

# **AISLAMIENTOS DE USO EN DISTRIBUCIÓN**

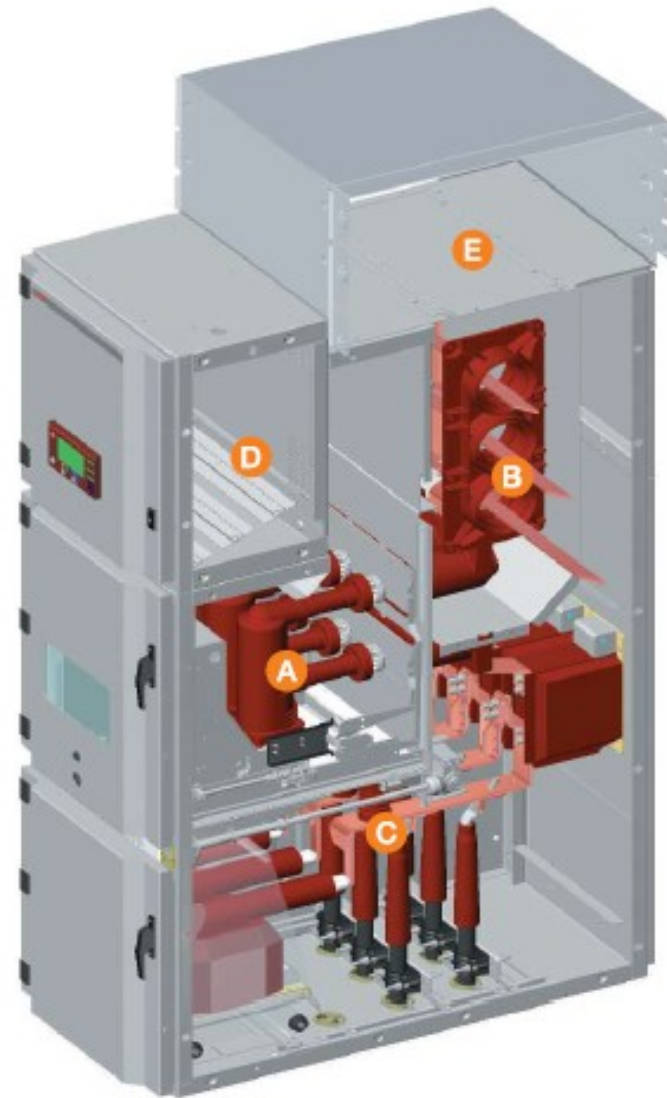
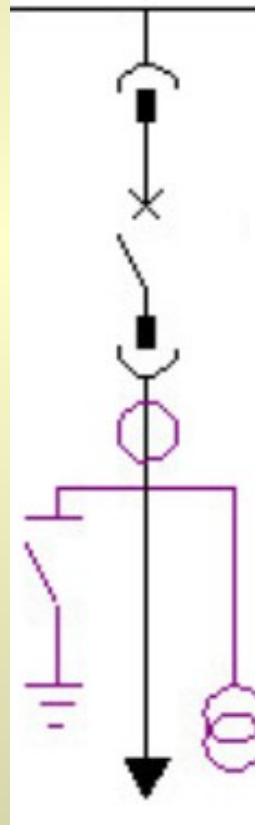
# Que tipo de aislamientos podemos encontrar ??

- **AIRE**
- **Aceite aislante y papel impregnado en aceite (transformadores)**
- **Porcelana o vidrio (aisladores, bushings)**



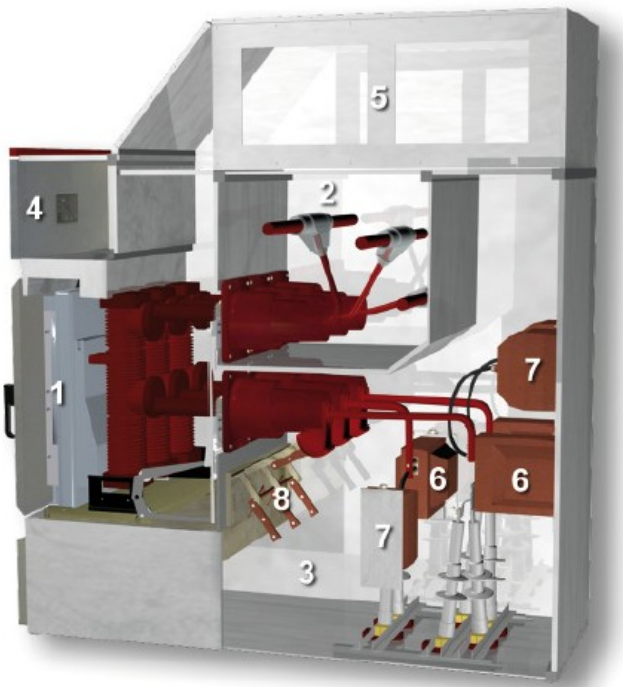
## En celdas prefabricadas:

- AIRE
- Resinas epoxicas
- Plásticos aislantes



### Compartimientos de la unidad

- A Compartimiento interruptor
- B Compartimiento barras
- C Compartimiento línea
- D Compartimiento baja tensión
- E Conducto de alivio de los gases compacto



## **Materiales orgánicos tal como:**

- Polietileno Reticulado (cables de Media Tensión)**
- Goma de Silicona, EPDM (terminales de cable, envolvente de descargadores)**



**Que tipo de aislamientos podemos encontrar ??**

**- Gas Hexafluoruro de Azufre (SF6)**

**Reconectores o  
disyuntores  
(aislación y corte de arco)**



**Sistema GIS (Gas Insulated System)**



# AISLAMIENTO.

## PROPIEDADES DE LOS DIELECTRICOS HOMOGÉNEOS

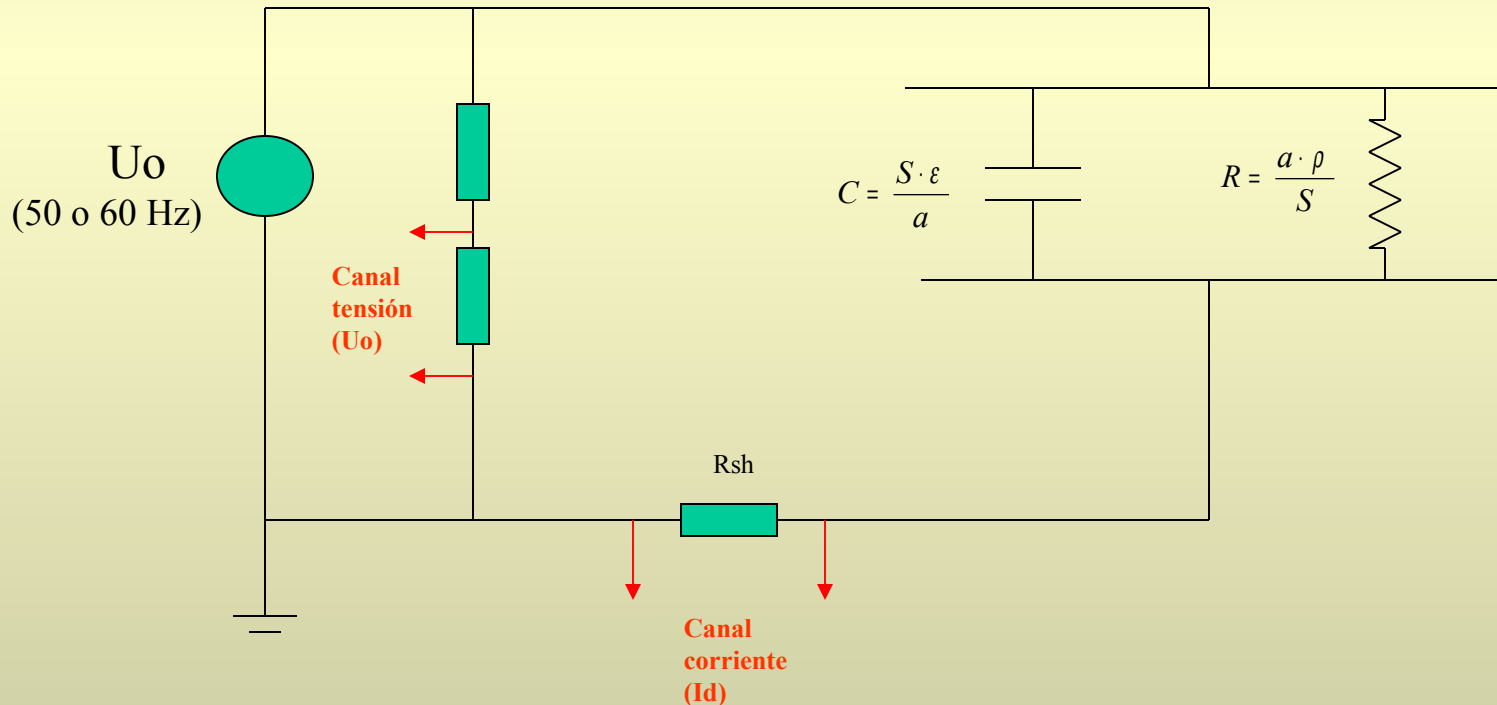
- Lo que llamamos AISLANTES son los materiales dieléctricos
- **Un dieléctrico ideal** no tendría cargas capaces de moverse en presencia de un campo  $E$  (V/cm) de cualquier magnitud y presentaría además una capacidad de polarización instantánea.
- Sin embargo en el planeta no existe este material solo el vacío perfecto cumple la propiedad de no tener cargas libres y con constante dielectrica  $\epsilon=\epsilon_0$
- Lo que usamos de aislantes son materiales con las siguientes propiedades:
  - 1. Siempre existe cargas libres lo que da lugar al aplicar una tensión entre los extremos de un trozo de material una corriente **de conducción**. A ésta debe sumarse la corriente de polarización del aislante, obteniéndose la **corriente de pérdidas totales  $I_r$**
  - 2. La otra característica importante del aislante es su **constante dieléctrica relativa  $\epsilon_r$**  (la cual explica porqué hay aislantes con mayor capacidad de carga que otros) lo que da lugar a una corriente **capacitiva  $I_c$**
  - 3. Siempre existe un valor de intensidad de  $E$  a partir del cual el material se “perfora” provocando una pérdida irreversible de sus propiedades aislantes en la zona de perforación volviéndose conductor. Este valor, el cual es muy importante a tener en cuenta para el diseño de los aislamientos es lo que se denomina **rigidez dieléctrica** el cual se define como **el máximo gradiente de potencial** que un material es capaz de soportar.

