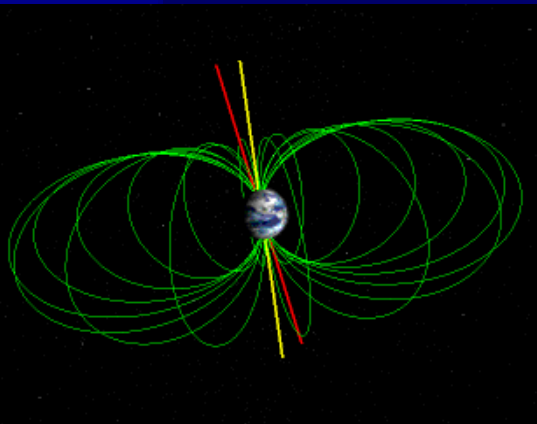




UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Curso:

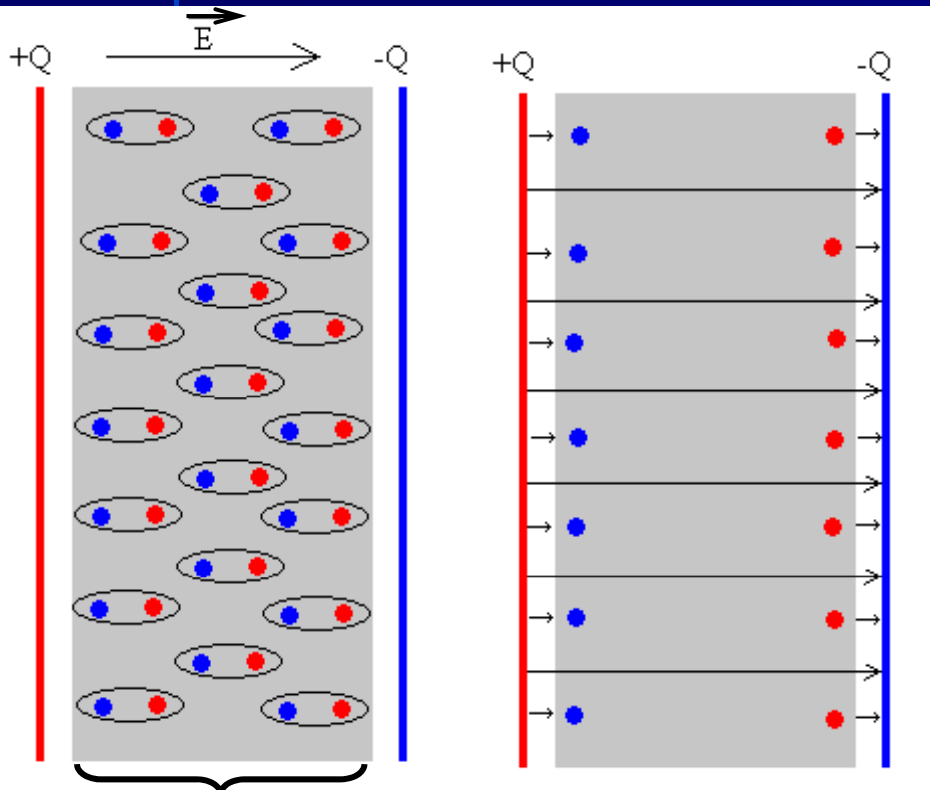
TEORÍA DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS



PROFESOR: ING. JORGE MONTAÑO PISFIL



TEORÍA DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS



Dieléctrico

TEMA:
EL CAMPO ELECTROSTÁTICO EN MEDIOS DIELECTRICOS



EL CAMPO ELECTROSTÁTICO EN MEDIOS DIELECTRICOS

DIELECTRICOS

Los dieléctricos ideales son materiales que no conducen las cargas eléctricas porque no tienen cargas libres, es decir, no poseen electrones capaces de desplazarse libremente a través del material bajo la influencia de un campo eléctrico.

