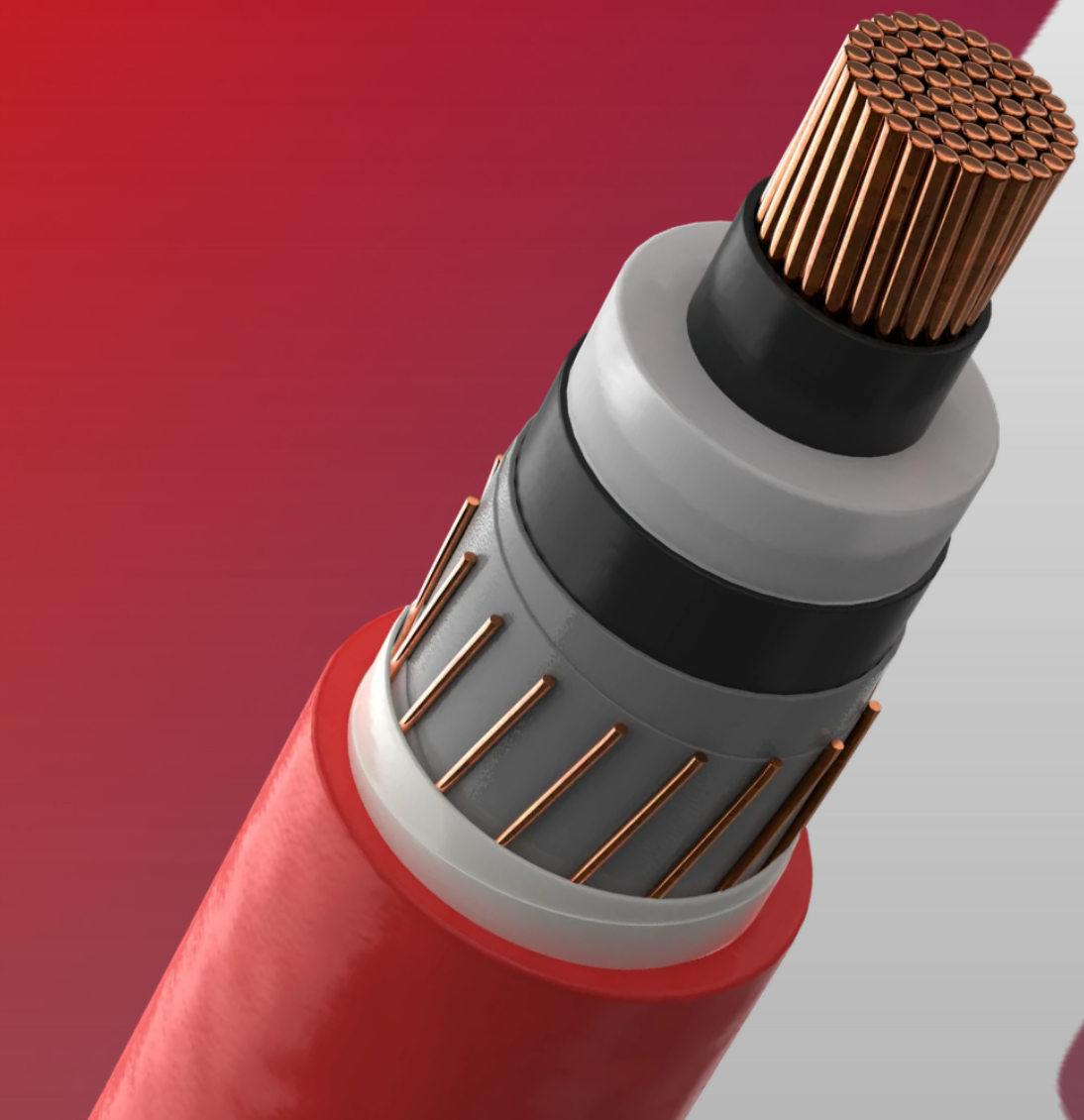
PÉRDIDAS DIELÉCTRICAS

Boletín ST008

Octubre 2026



INTRODUCCIÓN

Las pérdidas dieléctricas son la pérdida de energía que se transforma en calor en un dieléctrico cuando este se sujeta a un campo eléctrico variable.