# AISLAMIENTO

## PROPIEDADES DE LOS DIELECTRICOS HOMOGÉNEOS

- Que consecuencias tienen las propiedades 1 y 2 anteriores para aislantes sólidos y líquidos?
- Propiedad 1 y 2: Un trozo de aislante sometido a una tensión  $U_0$  puede estar modelado de la siguiente forma:

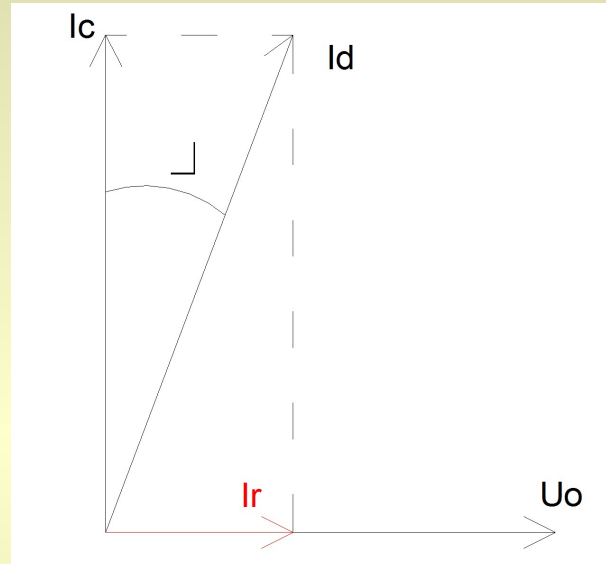
### Ejemplo ensayo tangente delta



# AISLAMIENTO

## PROPIEDADES DE LOS DIELECTRICOS HOMOGÉNEOS

- Definamos el ángulo  $\delta$  como “ángulo de pérdidas” (suponiendo  $U_0$  fuente de alterna):



- “ $\text{tg}\delta$ ” da idea de las “pérdidas” de un aislante. Si el aislante fuera ideal sería nulo. Por esta razón la medida de este parámetro es muy importante para caracterizar la evolución del aislante, cuanto mayor sea peor será sus condiciones aislantes.
- Que influye sobre  $\delta$ ?
- En los inorgánicos: El polvo, la humedad, la temperatura. Nivel de tensión
- **Mayor temperatura implica mayores pérdidas**
- **Mayor tensión implica mayores pérdidas**



# AISLAMIENTO

## PROPIEDADES DE LOS DIELECTRICOS HOMOGÉNEOS

Propiedad 3): la **rigidez dieléctrica** se define como **el máximo gradiente de potencial** que un material es capaz de soportar.

Pero entonces si aumento el “espesor” de un aislante sometido a  $V$ , el gradiente de potencial ( $E$ ) disminuye, entonces, cuanto “mas grueso” sea un aislante la  $V$  (tensión) que provoca la “ruptura” es cada vez mayor.

Esto pasa en todos los aislantes por eso, también, a mayor tensión a la que se pueda ver expuesto los aislantes son “mas gruesos”.

Entonces: interesa saber que influye sobre la rigidez?

Polvo, la humedad (ambiente), temperatura, y por supuesto la tensión aplicada (que define  $E$ )

Desde el punto de vista del stress eléctrico que influye en la vida útil del aislante?

La **MÁXIMA TENSIÓN DE OPERACIÓN Y EVENTUALES SOBRETENSIONES A QUE SE PUEDA VER EXPUESTO.**

Por esto: **El tipo de material y el “espesor” utilizado como aislante en los procesos de diseño y fabricación de los equipos e instalaciones de MT son los determinantes de su capacidad de aislación y de su vida útil.**

Por esto: dado un material aislante y su “espesor”, en un equipo que determina?

Su “**CLASE DE TENSIÓN**” la cual se relacionará con la capacidad de aguante del aislamiento del equipo como veremos más adelante.

**Observación:** el campo  $E$  no se distribuye uniformemente en los equipos e instalaciones reales.

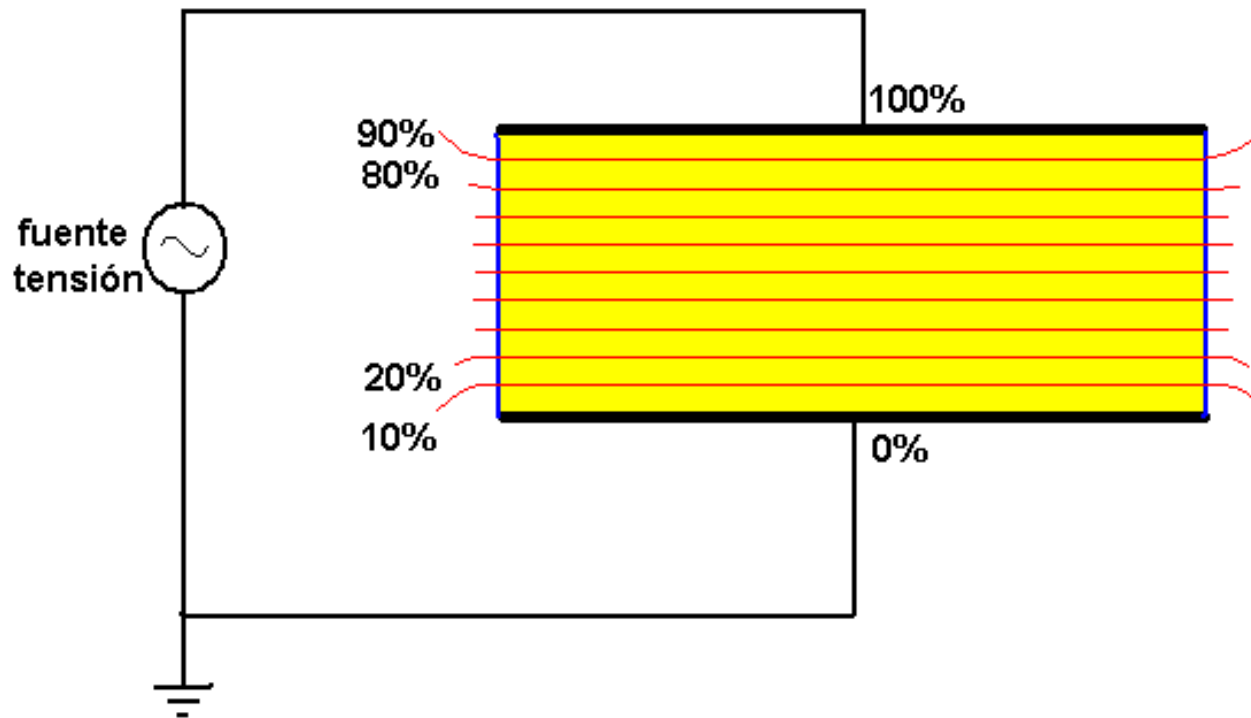
-Se verá que no necesariamente el espesor de aislación es determinante

-En realidad debe observarse que ocurre con el Campo Electrico  $E$  en todo el volumen de aislación

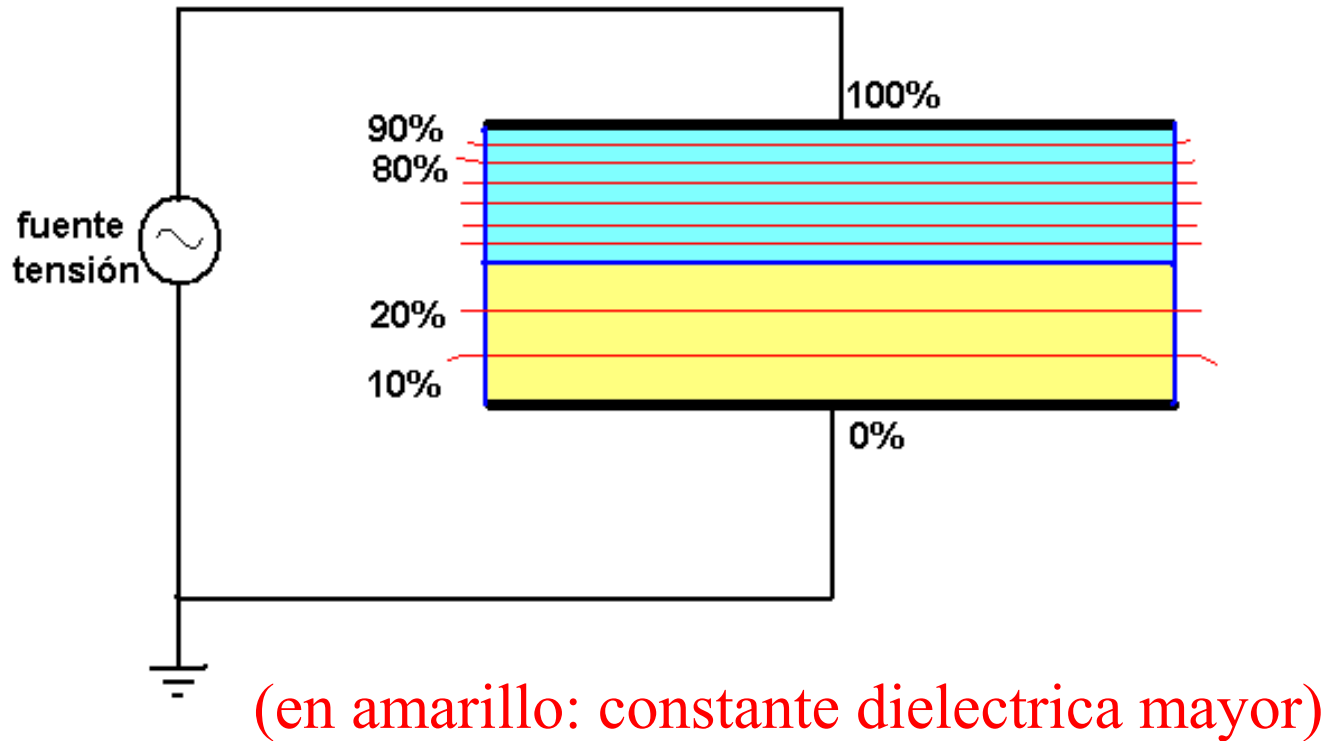
-En todo punto debe cumplirse que éste sea menor que el  $E_{max}$  soportado por cada tipo de aislante que compone un equipo.