Los materiales dieléctricos pueden ser de diferentes clases: sólidos, líquidos o gases. Entre los dieléctricos sólidos tenemos por ejemplo: polímeros industriales empleados en la industria eléctrica y electrónica (baquelita o resinas fenólicas, Cloruro de PoliVinilo o PVC, PoliEtileno o PE, Poliestireno o PS, Acrilonitrilo Butadieno Estireno o resinas ABS, nylon), mica, papel, cuarzo, caucho, vidrio, cerámica (porcelana), germanio. Entre los dieléctricos líquidos tenemos: aceite mineral, glicerina, agua, goma. Entre los dieléctricos gaseosos tenemos: el aire y el exafluoruro de azufre (SF_6).

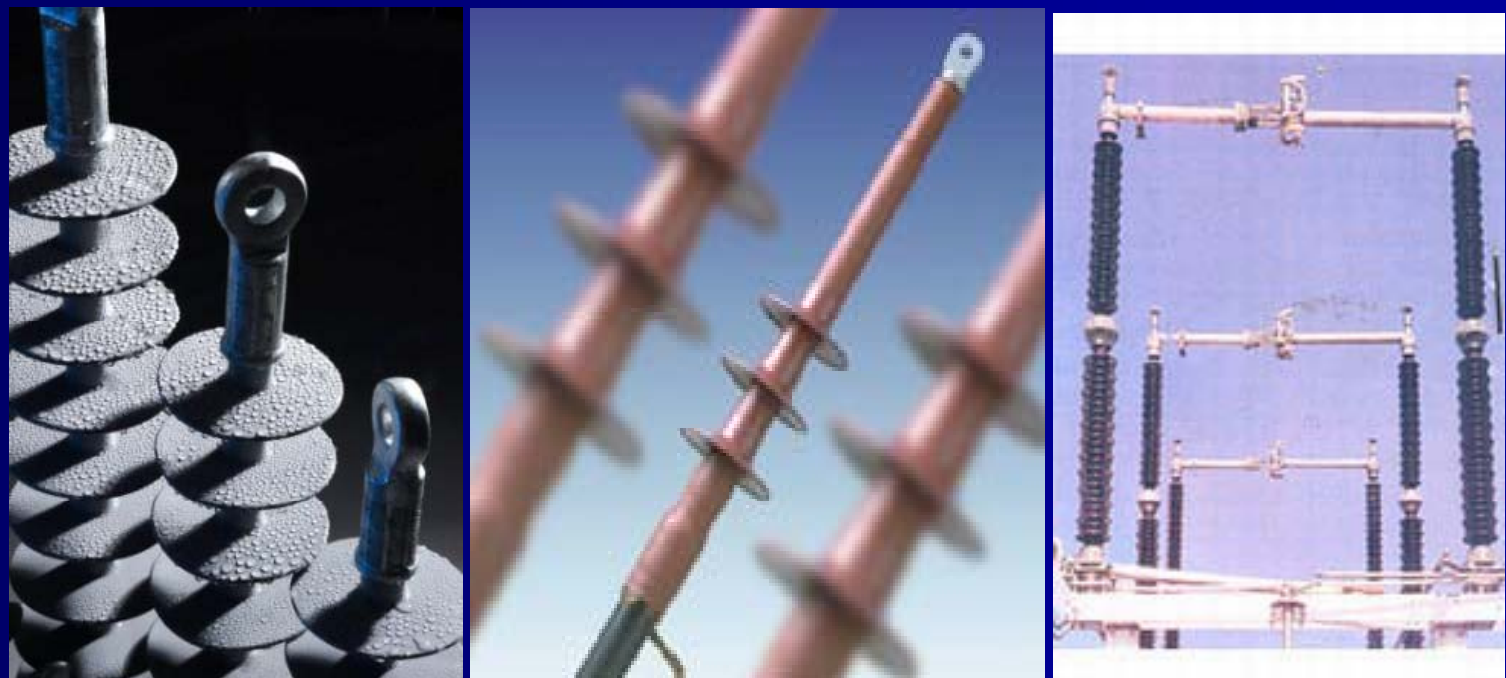
Dieléctricos sólidos



Aisladores de porcelana



Aisladores poliméricos



Dieléctricos líquidos



Aceite aislante



Glicerina

Goma aislante





MATERIALES DIELECTRICOS UTILIZADOS COMO ELEMENTOS DE SEGURIDAD ELÉCTRICA



CASCO AISLANTE



GUANTES AISLANTES



MATERIALES DIELECTRICOS UTILIZADOS COMO ELEMENTOS DE SEGURIDAD ELÉCTRICA



BOTAS AISLANTES



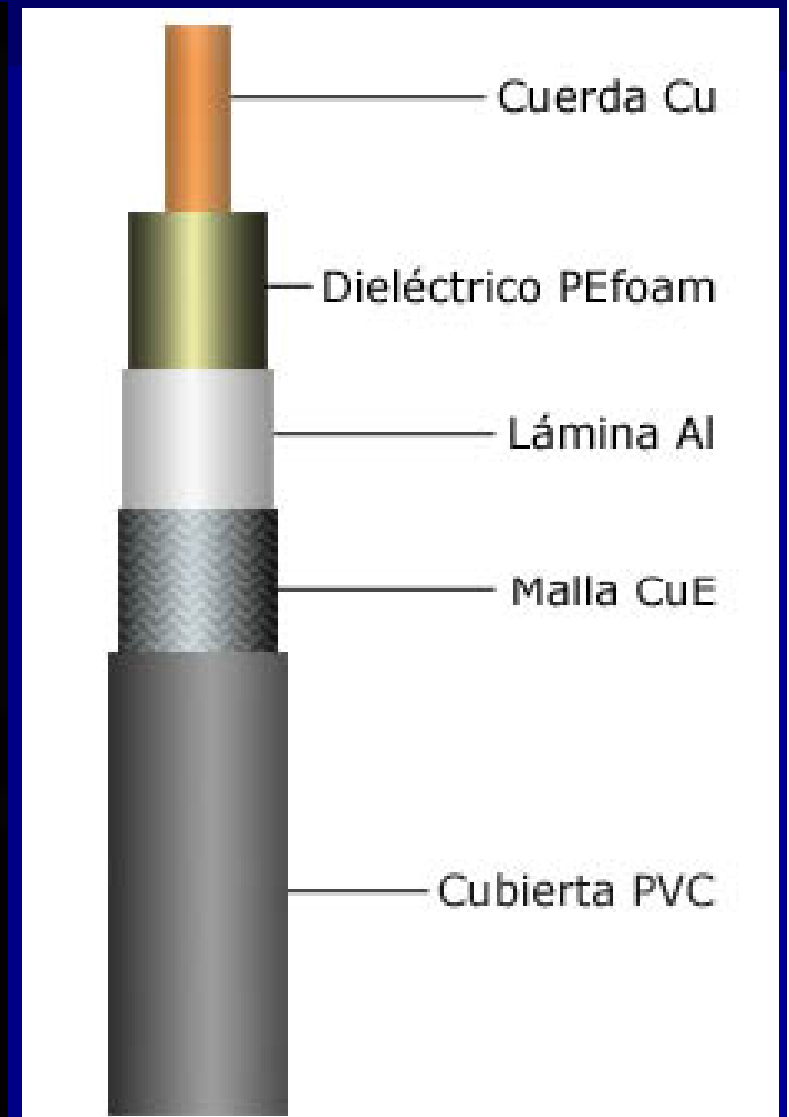
HULE PISO DIELECTRICO



MATERIALES DIELECTRICOS UTILIZADOS EN CABLES DE TRANSMISIÓN Y EN CONDUCTORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA



**FIBRA
ÓPTICA**





OTRAS APLICACIONES DE LOS DIELECTRICOS

BANCOS DE CAPACITORES EN LA INDUSTRIA

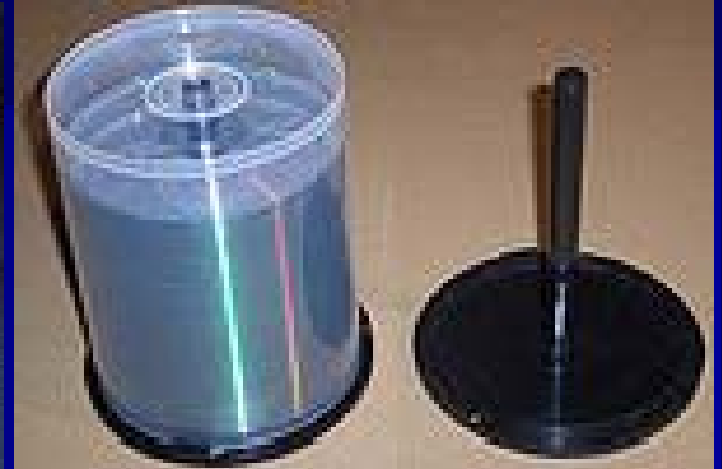


Todas las compañías suministradoras penalizan al usuario cuando este consume energía reactiva en exceso, pues esto ocasiona que se pierda capacidad instalada en transmitir energía que no produce trabajo útil. El capacitor es un equipo eléctrico cuya función básica es suministrar parte o el total de esta energía reactiva que demanda una carga y evitar así ser multados.

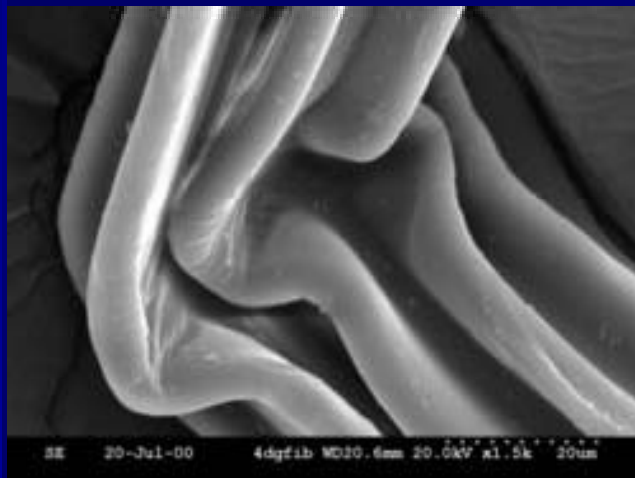
El uso de capacitores no es recomendable cuando en el sistema eléctrico existen cargas no lineales para lo cual se recomienda el uso de filtros de armónicas. Los bancos de capacitores pueden ser de dos tipos dependiendo de los ciclos de trabajo que tenga un usuario: capacitores fijos y capacitores automáticos. En la industria por ser cargas no constantes, sino variables, se usa el banco de capacitores automático.



MATERIALES DIELECTRICOS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE DIVERSOS OBJETOS



*CD HECHO DE
POLICARBONATO*



POLIÉSTER



EMBASE DE YOGURT



CONSTANTE DIELECTRICA DE UN DIELECTRICO

Los dieléctricos tienen una constante dieléctrica cuyo valor depende de la naturaleza del material dieléctrico y de la temperatura a la que se encuentra. La tabla muestra las constantes dieléctricas para varias sustancias a una temperatura de 20 °C.

