

COORDINACIÓN DE AISLACIÓN DE ESTACIONES

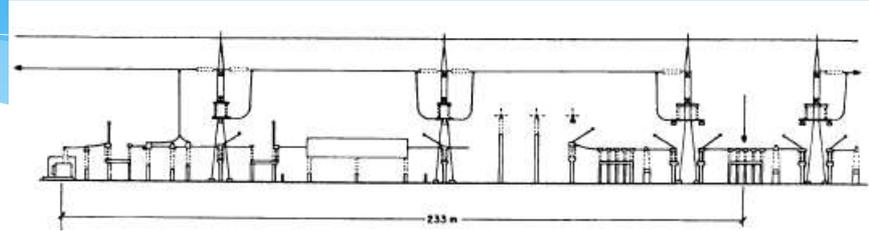
PLAN DE LA PRESENTACIÓN

- * Introducción
- * Tensiones a frecuencia industrial
- * Sobretensiones de maniobra
- * Sobretensiones de rayo: métodos simplificados y simulaciones ATP
- * Selección de parámetros de aislación

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO : DEFINIR O VERIFICAR...

- * Distancias en aire



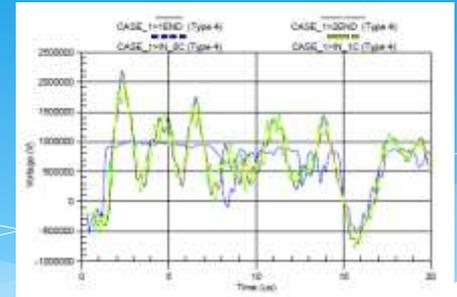
- * Número y tipo de platos de cadenas de aisladores

- * Nivel de aislación de los equipos

- * Tipo y ubicación de descargadores

- * (Blindaje a las descargas atmosféricas)

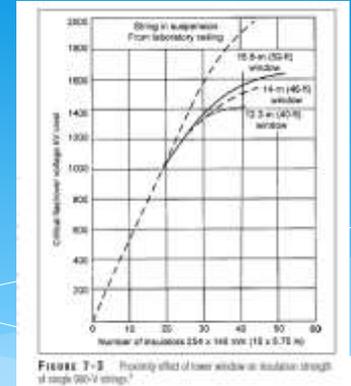
METODOLOGÍA



- * Evaluar las **tensiones impuestas** a la Estación, de origen interno (tensión normal de operación. maniobras) o externo (descargas atmosféricas)
- * Herramientas: Simulaciones, cálculos, estimaciones

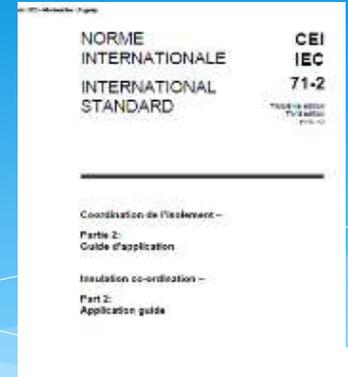
•

METODOLOGÍA



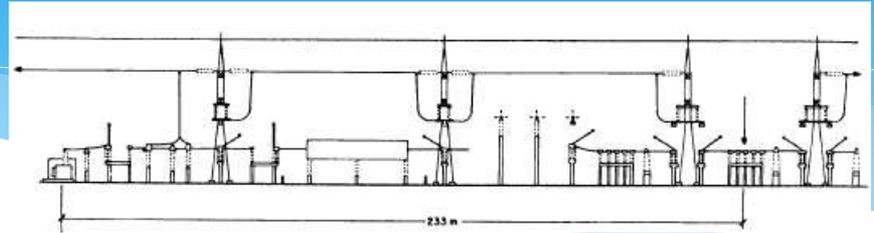
- * Evaluar la **soportabilidad de las aislaciones** involucradas.
- * Herramientas: Curvas de soportabilidad, fórmulas, ensayos de laboratorio o campo.