Se utilizará un ejemplo en base a la geomatría mas simple posible (placas paralelas con uno o mas dielectricos ) :

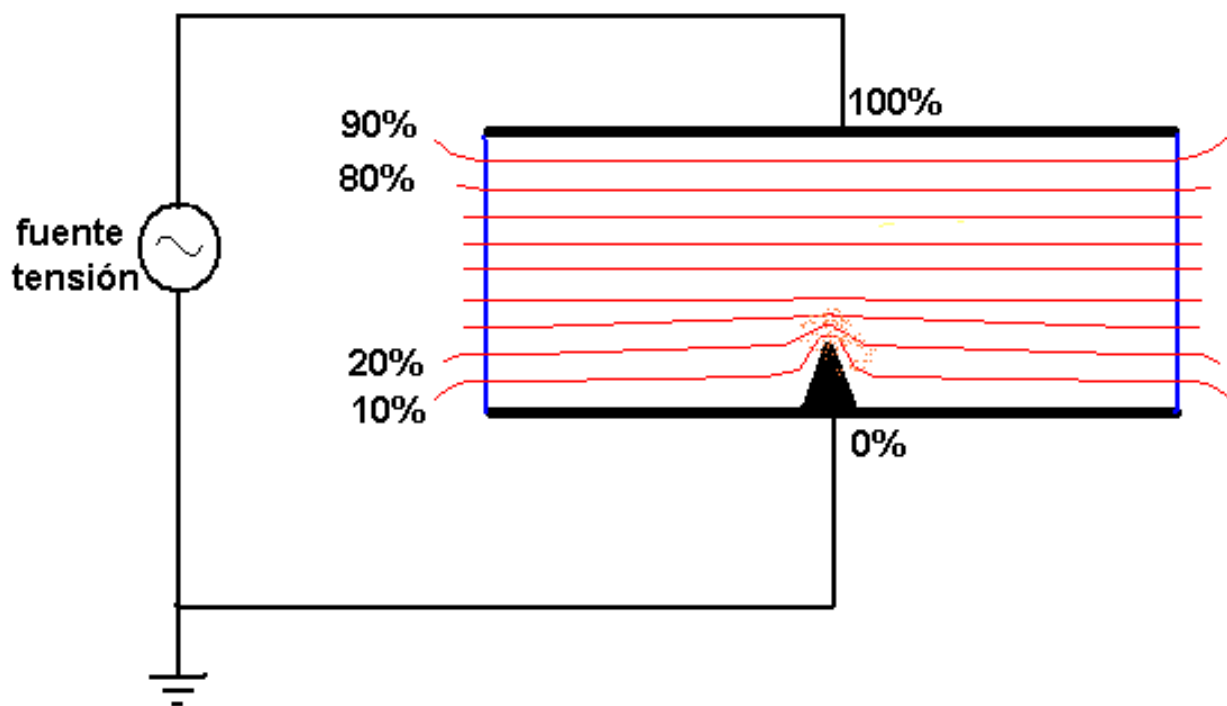
# Placas paralelas con un aislante sometido a tensión alterna



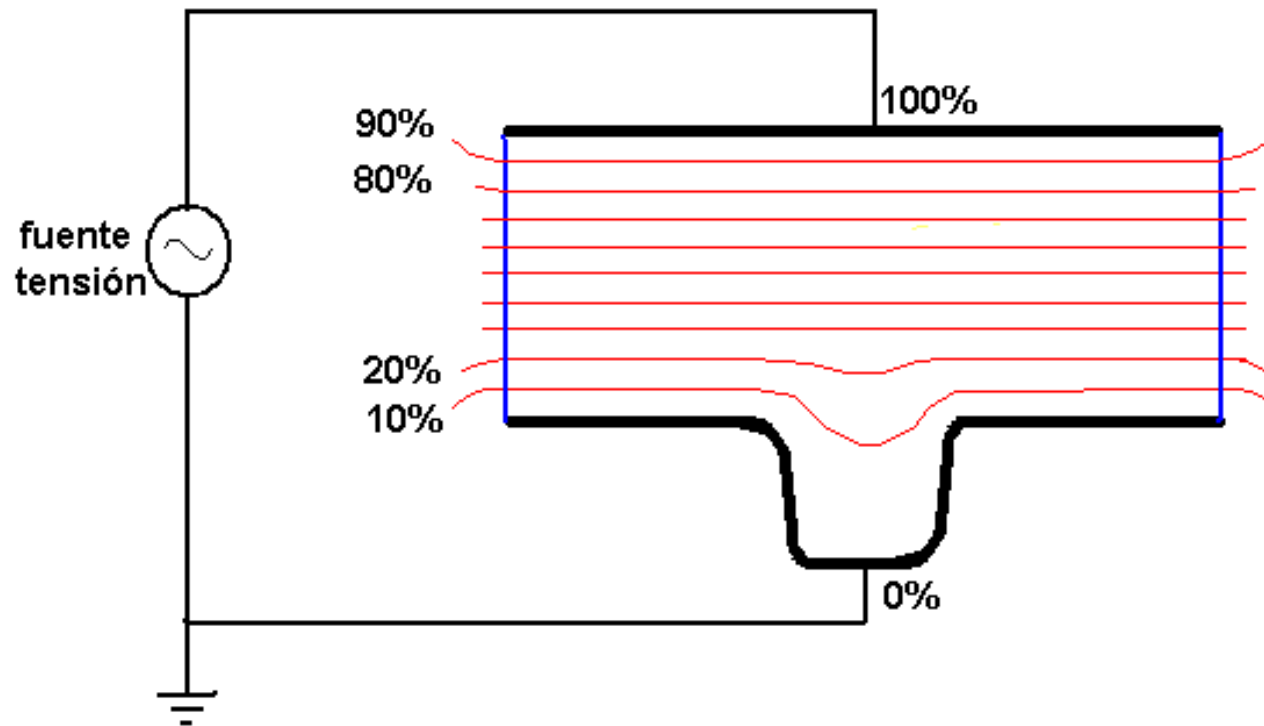
# Placas paralelas con dos aislantes de constante dieléctrica diferente sometidos a tensión alterna



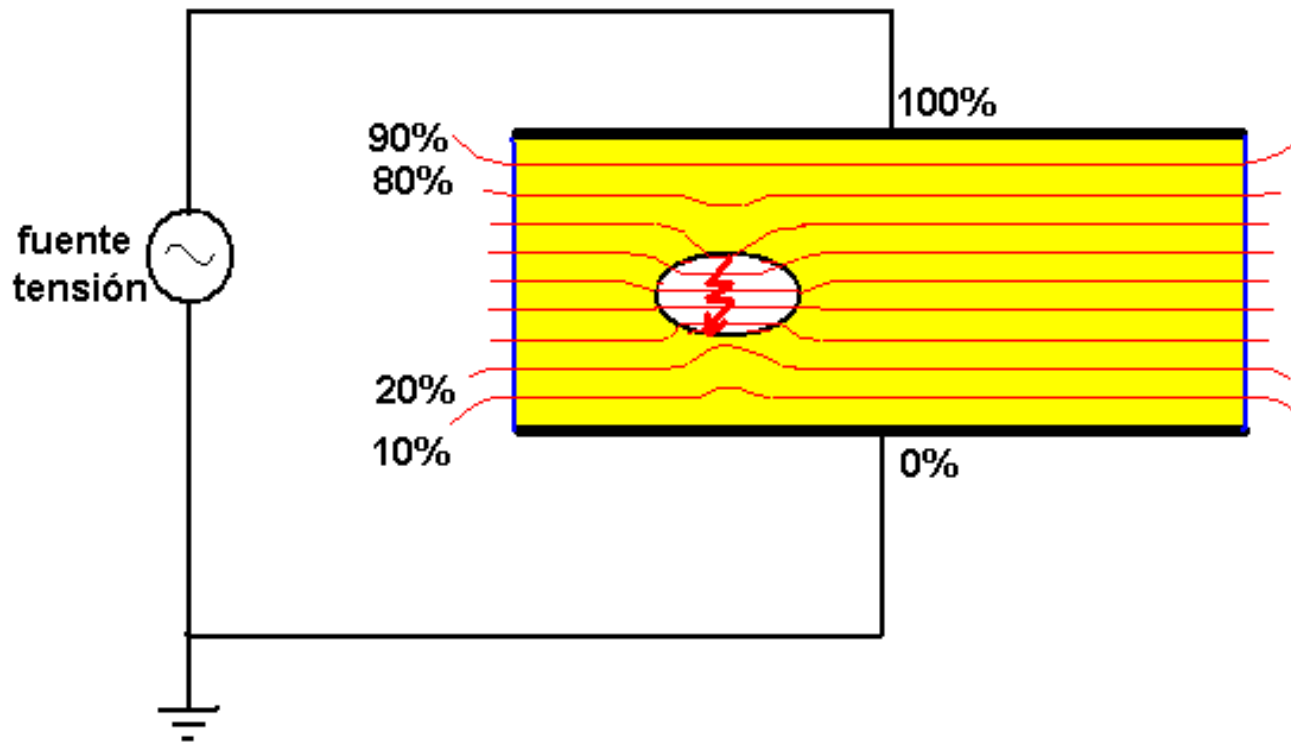
# Distorsión de equipotenciales (“efecto punta”)



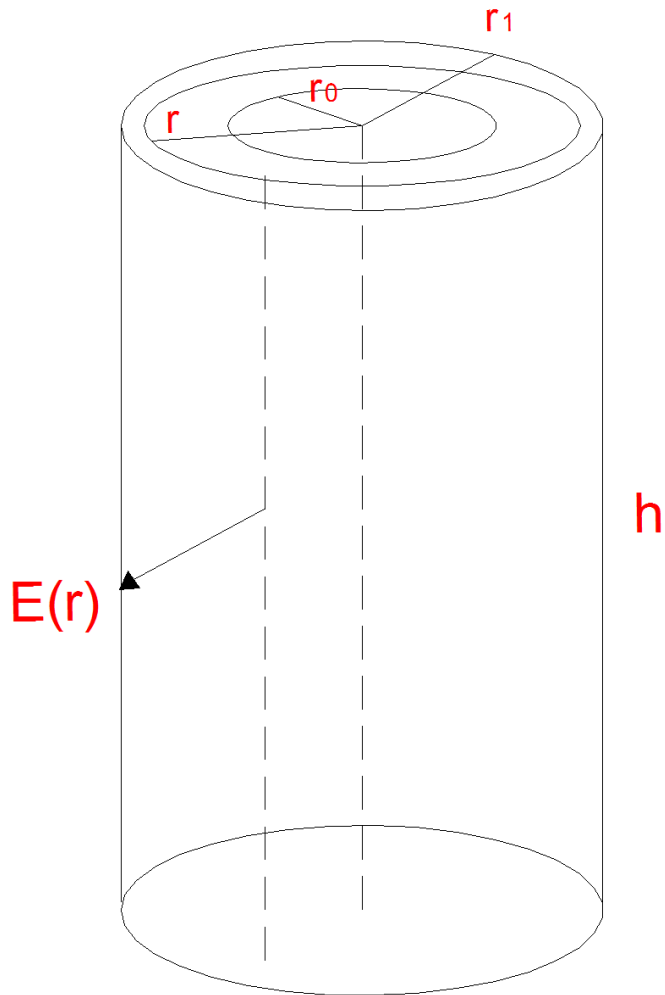
# Distorsión de equipotenciales ( “efecto Jaula de Faraday”)