Vacío	1
Aire (1 atm)	1,00059
Teflón	2,1
Polietileno	2,25
Benceno	2,28
Cloruro de polivinilo	3,18
Mica	3 - 6
Cuarzo	4,3
Vidrio	5 - 10
Germanio	16
Glicerina	42,5
Agua	80,4

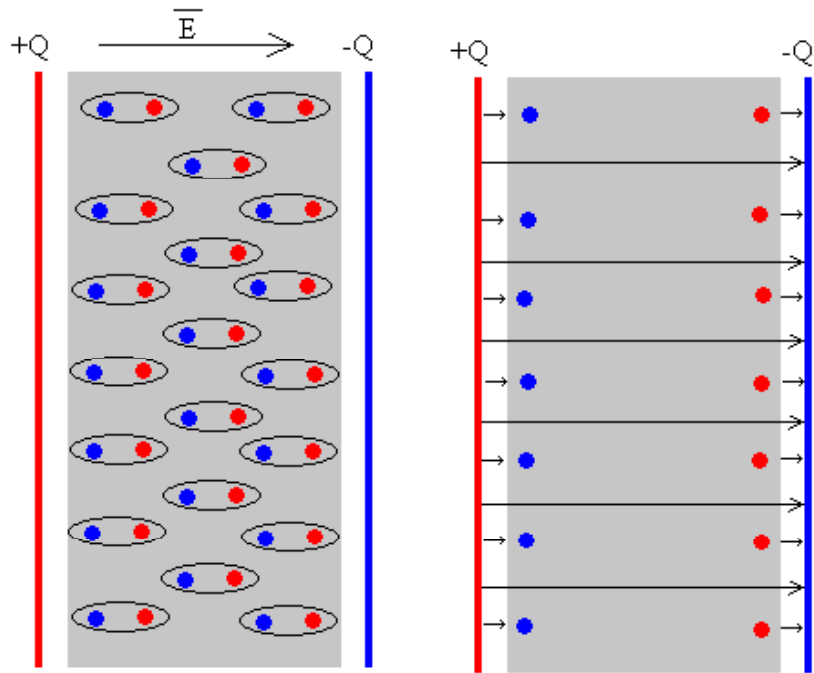


COMPORTAMIENTO DE UN DIELECTRICO CUANDO SE LE APLICA UN CAMPO ELÉCTRICO EXTERNO

Si a un dieléctrico le aplicamos un campo eléctrico externo, las cargas se reordenan en su interior, de manera de seguir siempre fuertemente ligadas a su núcleo. En este caso se dice que el dieléctrico se polarizó. En el dieléctrico polarizado cada molécula se convierte en un dipolo inducido, estos dipolos producen un nuevo campo eléctrico, que se suma al original. El efecto total, desde el punto de vista macroscópico, es más fácil de visualizar como un desplazamiento de toda la carga positiva en el dieléctrico con respecto a la carga negativa.

Un dieléctrico *polarizado*, aun siendo eléctricamente neutro en promedio, produce un campo eléctrico en los puntos exteriores e interiores del dieléctrico.

A continuación se muestra una porción de material dieléctrico polarizado.



Material dieléctrico polarizado, debido al campo eléctrico existente entre las placas de un capacitor plano.

NOTA:

Cuando un dieléctrico se introduce entre las placas de un capacitor aislado de una batería, origina las siguientes consecuencias:

- *Disminuye la intensidad del campo eléctrico entre las placas del capacitor.*
- *Disminuye la diferencia de potencial entre las placas del capacitor.*
- *Aumenta la diferencia de potencial máxima que el condensador es capaz de resistir sin que salte una chispa entre las placas (ruptura dieléctrica).*
- *Aumenta la capacitancia de un capacitor.*

La carga se mantiene constante (es la misma carga con la cual fue cargado el capacitor cuando estuvo sometido a un voltaje).