Las pérdidas dieléctricas dependen de la tensión y sólo llegan a ser considerables para ciertos niveles de tensión que varían en función del tipo de aislamiento que se utiliza.[1]

Todos los tipos de aislamiento siempre producen calor debido a la corriente eléctrica que se transmite por el conductor, por lo cual es importante considerar este factor desde el diseño del cable.

PÉRDIDAS DIELÉCTRICAS

Desde el punto de vista electrostático, un cable aislado es un capacitor, en el que el conductor central y la pantalla son las placas y el aislamiento del cable el dieléctrico del capacitor. Desde el punto de vista electromagnético es un transformador con el conductor como primario y la pantalla haciendo la función de secundario al cortar las líneas magnéticas producidas por la corriente que transporta el conductor.[2]

Las pérdidas se producen debido a que el capacitor que forma el aislamiento entre el conductor y su pantalla no es ideal, sino que tiene unas pérdidas de potencia activa en su interior.

En la Figura 1 se ilustran los tres fenómenos que se producen por el hecho de aplicar tensión a un cable, sin necesidad de conectar ninguna carga:[3]

Las pérdidas dieléctricas dependen de la tensión y, por lo tanto, solo adquieren importancia a niveles de tensión relacionados con el material aislante utilizado. La Tabla 1 indica, para los materiales aislantes de uso común, el valor de la tensión entre el conductor y la pantalla a partir de la cual deben tenerse en cuenta las pérdidas dieléctricas cuando se utilizan cables monopolares o cables tripolares con pantalla. No es necesario calcular las pérdidas dieléctricas en cables multipolares sin pantalla ni en cables de corriente continua (c.c.).[4]

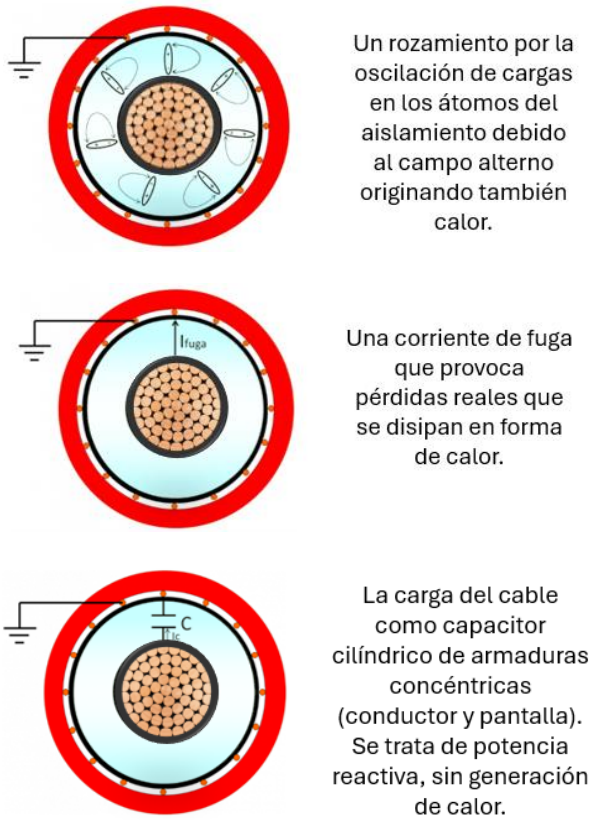


Figura 1 – Fenómenos en el cable
Fuente: Prysmian

Tabla 1 - Valor de la tensión a partir de la cual deben tenerse en cuenta las pérdidas dieléctricas

Tipo de aislamiento	Tensión entre el conductor y la pantalla (kV)
EPR	63.5
PVC	6
PE (alta y baja densidad)	127
XLPE (sin relleno)	127
XLPE (con relleno)	63.5

La constante dieléctrica, también conocida como la capacitancia inductiva específica, el factor de potencia dieléctrico y la rigidez dieléctrica a la frecuencia de tensiones transitorias son algunas características eléctricas de los cables. También se consideran características mecánicas como la flexibilidad y la elongación; así como, características físicas y químicas como la compatibilidad de diferentes materiales y su confiabilidad después de sufrir envejecimiento ante esfuerzos eléctricos y variaciones térmicas.[2]