# Descargas Parciales



# Campo eléctrico en un cable cilíndrico apantallado

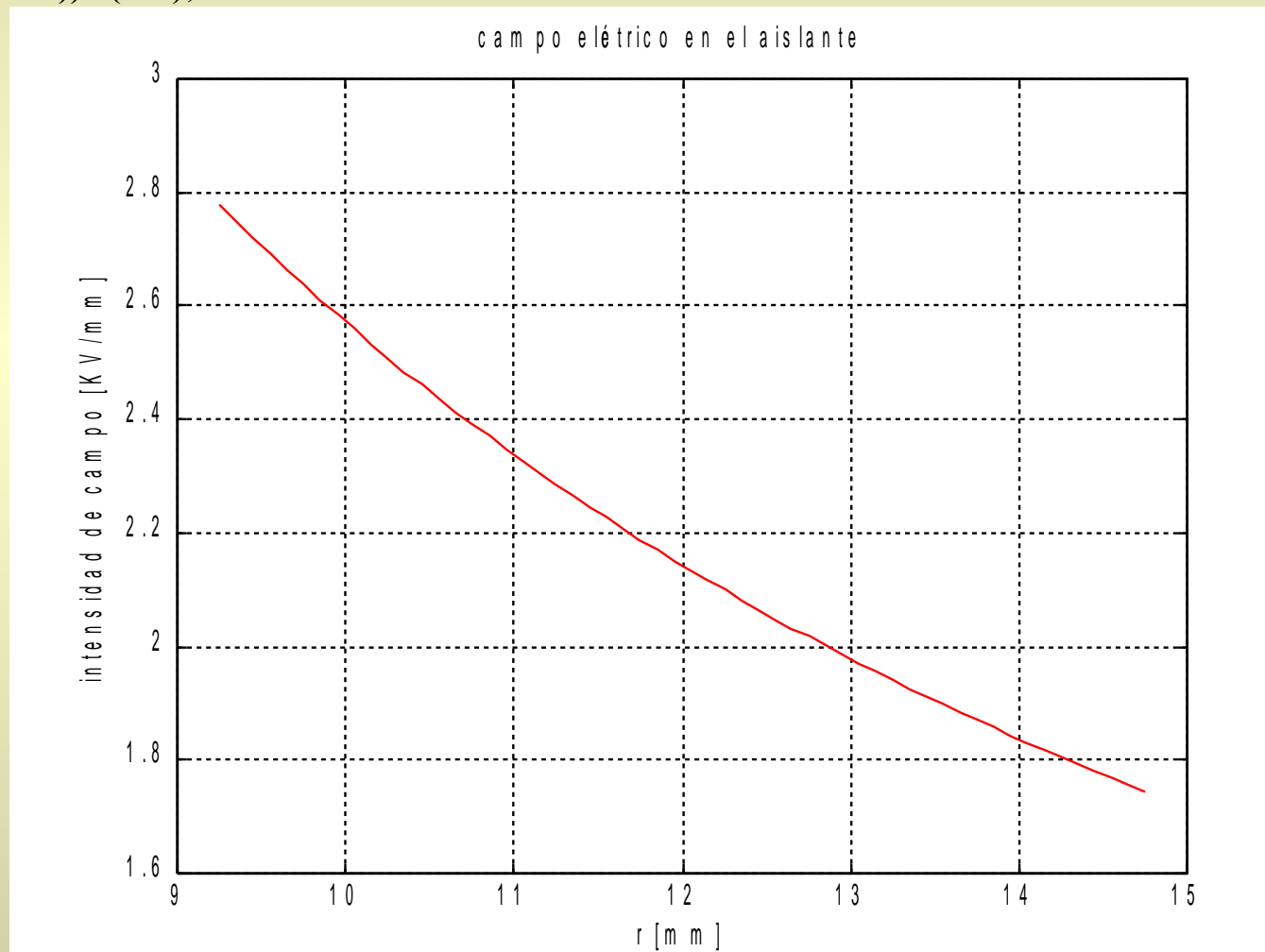


$$\int_{r_0}^{r_1} E(r) dr = U_0 \Rightarrow E = \frac{U_0}{\text{Ln}\left(\frac{r_1}{r_0}\right)} \cdot \frac{1}{r}$$

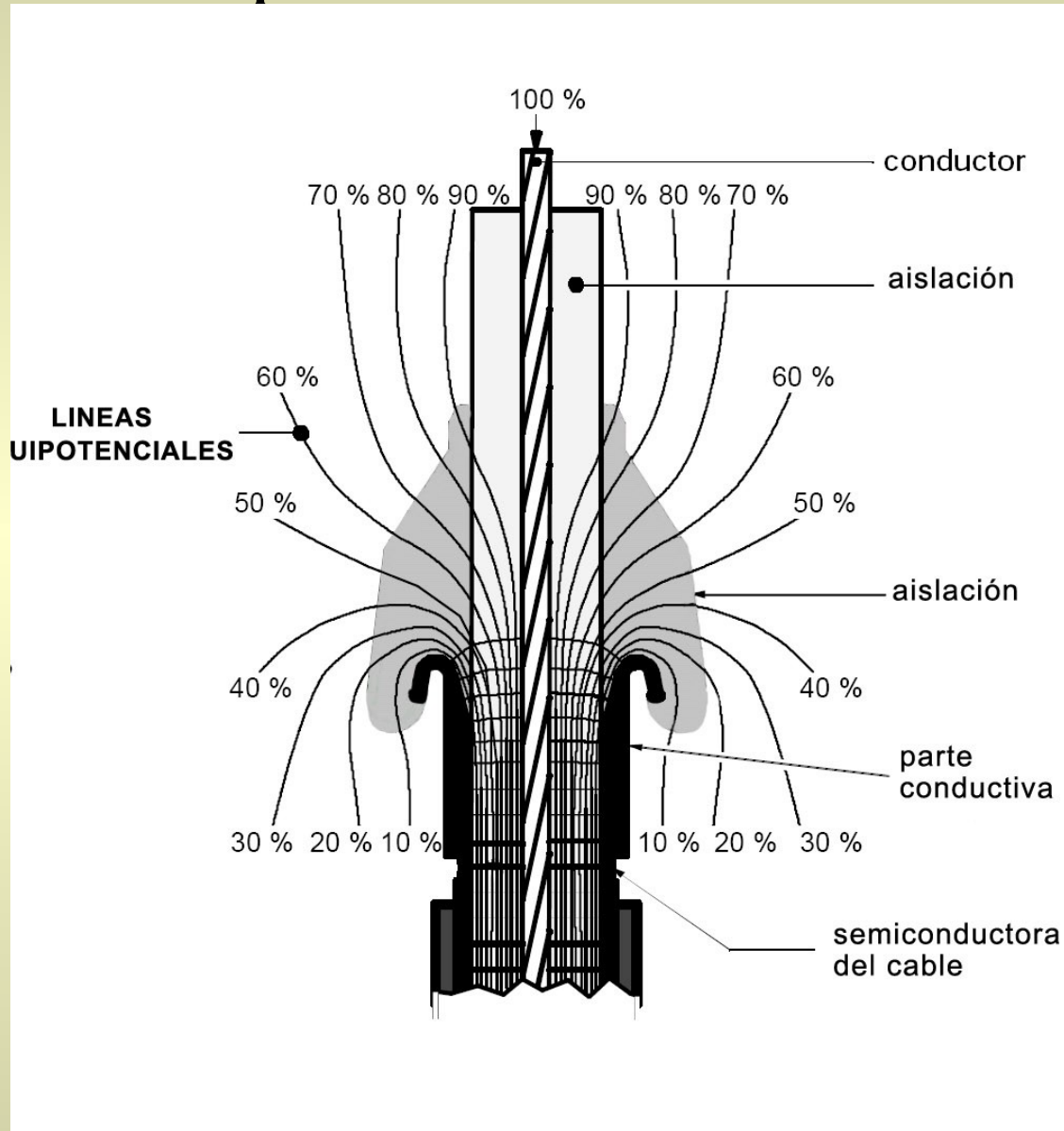


A modo de ejemplo se grafica el campo eléctrico en un cable 12/20 KV, 240 mm<sup>2</sup> de sección:

$U_0=12$ ; %KV tensión fase-pantalla  
 $r_0= 18.5/2$ ; %mm radio del conductor  
 $e= 5.5$ ; %mm espesor nominal de aislación  
 $r_1= r_0+e$ ; %mm  
 $r=r_0:0.1:r_1$ ;  
 $E=(U_0/\log(r_1/r_0)).*(1./r)$ ; % KV/mm