DISRUPCIÓN (RUPTURA O PERFORACIÓN) DE UN DIELECTRICO – RÍGIDEZ DIELECTRICA

Quando el campo eléctrico en un dieléctrico es suficientemente grande, comienza a jalar los electrones para desprenderlos de las moléculas, y el dieléctrico se vuelve conductor. Entonces se dice que ha ocurrido **disrupción (ruptura o perforación) de un dieléctrico** cuando éste se vuelve conductor. El quebrantamiento de un dieléctrico ocurre en todas las clases de materiales dieléctricos (gases, líquidos y sólidos) y depende de la naturaleza del material, la temperatura, la humedad y el tiempo en que se aplica el campo. El valor mínimo del campo eléctrico al que ocurre la disrupción dieléctrica se llama **resistencia o rigidez dieléctrica** del material dieléctrico. Es decir, la resistencia dieléctrica es el campo eléctrico máximo que puede tolerar o soportar un dieléctrico sin disrupción.

Los materiales dieléctricos tienen una rigidez dieléctrica no nula. En la siguiente tabla se muestra la rigidez dieléctrica para algunos materiales.

TABLA DE RIGIDEZ DIELECTRICA PARA ALGUNOS MATERIALES



Al producir los rayos o descargas atmosféricas se ha producido **disrupción, ruptura o perforación** del aire.

* Según la tabla adjunta la rigidez dieléctrica del aire es 3 millones de voltios por metro.

Material	Rigidez dieléctrica (V/m)
Aire (a presión atmosférica)	$3 \cdot 10^6$
Nailón	$14 \cdot 10^6$
Aceite mineral	$15 \cdot 10^6$
Papel	$16 \cdot 10^6$
Poliestireno	$20 \cdot 10^6$
Baquelita	$24 \cdot 10^6$
Caucho	$25 \cdot 10^6$
Vidrio	$30 \cdot 10^6$
Teflón	$60 \cdot 10^6$
---	$200 \cdot 10^6$



Equipo de alta tensión realizando la prueba de disrupción dieléctrica del aire



Cadena de aisladores de porcelana en pleno proceso de disrupción dieléctrica



POLARIZACION (\vec{P})

La polarización es una cantidad vectorial que caracteriza el comportamiento electrostático de un medio dieléctrico. Se define como el momento dipolar por unidad de volumen.

$$\vec{P} = \frac{d\vec{p}}{dv}, \quad \vec{p} = \text{momento dipolar eléctrico} = \int_V \vec{P} dv$$

La **densidad superficial de polarización** (σ_{Pol}) es una cantidad escalar que se define por:

$$\sigma_{pol} = \vec{P} \cdot \hat{n}$$

Donde: \hat{n} = vector unitario normal; \vec{P} = vector polarización

la **densidad volumétrica de polarización** (ρ_{Pol}) es una cantidad escalar que se define por:

$$\rho_{pol} = -\nabla \cdot \vec{P}$$



DENSIDAD DE FLUJO ELÉCTRICO O DESPLAZAMIENTO ELÉCTRICO (\vec{D})

En un material dieléctrico la intensidad de campo eléctrico, debido a una distribución de cargas dada, es diferente a la intensidad de campo eléctrico en el vacío, esto se debe a la polarización presentada en el material dieléctrico.

En estas circunstancias, definimos una nueva cantidad fundamental de campo denominada densidad de flujo eléctrico o desplazamiento eléctrico, , de forma que:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \quad (C / m^2)$$

Donde:

ϵ_0 = permitividad del vacío o del espacio libre.

\vec{E} = vector campo eléctrico

\vec{P} = vector polarización



Ley de Gauss en dieléctricos

En presencia de un material dieléctrico o de cualquier medio la ley de Gauss queda expresada de la forma siguiente:

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = Q_{LIBRE}$$

Donde: Q_{LIBRE} = carga libre encerrada por la superficie gaussiana

La forma diferencial de esta expresión es:

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho$$

Donde: ρ = densidad de carga volumétrica (de las cargas libres)



CONDICIONES EN LA FRONTERA

Son las condiciones que deben satisfacerse en la interfaz que separa dos medios diferentes. Las condiciones en la frontera deben ser satisfechas por un campo eléctrico que existe en dos medios diferentes separados por una interfaz. Estas condiciones son útiles para determinar el campo que existe en uno de los lados de la frontera, si se conoce el campo del otro lado.

