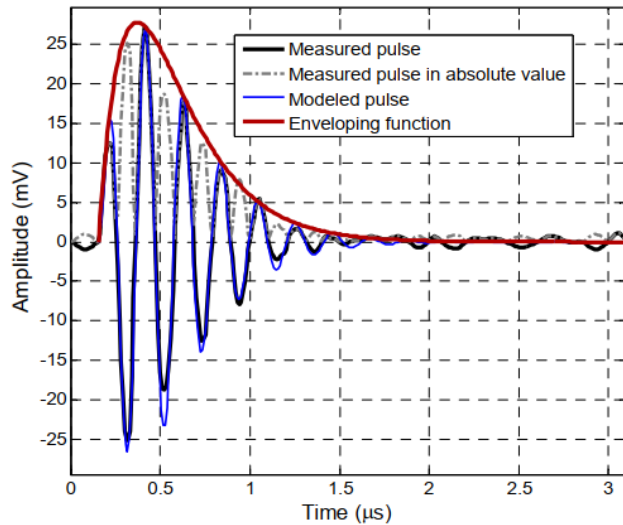
1. Método tradicional - PRPD

2. Forma de onda

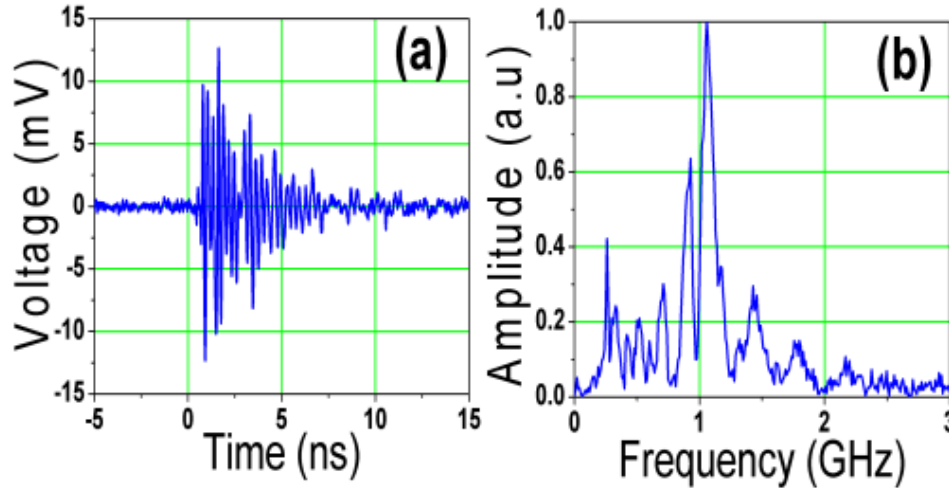
Forma de onda de DP

Type of defect	Positive current pulse	Negative current pulse
Cavity discharges in XLPE 	 0,8 mA/div, 2 ns/div	 0,2 mA/div, 2 ns/div
Surface discharges 	 0,8 mA/div, 2 ns/div	 0,2 mA/div, 2 ns/div
Corona discharges 	 4 mA/div, 4 ns/div	 0,8 mA/div, 40 ns/div

Forma de onda de DP – Envoltentes (tiempo)

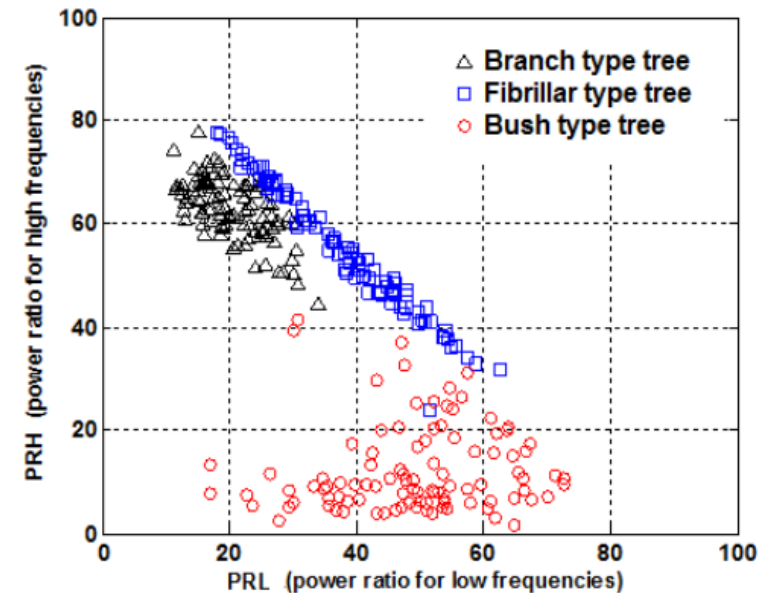


Forma de onda de DP – Contenido frecuencia



$$\% \text{ PRL} = \frac{\sum_{f_1}^{f_2} |s(f)|^2}{\sum_{f_0}^{f_t} |s(f)|^2}$$

$$\% \text{ PRH} = \frac{\sum_{f_2}^{f_3} |s(f)|^2}{\sum_{f_0}^{f_t} |s(f)|^2}$$



Objetivos del proyecto: TEMA 2

GRAL: Identificar y clasificar las fuentes de DP (corona, superficiales, internas) mediante la forma de onda de las descargas parciales.

- Comprender la temática bajo estudio
- Caracterizar descargas parciales a través de parámetros derivados de su forma de onda.
- Identificar/clasificar tipos de DP calculando parámetros que sean promisorios para caracterización
- Evaluar la capacidad del método para identificar fuentes de DP simultáneas.

Gracias por su atención