# Campo eléctrico en un terminal de cable



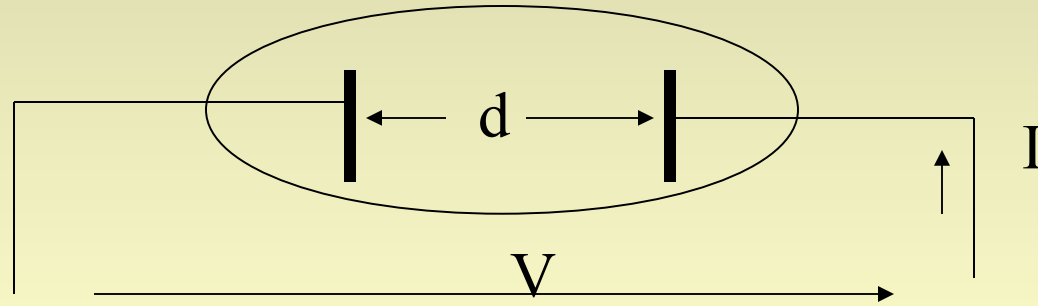
# AISLAMIENTO

## PROPIEDADES DE LOS DIELECTRICOS HOMOGÉNEOS

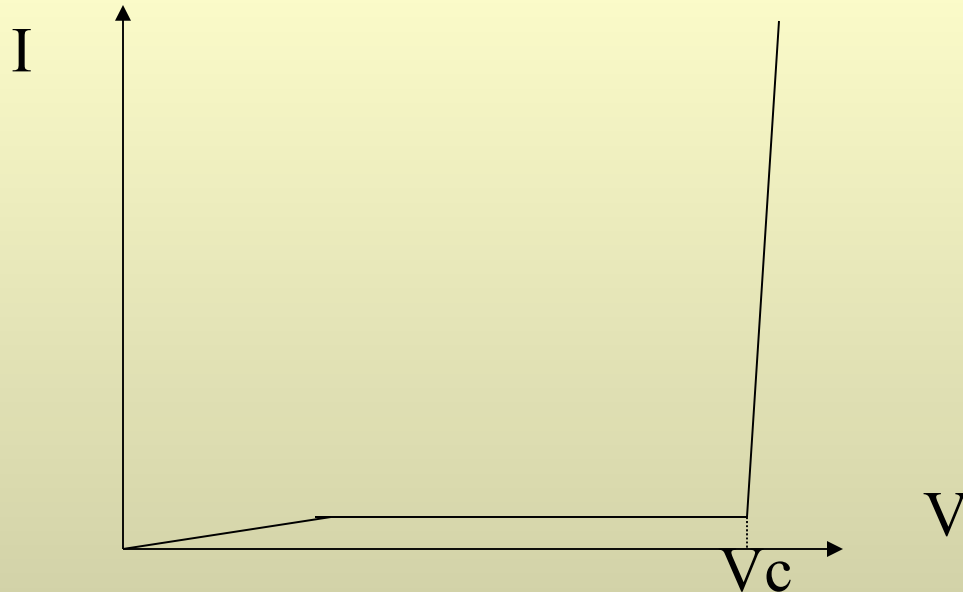
- AISLANTES GASEOSOS.
- Interesan sobremanera pues el aire es el aislante más utilizado en la industria eléctrica y modernamente el SF<sub>6</sub>.
- El fenómeno de conducción eléctrica en gases presenta algunas especificidades diferentes al comportamiento de los sólidos y líquidos.
- Supongamos que en un recinto encerramos gas a una cierta presión “p” y temperatura entre dos electrodos separados una distancia “d” a los que sometemos a una cierta tensión V y medimos la corriente I como indica la figura. (obviamente si es aire a p<sub>atm</sub>. no es necesario el recinto)

# AISLAMIENTO

## PROPIEDADES DE LOS DIELECTRICOS HOMOGÉNEOS



- El andamamiento en el plano  $(V,I)$  groseramente es de la forma:

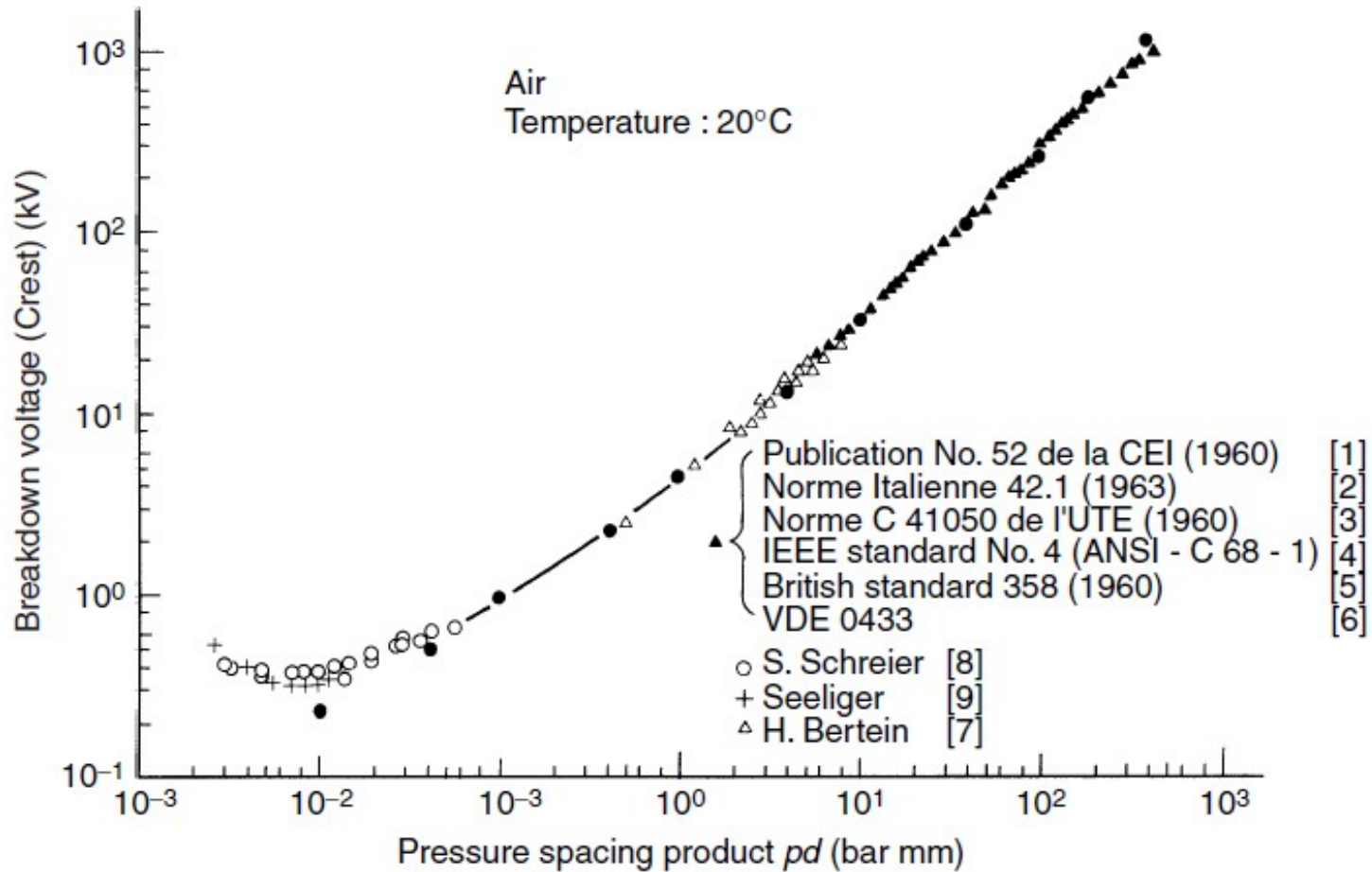


# AISLAMIENTO

## PROPIEDADES DE LOS DIELECTRICOS HOMOGÉNEOS

- Se define “ $V_c$ ” como Tensión de encendido o Crítica o Tensión de ruptura, la tensión donde comienza la descarga. Conceptualmente es el equivalente a la RIGIDEZ DIELECTRICA.
- Interesan sobremanera los factores que influyen en valor de la tensión de ruptura:
  - a) Tipo de gas (aire, aire contaminado, SF6)
  - b) Forma de onda de la tensión ( $V(t)$ ). Es diferente el valor de la tensión de ruptura según  $V$  sea continua, de alterna o de impulso.
  - c) Forma y DISTANCIA de los electrodos. Es diferente el valor de la tensión de ruptura si los electrodos son dos placas planas, que si fueran dos cilindros o que si fueran punta y plano.
  - d) Presión del gas (muy importante). (ATENCIÓN CON LA ALTITUD(LOS 1000 m))
  - e) Temperatura del gas.
  - f) Para el aire atmosférico los puntos anteriores explican la influencia de las condiciones atmosféricas, las consideraciones de la altitud, si está o no lloviendo, el porcentaje de humedad, la contaminación, etc, etc.
- A presión atmosférica a nivel del mar y a 25 °C se tiene para el aire que el valor disruptivo es de aproximadamente 30 kV/cm (equivalente a unos 21 kV/cm eficaces a 50 Hz)

En la siguiente grafica se muestra la dependencia de la Tensión de ruptura del aire en función del producto de su presión  $p$  y la distancia entre los electrodos  $d$  :



## AISLAMIENTO

### PROPIEDADES DE LOS DIELECTRICOS HOMOGÉNEOS

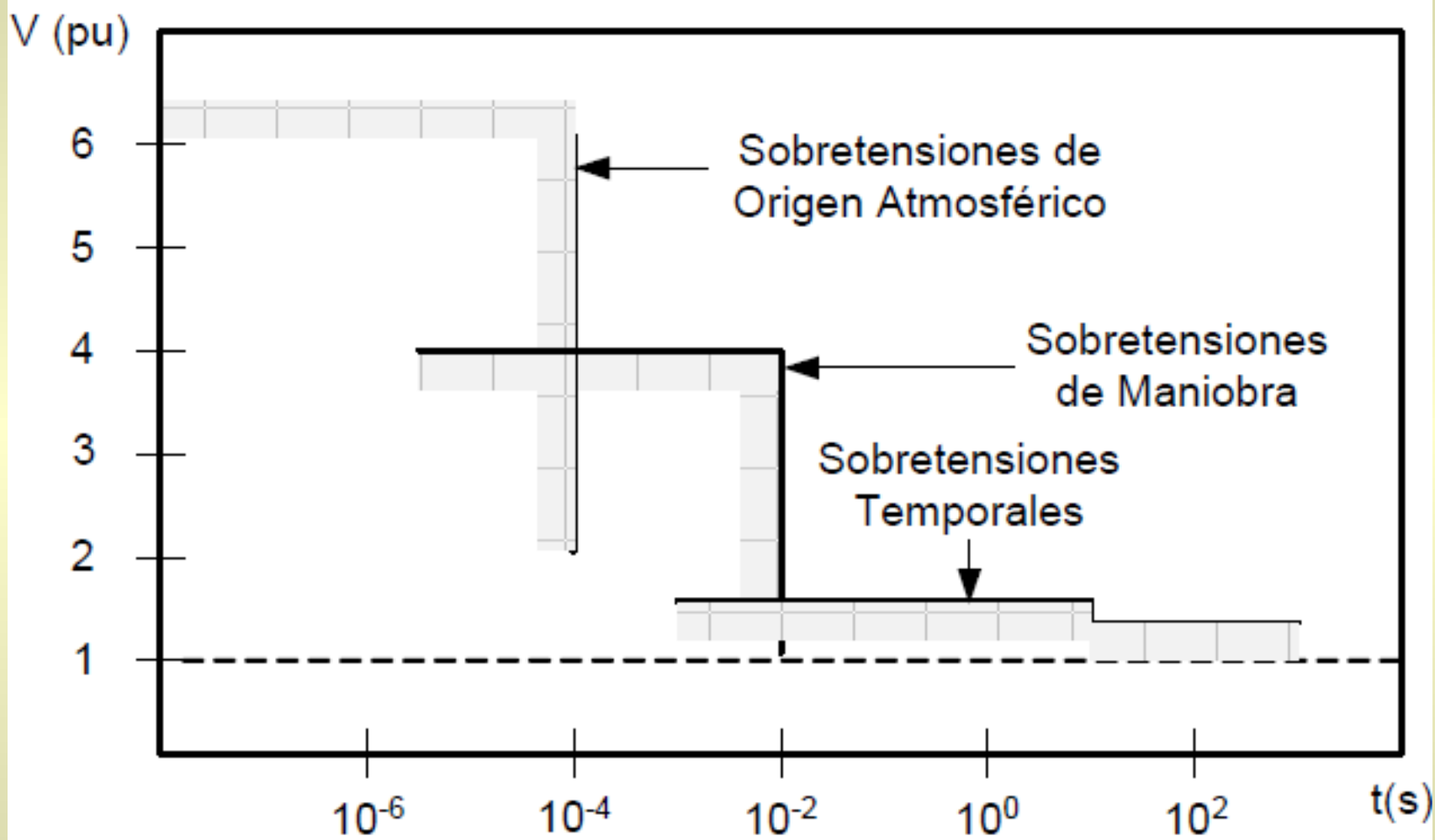
- Se pueden establecer entonces dos razones que provocan la destrucción de un aislante y por ende de un equipo o instalación.
- A) Someterlo “en un transitorio” a un valor superior a su rigidez dieléctrica teniendo como consecuencia una descarga disruptiva destructiva. (válido para aislantes sólidos, líquidos y gaseosos)
- B) Someterlo “en un periodo” a una sobretensión permanente que por aumento de temperatura afecte la rigidez dieléctrica del aislante afectando su vida útil (válido si no es gaseoso) (ver además las sobrecargas)
- En este capítulo vamos a estudiar las medidas de como en la utilización de las instalaciones las causas A) y B) son tenidas en cuenta y como si acontecen saber hasta donde el equipo es capaz de tolerarlas.