CONDICIONES EN LA FRONTERA PARA UNA INTERFAZ DIELECTRICO - DIELECTRICO

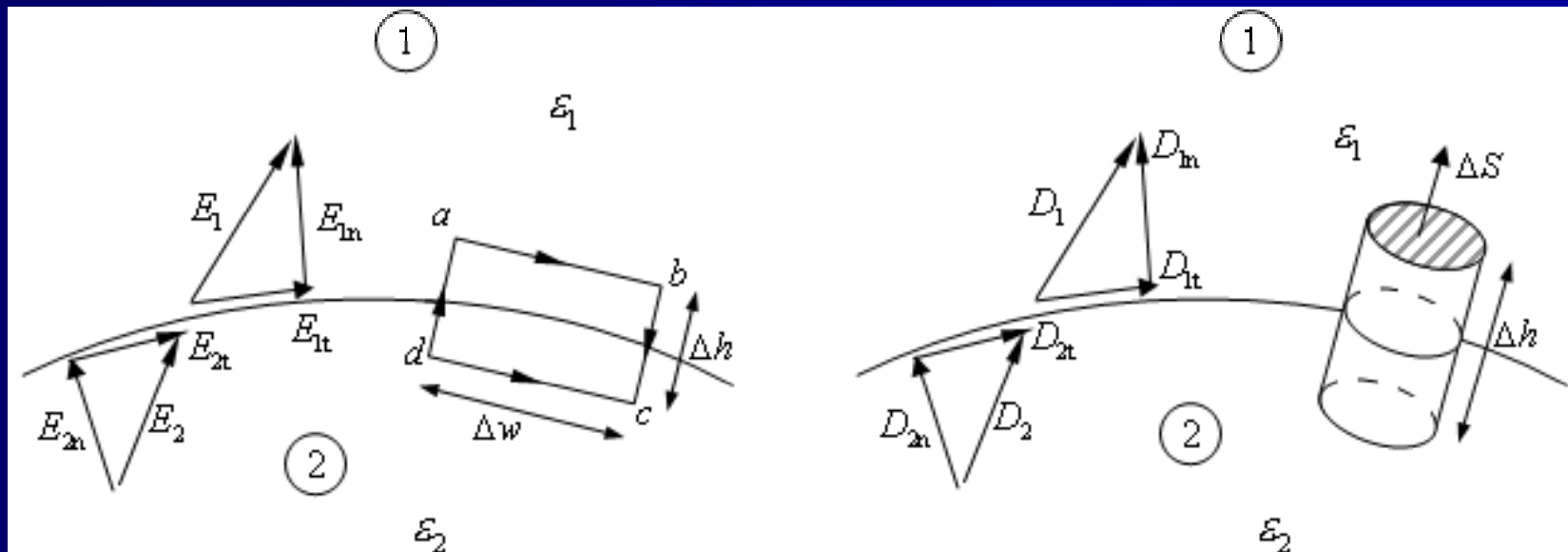
Se cumple que:

$$E_{1t} = E_{2t} \quad (E_t \text{ es continuo de un lado a otro de la frontera})$$

$$D_{1n} - D_{2n} = \sigma, \quad \sigma = \text{densidad superficial de carga libre}$$

Esta ecuación es válida si suponemos que está dirigido de la región (2) a la región (1).

O bien: $D_{1n} = D_{2n}$, si $\sigma = 0$





CONDICIONES EN LA FRONTERA PARA UNA INTERFAZ CONDUCTOR – DIELECTRICO.

Se cumple que:

$$D_t = \varepsilon_0 \varepsilon_r E_t = 0 \quad \text{y} \quad D_n = \varepsilon E_n = \sigma$$

Porque $\mathbf{E} = \mathbf{0}$ dentro del conductor.