La constante dieléctrica del aislamiento de un cable se usa para determinar la capacitancia del cable y posteriormente la corriente de carga. La magnitud de la corriente de carga requerida por el cable, que es una función de la tensión de operación y de las dimensiones geométricas del cable, se determina directamente de la capacitancia.[2]

La corriente tomada por el dieléctrico de un cable tiene dos componentes, como se muestra en la Figura 2: La corriente capacitiva I_b y la componente I_g que produce el calentamiento dieléctrico en el aislamiento. Estas dos componentes de corriente se representan vectorialmente y dan lugar a otros dos términos: factor de disipación o tan δ y factor de potencia dieléctrico o cos ϕ; los dos valores son prácticamente iguales. Estos términos se utilizan para calificar la calidad de un aislamiento.

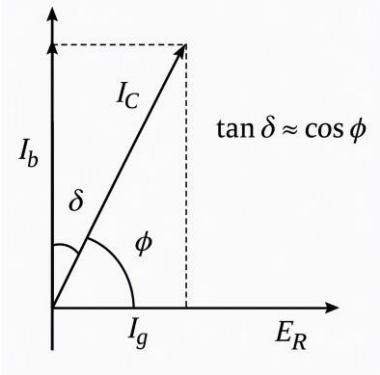


Figura 2 – Componentes de la corriente

El efecto de calentamiento de I_g se expresa en watts de pérdidas por longitud del cable. A altas tensiones de operación el factor de potencia y las pérdidas dieléctricas P_d por fase, resultantes en el aislamiento, son de gran importancia y se determinan por la ecuación siguiente:[2]

$$P_d = (\omega V^2 C \tan\delta)\ 10^{-3}$$

En donde:

P_d son las pérdidas dieléctricas en kW/km
ω es la pulsación eléctrica, igual a 2π veces la frecuencia
C es la capacitancia en microfaradios por km
V es la tensión de línea a neutro en kV
tan δ es la tangente de pérdidas

Para el cálculo de la capacitancia, utilizamos la ecuación siguiente:[5]

$$C = \frac{0.02414\ \text{SIC}}{log\frac{R}{r}}$$

En la Tabla 2 se indican los valores de tan δ y constante dieléctrica (SIC) y en la Tabla 3 se indica el factor de potencia (cos ϕ) a 90 °C para los diferentes tipos de aislamiento.

Tabla 2 - Valores de tan δ y constante dieléctrica (SIC) para XLPE y EPR [4]

Aislamiento	tan δ	SIC
EPR	0.020	3.0
XLPE	0.001	2.5

Tabla 3 - Factor de potencia (cos ϕ) a 90 °C para los diferentes tipos de aislamiento [5]

PVC	PE	XLPE	EPR
9	0.02 %	0.02 %	0.5 % – 1 %

EJEMPLO:

Determinar las pérdidas dieléctricas, por fase, en un cable Viakon monopolar de XLPE de 25 kV de un kilómetro de longitud, de 500 kcmil. Considerar el valor de la frecuencia de 60 Hz. Determinar las pérdidas por efecto Joule cuando circule una corriente de 350 A por el cable. Comparar este resultado con las pérdidas dieléctricas.



Valores que conocemos:

Diámetro del conductor: 18.7 mm
∴ r = 9.35 mm
Diámetro sobre el aislamiento: 33.2 mm
∴ R = 16.6 mm
SIC = 2.3
tan δ = 0.001

Cálculo de la capacitancia:

$$C = \frac{0.02414\ SIC}{log\frac{R}{r}} = \frac{0.02414\ (2.5)}{log\frac{16.6}{9.35}} = 0.242\ \mu F/km$$

Cálculo de la resistencia:

$$R_{CD\text{-}90} = R_{CD\text{-}20}\ (1 + \alpha\Delta T)$$

Los valores de resistencia a 20 °C en c.d. se pueden consultar en la NMX-J-012-ANCE para conductores de cobre y en la NMX-J-032-ANCE para conductores de aluminio. El valor de la constante (1 + $\alpha\Delta$T) se establecen como un factor (f) de corrección en la Tabla 4:

Tabla 4 – Factores de corrección por temperatura (f) para el cálculo de resistencias de conductores eléctricos [5]