## AISLAMIENTO

### NIVEL BÁSICO DE AISLAMIENTO (NBA)

- Por qué interesa este tema de sollicitación de la aislación?
- Porque inevitablemente en las redes eléctricas se está expuesto a tres tipos de sobretensiones:
  - A. Las externas: Descargas atmosféricas (transitorias)
  - B. Las internas: Transitorios de maniobras (transitorias); sobretensiones permanentes (de régimen).
- Para MT las que interesan son las Descargas atmosféricas como sobretensión transitorias y las sobretensiones permanentes. (las primeras para todos los aislantes, las segundas para los sólidos o líquidos)
- Entonces que interesa saber de un equipo o instalación?
- **Cuanto soporta de sobretensiones transitorias y permanentes!!**





## **AISLAMIENTO**

### **NIVEL BÁSICO DE AISLAMIENTO (NBA)**

- **LA FORMA DE ONDA DE LA DESCARGA DE RAYO O IMPULSO DE TENSIÓN.**
- El fenómeno de la descarga atmosférica es un fenómeno de descarga en gases en el cual la fuente de Tensión  $V$  es de origen electrostático (nube cargada respecto a tierra)
- El fenómeno, en primerísima aproximación, puede ser asimilado a la descarga de un condensador cuyo dieléctrico es el aire.
- Conceptualmente podemos esperar que al iniciarse la descarga la corriente crece abruptamente en un frente escarpado en el tiempo tal y como hemos descrito en la teoría anterior. Al evolucionar luego la descarga es esperable que la corriente comience a perder intensidad en la medida que la nube se va descargando y disminuyendo la diferencia de potencial electrostática con un frente mucho menos abrupto que el inicio de la descarga.
- En estas condiciones se puede entender por que la forma de onda de impulso normalizada tiene el andamio indicado en la figura:

# AISLAMIENTO FORMA DE ONDA NORMALIZADA IMPULSO DE RAYO.

60-1 © IEC 1989

- 119 -

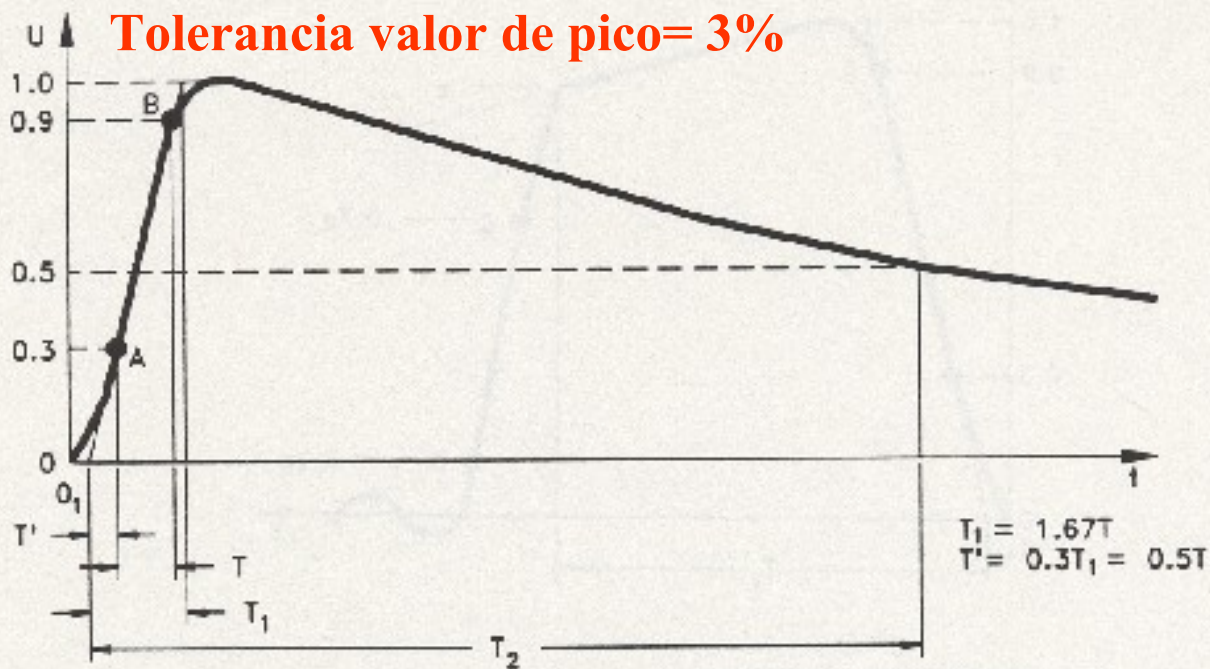


Figure 6 Choc de foudre plein.  
Full lightning impulse.

**$T_1 = 1.2 \mu s \pm 30\%$  (tiempo de frente)**  
 **$T_2 = 50 \mu s \pm 20\%$  (tiempo de cola)**

# AISLAMIENTO

## NIVEL BÁSICO DE AISLAMIENTO (NBA)

- De acuerdo con esto y con lo anteriormente expresado interesa para un equipo dado, conocer como determinante de sus características de aislación su capacidad de soportar una sobretensión a frecuencia industrial (aislante sólidos o líquidos) en un corto período de tiempo y de soportar una sobretensión del tipo de la de descarga atmosférica (aislante sólidos, líquidos o gaseosos)
- **El nivel de aislación nominal o nivel básico de aislación (NBA)** es el parámetro que definen las normas técnicas para indicar las tensiones eficaces de ensayo máxima a frecuencia industrial durante un minuto y el valor de tensión de pico de impulso atmosférico que un equipo debe poder soportar para cada clase de tensión para que sea aceptada su utilización y en definitiva definir SU NIVEL DE AISLACIÓN.

# AISLAMIENTO

## NIVEL BÁSICO DE AISLAMIENTO (NBA)

- La siguiente tabla especifica, explícitamente, los niveles de aislamiento nominales asociados con los valores normalizados de la tensión más elevada de régimen para los equipos de MT con aislantes sólidos, líquidos o gas confinado (SF6) (norma: IEC 60071)

TENSIÓN MAS ELEVADA kV eficaces. CLASE	TENSIÓN SOPORTADA A LOS IMPULSOS TIPO RAYO KV de cresta		TENSIÓN NOMINAL DE CORTA DURACIÓN A FRECUENCIA INDUSTRIAL kV eficaces
	Lista 1	Lista 2	
3,6	20	40	10
7,2	40	60	20
12	40	75	28
17,5	75	95	38
24	95	125	50
36	145	170	70
52		250	95
72,5		325	140

# AISLAMIENTO

## NIVEL BÁSICO DE AISLAMIENTO (NBA)

- Para el aislamiento en AIRE las normas determinan LA DISTANCIA MÍNIMA EN AIRE equivalente al NBA de la instalación:

TENSIÓN MAS ELEVADA kV eficaces. CLASE	TENSIÓN SOPORTADA A LOS IMPULSOS TIPO RAYO KV de cresta		DISTANCIAS MÍNIMAS FASE-FASE o FASE- TIERRA cm.	
	Lista 1	Lista 2	Lista 1	Lista 2
3,6	20	40	6	6
7,2	40	60	6	9
12	40	75	9	12
17,5	75	95	12	16
24	95	125	16	22
36	145	170	27	32
52	250		48	
72,5	325		63	

# AISLAMIENTO

## NIVEL BÁSICO DE AISLAMIENTO (NBA)

- La tabla anterior indica el valor mínimo de la distancia en el aire para cada nivel de aislamiento, entre partes fijas en tensión o entre partes fijas en tensión y partes fijas puestas a tierra en las instalaciones de Media Tensión, sin tener en cuenta los caminos de descarga por contorno de un aislador que habrán de haberse ensayado según la norma que corresponda sean de vidrio, porcelana o compuestos.
- Se debe tener muy en cuenta que las distancias indicadas en la tabla anterior son **valores mínimos** entre partes fijas, determinados por consideraciones de tipo eléctrico, por lo tanto en todos los casos deberán ser incrementados al tener en cuenta, si existen, eventuales situaciones tales como tolerancias de construcción, efectos de cortocircuitos, efectos del viento, seguridad de personas y bienes, características de tránsito de la zona, etc. En estos casos, el criterio de proyecto será en la situación de mayor acercamiento eventual posible entre partes, tanto debido a causas accidentales como no accidentales.

# AISLAMIENTO

## DIMENSIONADO DEL AISLAMIENTO EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS (IEC 60071)

- Las tablas anteriores dadas por la norma establecen para cada clase de tensión en el caso de la MT cual es la práctica usual recomendada y da los valores mínimos de NBA a imponer en cada clase de tensión.
- Entonces como es el proceso de **diseño del aislamiento** en una instalación dada?