Temperatura del conductor en °C	Cobre	Aluminio
0	0.9216	0.9191
5	0.9416	0.9398
10	0.9615	0.9596
15	0.9803	0.9803
20	1.0000	1.0000
25	1.0204	1.0204
30	1.0395	1.0405
35	1.0593	1.0604
40	1.0787	1.0810
45	1.0989	1.1013
50	1.1185	1.1210
55	1.1376	1.1415
60	1.1507	1.1614
65	1.1765	1.1820
70	1.1961	1.2019
75	1.2165	1.2224
80	1.2360	1.2422
85	1.2562	1.2626
90	1.2755	1.2820

Conociendo el valor de $R_{CD\text{-}90}$ ya podemos calcular la resistencia eléctrica en corriente alterna a 90 °C por medio de la ecuación siguiente:

$$R_{CA\text{-}90} = R_{CD\text{-}90} \times \text{factor de conversión } (\Omega/km)$$

El factor de conversión se indica en la Tabla 5, para el caso A o B según aplique.

Tabla 5 – Relación de resistencia c.a/c.d para conductores de cobre y aluminio a una frecuencia de 60 Hz. Cableado concéntrico normal [5]

Calibre del Conductor AWG o kcmil	CASO A		CASO B	
	Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
3 y menores	1.000	1.000	1.00	1.00
2	1.000	1.000	1.01	1.00
1	1.000	1.000	1.01	1.00
1/0	1.001	1.000	1.02	1.00
2/0	1.001	1.001	1.03	1.00
3/0	1.002	1.001	1.04	1.01
4/0	1.004	1.001	1.05	1.01
250	1.005	1.002	1.06	1.02
300	1.006	1.003	1.07	1.02
350	1.009	1.004	1.08	1.03
400	1.011	1.005	1.10	1.04
500	1.018	1.007	1.13	1.06
600	1.025	1.010	1.16	1.08
750	1.039	1.015	1.21	1.11
1 000	1.067	1.026	--	1.19
1 250	1.102	1.040	--	1.27
1 500	1.142	1.058	--	1.36
1 750	1.185	1.079	--	1.46
2 000	1.233	1.100	--	1.56
2 500	1.326	---	--	--

Caso A:

- Conductor monofásico sin pantalla metálica, instalados en aire o en ductos metálicos.
- Conductor monofásico con pantalla metálica y cubierta, instalados en ductos no metálicos.

Caso B:

- Cables trifásicos con pantalla metálica.
- Dos o múltiplo de dos conductores monofásicos sin pantalla, instalados en ducto metálico.

R_{CD-20} = 0.0695
$R_{CD-90} = R_{CD-20} (1 + \alpha\Delta T)$
R_{CD-90} = 0.0695 (1.2755) = 0.0886 Ω/km
$R_{CA-90} = R_{CD-90}$ × factor de conversión
R_{CA-90} = 0.0886 (1.018) = 0.0902 Ω/km

Cálculo de las pérdidas dieléctricas:

$$P_d = (\omega V^2 C \tan \delta) \times 10^{-3}$$

$$P_d = [2 \pi (60) (14.43)^2 (0.242) (0.001)] \times 10^{-3}$$

$$P_d = 18.6 \text{ W/km}$$

Cálculo de las pérdidas por efecto Joule por fase:

$$P_c = RI^2 = 0.0902 (350)^2 = 11760 \text{ W/km}$$

Las pérdidas dieléctricas representan de las pérdidas RI^2:

$$\frac{P_d}{P_c} \times 100 = \frac{18.6}{11760} \times 100 = 0.158 \%$$

BIBLIOGRAFÍA

[1] Reglamento de líneas de alta tensión y sus fundamentos técnicos, Moreno Jorge, Garnacho Fernando, et-al. Ediciones Paraninfo, España.

[2] Sistemas eléctricos de distribución. Juan Antonio Yebra Morón. Ed. Reverté.

[3] Website Prysmian: Pérdidas en el dieléctrico de los cables aislados. La tangente de delta.

[4] IEC 60287-1-1 Electric cables – Calculation of the current rating – Part 1-1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – General.

[5] Cables de energía para distribución subterránea I, Julio Luna, Miguel Mtz. CIME.



viakon®

Innovamos con energía