# AISLAMIENTO

## DIMENSIONADO DEL AISLAMIENTO EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS (IEC 60071)

- Dada una instalación hemos visto que el determinante fundamental de la misma es la tensión nominal de operación.
- Pero entonces conocida la tensión nominal puedo determinar **la clase de tensión** del sistema (surge de la tabla de la norma)
- Luego con la clase del sistema determino la mínima clase de los equipos a instalar. La clase de los equipos y distancias en aire mínima siempre será mayor o igual que la clase del sistema.
- Puedo elegir equipos de clase mayor a la del sistema?
- Si, pero no tendría justificación económica (salvo algunos casos especiales)
- Para el rango de la MT determinada, con la clase del equipo o distancia en aire mínima queda determinado el NBA de los equipos y distancias.
- Cual será entonces el NBA del sistema?
- Será el del equipo o distancia de menor NBA que componen al sistema.
- Por esta razón, en general, no tiene sentido seleccionar equipos de diferentes NBA.
- Cual es el equipo que en general impone el NBA del sistema?
- Por su costo es el transformador de potencia.
- Puede en una subestación aparecer una descarga de rayo superior en su frente de onda al NBA de la misma?
- Por supuesto que puede.
- Por tanto se deben agregar elementos de protección ante estas circunstancias los cuales típicamente son dos:

# AISLAMIENTO

## DIMENSIONADO DEL AISLAMIENTO EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS (IEC 60071)

- 1. Protección contra la descarga directa de rayos: **Parrarayos** (Norma IEC 62305/1 a 4. Protection against lighting)
- 2. **Descargadores**, dispositivos aislantes hasta un cierto nivel de tensión entre sus bornes, superado el cual se vuelven conductores descargando la sobretensión a tierra y manteniendo una tensión fija entre sus bornes llamada Tensión residual ( $V_r \sim NBA/1,25$ ) característica seleccionable en estos equipos.
- Obsérvese la importancia del descargador para lograr reducir las magnitudes de las tensiones a efectos de utilizar NBA de los equipamiento de menor valor.
- Amerita entonces que lo estudiemos con cierto detalle y veamos como es el procedimiento de selección de estos equipos. **DESCARGADORES. (Norma IEC 60099)**

# AISLAMIENTO

## SOBRETENSIONES ORIGEN EXTERNO:DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.

### • PARARRAYOS

- Si bien aún siguen siendo especulativa la teoría de por qué se generan las cargas en una nube de tormenta podemos decir que en general una nube de tormenta (cumulus nimbus) presenta una alta densidad de carga negativa en su parte inferior y positiva en su parte superior.
- Esta alta densidad de carga negativa genera un campo eléctrico de tal magnitud que provoca una concentración de cargas positivas en la superficie de la tierra inmediata debajo de la nube
- Este campo eléctrico se ve muy afectado por las singularidades en altura que existen en la superficie del suelo (efecto “punta”) dando lugar a la descarga .
- En general podemos distinguir tres tipos de orígenes de sobretensiones por este fenómeno
- **a. Por carga estática.** Se presentan por el simple hecho de que las nubes cargadas se desplazan sobre la instalación. Esto provoca el desplazamiento de cargas estáticas en la instalación por efecto de inducción electrostática. Los hilos de guardia conectados a tierra representan un medio de descarga natural efectivo para este fenómeno.(efecto “blindaje”)
- **b. Por descarga indirecta.** Se presenta cuando la descarga se produce en las “cercanías” de la instalación. Acá al fenómeno de inducción electrostática se le suma el fenómeno de inducción electromagnética por la cercanía de la corriente de descarga. Es la situación que más afecta a las instalaciones en el rango de las medias tensiones dadas su densidad relativa, fundamentalmente a la propagación por las líneas con llegada a las subestaciones. Por esta razón se polemiza que los hilos de guardia son “poco efectivo” para las líneas de tensiones de menos de 30 kV. La protección de las subestaciones ante estos eventos son el nivel de aislamiento de los equipos y fundamentalmente los descargadores.

# AISLAMIENTO DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

- **c. Por descarga directa.** Son los menos frecuentes pero pueden ocasionar gran daño dado que los frentes de onda pueden alcanzar los 100 kA. En el caso de las instalaciones de media tensión y salvo que se produzcan en las subestaciones no revisten gran problema en virtud del bajo nivel de aislación de las líneas. Si es un problema en el rango de las altas tensiones donde los descargadores es la protección fundamental debidamente coordinados con el nivel de aislamiento de los equipos.
- Las descargas atmosféricas generan grandes problemas de sobretensión transitoria, puesto que si bien la energía disipada no es mucha, si lo es la potencia desarrollada por su elevada corriente liberada en tiempos del orden de microsegundos. En consecuencia sea por inducción electromagnética o por descarga directa por menor que sea la impedancia interpuesta las sobretensiones siempre serán del orden de decenas o centenas de kV.
- a) Los esfuerzos dinámicos y térmicos en las instalaciones dependen crucialmente de una adecuada protección, su incidencia directa en instalaciones de MT y BT es “fatal”.
- b) Pueden provocar la destrucción de los descargadores si estos resultan incapaces de disipar la energía de la descarga sea incidente o indirecta. En los hechos es muchas veces el último elemento de “sacrificio” antes que incida en la subestación. Por esta razón es usual en AT (no en MT) bajar el nivel de aislamiento de una línea 1 o 2 Km antes de llegada a una subestación disminuyendo en 1 o 2 aisladores las cadenas de suspensión de la misma.
- Se debe saber los principios de los medios de protección, veamos:

# AISLAMIENTO PROTECCIÓN ANTE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.

- **MÉTODOS DE PROTECCIÓN.**
- La idea básica es tener en cuenta el “efecto punta” en la superficie de la tierra (Franklin, 1752).
- Un punto conductor colocado a una cierta elevación y conectado a tierra a través de una baja impedancia permiten direccionar la descarga por esta vía generando una zona de protección inferior evitando que dentro de la misma la descarga incida.
- **1. El modelo primitivo del “cono de protección”.**
- Consiste en admitir que la punta del pararrayo crea una zona de protección de forma cónica cuyo eje es el pararrayo, su vértice la punta del mismo y con un ángulo al centro de  $45^\circ$  para estructuras comunes y  $30^\circ$  para estructuras de riesgo.
- La “sombra” del cono para una altura “h” del pararrayo es:
- Si  $45^\circ$  el área circular será de un radio  $R=h$
- Si  $30^\circ$  el área circular será de un radio  $R=0,58 h$ .

# AISLAMIENTO

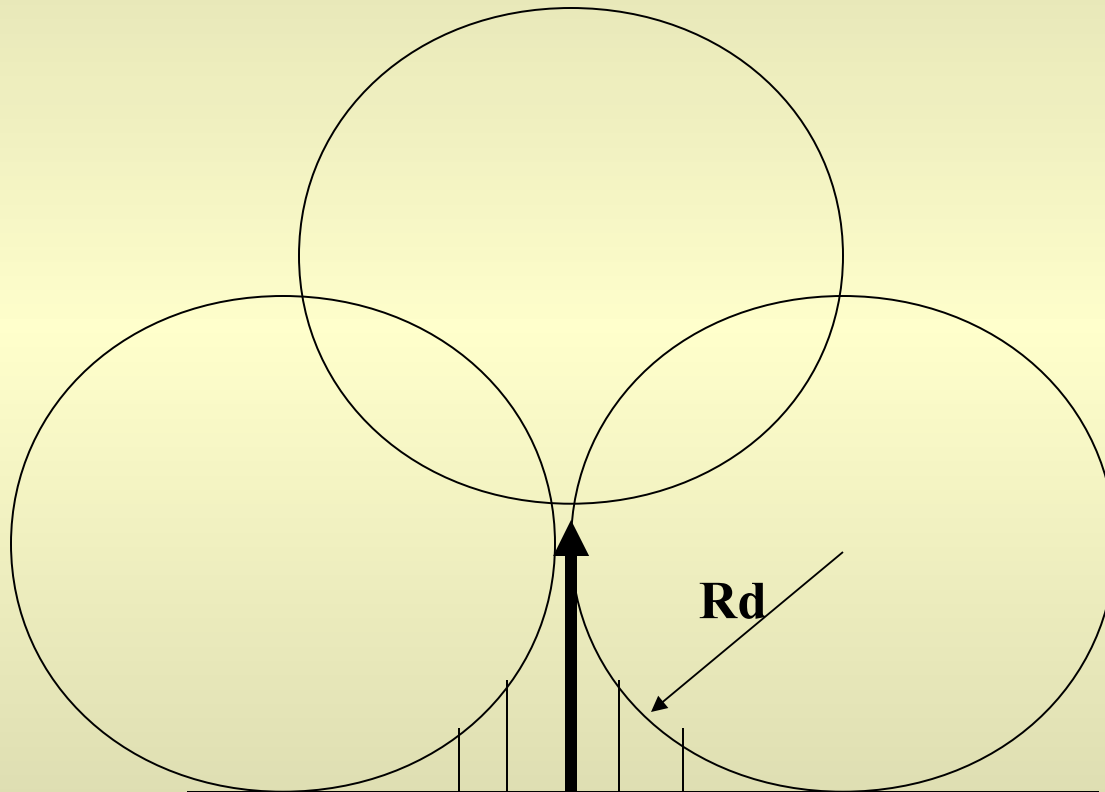
## PROTECCIÓN ANTE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.

- **2. El modelo “actual” de la “esfera rodante”.**
- Como vimos en la teoría de la descarga esta se propaga por escalones donde en el último escalón se dispara la descarga.
- La distancia a tierra de este último escalón  $R_d$  (striking distance) (m) está relacionada con la magnitud en kA de la descarga final ( $I_d$  en kA).
- Múltiples años de múltiples investigaciones permite afirmar que hay una relación empírica entre  $R_d$  e  $I_d$  de la forma:  **$R_d = 9,4 * I_d^{0,65}$**
- Luego si  $I_d = 10 \text{ kA}$  entonces  $R_d = 40 \text{ m}$ .
- Por otra parte la CIGRE admite que la probabilidad (P) de que un rayo produzca una descarga mayor a 10 kA es del 96%
- Por tanto podemos considerar con un 96 % de seguridad que los fenómenos de descarga atmosféricas podrán hacer impacto en aquellos puntos en los cuales una esfera rodante de 45 o más metros de radio toca la tierra o a un conductor o a un mástil o a una torre o cualquier cosa elevada sobre la superficie.
- Entonces para determinar estos puntos hacemos rodar una esfera sobre la superficie de la tierra de 40 m de radio apoyándose sobre las estructuras cuya seguridad se quiere lograr.

# AISLAMIENTO

## PROTECCIÓN ANTE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.

- Entonces cual será la zona de protección de un punto conductor puesto a tierra?



En zonas de alto riesgo se toma  $R_d=30$  metros.

## **AISLAMIENTO PROTECCIÓN ANTE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.**

- **PARTES DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN.**
- Un dispositivo conductor aéreo “captador” : mástil en los edificios o zonas de protección; “hilo de guardia” en las líneas aéreas.
- Conductor de bajada que conecta el elemento anterior con los electrodos de puesta a tierra. (debe considerarse el efecto “inductivo” dado el frente de onda)
- Los electrodos de puesta a tierra, esto es la denominada “puesta a tierra” (Ver más adelante en Sistemas de puestas a tierra).



# **AISLAMIENTO PROTECCIÓN ANTE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.**

- **DESCARGADORES.**

# **AISLAMIENTO**

## **DIMENSIONADO DEL AISLAMIENTO EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS (IEC 60071)**

- **DISEÑO BÁSICO DE AISLAMIENTO EN LÍNEAS.**
- Las líneas eléctricas utilizan el aire como aislante por lo que tienen un aislamiento externo autorregenerable.
- En consecuencia el NBA de una línea queda determinado por sus distancias en aire.
- Existen en una línea dos distancias en aire determinantes: la distancia entre fases y la distancia entre cada fase y el apoyo (torre, poste, columna, etc).
- En general esta última distancia es la determinante y su valor mínimo es el indicado por la tabla de distancias vista anteriormente.
- Los elementos que se utilizan para separar la fase del apoyo y con la necesaria resistencia mecánica para lograrlo son los aisladores.
- En MT existen dos tipos de aisladores utilizados
  - Los de cuerpo único usualmente de material sintético o porcelana
  - Los llamados platos (vidrio o porcelana)
- En ambos el elemento determinante de su NBA es su distancia superficial en aire. En consecuencia los de cuerpo único hay uno para cada clase de tensión mientras que los de plato podrá utilizarlos para diferentes clases de tensión simplemente agregando platos en serie formando las llamadas cadenas.

# AISLAMIENTO

## DIMENSIONADO DEL AISLAMIENTO EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS (IEC 60071)

- Si aumentar el aislamiento de una línea es solo agregar algún plato más en la cadena de aisladores es conveniente proceder a un sobreaislamiento de la misma?
- Enfáticamente no!
- Por qué?
  - 1. Si aumento las distancias aumento el par mecánico sobre los apoyos con lo cual debo aumentar la resistencia mecánica de los apoyos
  - 2. Si aumento la separación de las fases aumenta la reactancia de la línea.
  - 3. Si aumento el NBA de la línea puede dar lugar a que soporte una onda transitoria de sobretensión, la cual viajará por la línea y llegará a las subestaciones donde están los equipos con aislamiento interno no autorregenerable por lo que los niveles de aislamiento son mas caros.
- DISTANCIA EN ALTURA:
  - La determina las distancias de seguridad a fin de permitir la circulación debajo de la línea.
  - El valor mínimo para una red de Distribución es de 6 metros (“gálibo”) con algún incremento en cruces de carreteras.

# AISLAMIENTO.

## DIMENSIONADO DEL AISLAMIENTO EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS (IEC 60071)

- **DISEÑO BÁSICO DE AISLAMIENTO EN SUBESTACIONES.**
- En las subestaciones existen siempre dos clases de equipamientos:
- 1. Los equipos o instalaciones prefabricadas con aislamiento interno no autorregenerable. (interruptores, transformadores, celdas prefabricadas, etc) cuyo NBA lo determina el fabricante del equipo.
- 2. Las instalaciones con aislamiento en aire externo autorregenerable (barras, conexiones entre equipos en aire etc) cuyo NBA lo determina el proyectista.
- Como ya vimos la clase de tensión determina el NBA de los equipos a adquirir y de las distancias mínimas en aire a utilizar cuando se utiliza el aire como aislante. Sin embargo, respecto a estas últimas las normas establecen las distancias mínimas entre **puntos fijos** por lo que en la realidad deberá tenerse en cuenta este aspecto y deberá estimarse la mínima distancia de acercamiento entre dos puntos sea en situación electrodinámica de cortocircuito o por efecto de viento.
- Lo hasta aquí expuesto se refiere al aire utilizado como aislante básico y determinante del NBA de la instalación.
- Pero en MT a diferencia de BT el “contacto directo” ante partes desnudas de la instalación se dará “antes de tocar” cualquier punto de la instalación.
- Entonces en MT la protección ante el contacto directo da lugar a las llamadas **DISTANCIAS DE SEGURIDAD O MEDIDAS DE SEGURIDAD.**

# AISLAMIENTO

## DIMENSIONADO DEL AISLAMIENTO EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS (IEC 60071)

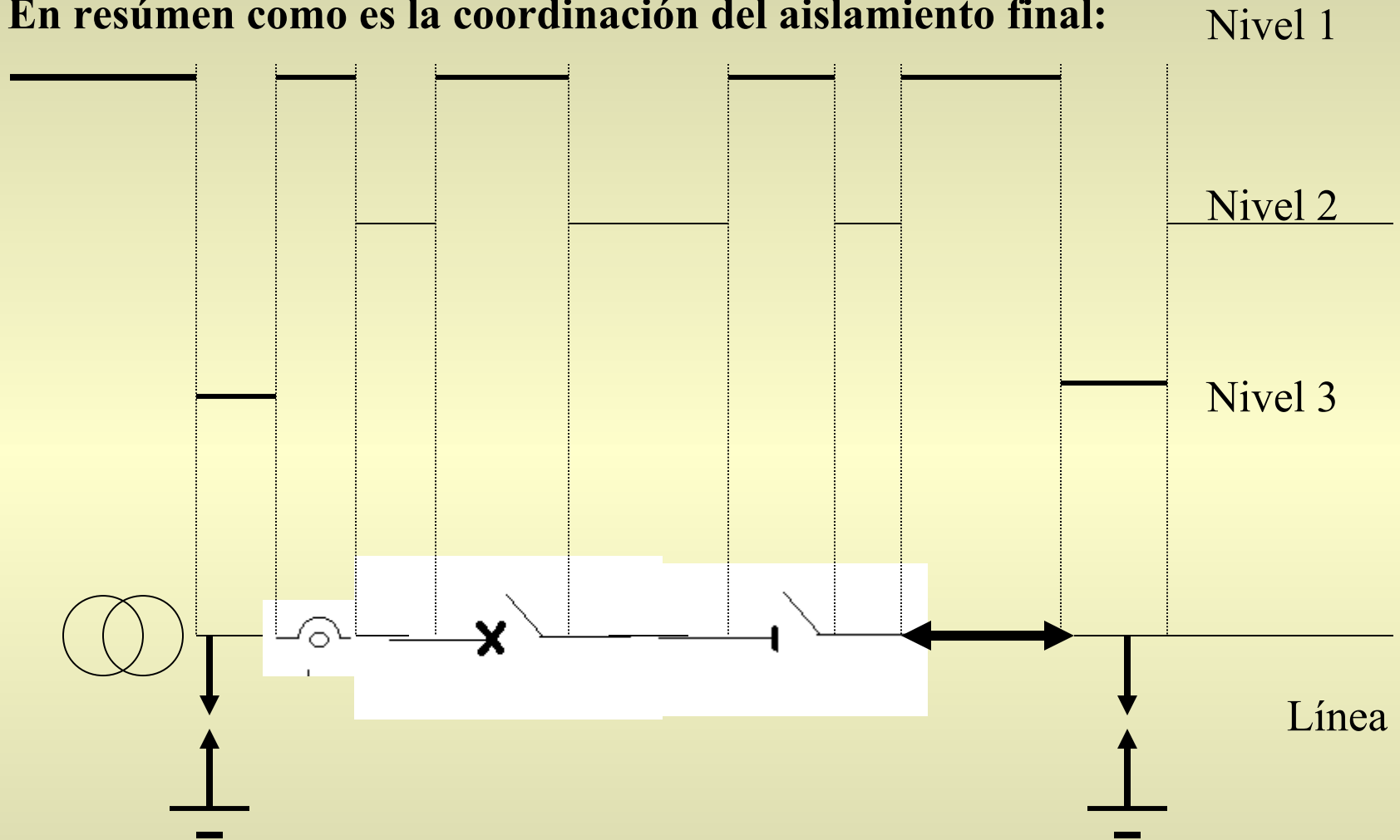
- **MEDIDAS A TOMAR Y DISTANCIAS DE SEGURIDAD.**
- Se deben establecer condiciones especiales de seguridad para las personas teniendo en cuenta que en las subestaciones debe trabajar personal de operación y mantenimiento.
- Se parte de la base que las partes activas deben quedar *siempre* fuera del alcance del personal por lo que los métodos que se utilizan son básicamente de tres tipos:
  - 1. Las partes vivas se colocan a suficiente distancia (tanto en vertical como en horizontal) de las zonas de trabajo y circulación que resultan inaccesibles.
  - 2. Las partes vivas se hacen inaccesibles por intermedio de barreras físicas.
  - 3. Las partes vivas se encierran en un recinto.
- Para calcular las distancias de seguridad se toman de la norma las distancias mínimas fase a tierra y se le suma una distancia que depende de la talla media de las personas y las características de las herramientas y trabajos que se realizan.
- Nota: la IEC 61936-1 establece las distancias de seguridad recomendadas.
- En general se parte de un individuo de 1,75 de altura, 2,25 de altura con sus brazos levantados y 1,75 de ancho con sus brazos extendidos.
- Luego:
  - Altura mínima parte viva= distancia mín. fase-tierra + 2,25 m
  - Distan. Horizontal mínima= distancia mín. fase-tierra+ 0,9 m
- Si pueden circular vehículos se debe asignar mayor distancia de seguridad de 4 metros.

# AISLAMIENTO COORDINACIÓN FINAL

- **COORDINACIÓN DEL AISLAMIENTO.**
- De acuerdo con el IEC 60071 nos dice que: coordinación de aislamiento es el proceso de correlacionar la resistencia eléctrica del equipo, con las características y funcionamiento de los dispositivos de protección de acuerdo con las sobretensiones esperadas.
- Conceptualmente un sistema la coordinación del aislamiento compara las características de operación de los descargadores con las características de respuesta del aislamiento del equipo a proteger. Esto resulta en el **ordenamiento de los NBA de los diferentes equipos**, de tal manera que al presentarse una onda de sobretensión, esta sea o bien soportada por toda los equipos de la instalación o bien se descargue en los descargadores sin producir daños ni contorneos en los equipos adyacentes.
- Esquemáticamente en una subestación se determinan tres niveles de aislamiento:
  - Nivel 1: El de los aislamientos internos no autorrecuperables.
  - Nivel 2: El de las distancias en aire o autorrecuperables.
  - Nivel 3: Nivel de protección dado por el nivel de tensión de operación de los descargadores.

# AISLAMIENTO COORDINACIÓN FINAL

En resumen como es la coordinación del aislamiento final:



En MT el NBA de los niveles 1 y 2 coinciden salvo la línea y el nivel 3 está a lo sumo 25% por debajo aproximadamente.