METODOLOGÍA



- * Definir los parámetros de aislación **comparando las tensiones impuestas con las soportadas**
- * Herramientas: procedimientos de cálculo y criterios normalizados

DATOS DE ENTRADA AL ESTUDIO



- * Layout y cortes preliminares
- * Propuesta preliminar de nivel básico de aislación
(Frecuencia industrial: FI, Maniobra: BSL, Rayo: BIL)
- * Propuesta preliminar de descargadores
- * Nivel de polución
- * Tasa de falla a las descargas atmosféricas en las líneas aéreas incidentes

DIFERENCIAS CON LÍNEAS AÉREAS

- * Niveles de aislación FI/BSL/BIL normalizados según clase de tensión.
- * Distancias mínimas normalizadas para cada nivel de aislación (no hay estímulo económico para optimizarlas)
- * Influencia de los descargadores

| Highest voltage for equipment U_m kV (r.m.s. value) | Standard short-duration power-frequency withstand voltage kV (r.m.s. value) | Standard lightning impulse withstand voltage kV (peak value) |
|---|---|--|
| 3,6 | 10 | 20 40 |
| 7,2 | 20 | 40 60 |
| 12 | 28 | 60 75 95 |
| 17,5 | 38 | 75 95 |
| 24 | 50 | 95 125 145 |
| 36 | 70 | 145 170 |
| 52 | 95 | 250 |
| 72,5 | 140 | 325 |
| 123 | (185) | 450 |
| | 230 | 550 |
| 145 | (185) | (450) |
| | 230 | 550 |
| | 275 | 650 |
| 170 | (230) | (550) |
| | 275 | 650 |
| | 325 | 750 |
| 245 | (275) | (650) |
| | (325) | (750) |
| | 360 | 850 |
| | 395 | 950 |
| | 460 | 1 050 |

Table A.1 – Correlation between standard rated lightning impulse withstand voltages and minimum air clearances

| Standard rated lightning impulse withstand voltage kV | Minimum clearance mm | |
|--|-------------------------|---------------------|
| | Rod-structure | Conductor-structure |
| 20 | 60 | |
| 40 | 60 | |
| 60 | 90 | |
| 75 | 120 | |
| 95 | 160 | |
| 125 | 220 | |
| 145 | 270 | |
| 170 | 320 | |
| 200 | 380 | |
| 250 | 480 | |
| 325 | 630 | |
| 380 | 750 | |
| 450 | 900 | |
| 550 | 1 100 | |
| 650 | 1 300 | |
| 750 | 1 500 | |
| 850 | 1 700 | 1 600 |
| 950 | 1 900 | 1 700 |
| 1 050 | 2 100 | 1 900 |
| 1 175 | 2 350 | 2 200 |
| 1 300 | 2 600 | 2 400 |
| 1 425 | 2 850 | 2 600 |
| 1 550 | 3 100 | 2 900 |
| 1 675 | 3 350 | 3 100 |
| 1 800 | 3 600 | 3 300 |
| 1 950 | 3 900 | 3 600 |
| 2 100 | 4 200 | 3 900 |

NOTE The standard rated lightning impulse withstand voltages are applicable phase-to-phase and phase-to-earth.
For phase-to-earth, the minimum clearance for conductor-structure and rod-structure is applicable.
For phase-to-phase, the minimum clearance for rod-structure is applicable.

A GRANDES RASGOS...

(AT y EAT)

| PARÁMETRO DE AISLACIÓN | TIPO DE TENSIÓN RELEVANTE |
|--|---|
| Distancias en aire | STR (AT) / STM (EAT) |
| Número/tipo de platos de la cadena de aisladores | Tensión de operación (COV) + Nivel polución |
| Nivel aislación equipos | STR (AT) / STM (EAT) |
| Tensión nominal descargadores | Sobretensiones temporarias (TOV) |
| Ubicación descargadores | STR |

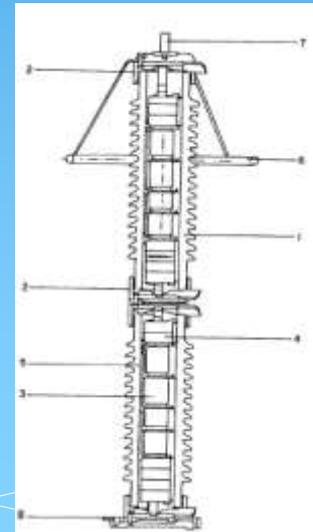
FACTORES ATMOSFÉRICOS

- * La información de soportabilidad de las aislaciones en aire se refiere siempre a condiciones “standard” de laboratorio.
- * Para llevarla a las condiciones reales de la SE es necesario corregir la tensión soportada con la presión, temperatura y humedad.
- * IEC propone un método simplificado, basado exclusivamente en la altura de la SE sobre el nivel del mar.
- * Para SE a 100 m la corrección es del orden del 1 %

FACTORES DE SEGURIDAD

- * IEC propone un factor de seguridad a aplicar a la tensión soportada de **1,05** para aislaciones externas y **1,15** para aislaciones internas

DESCARGADORES

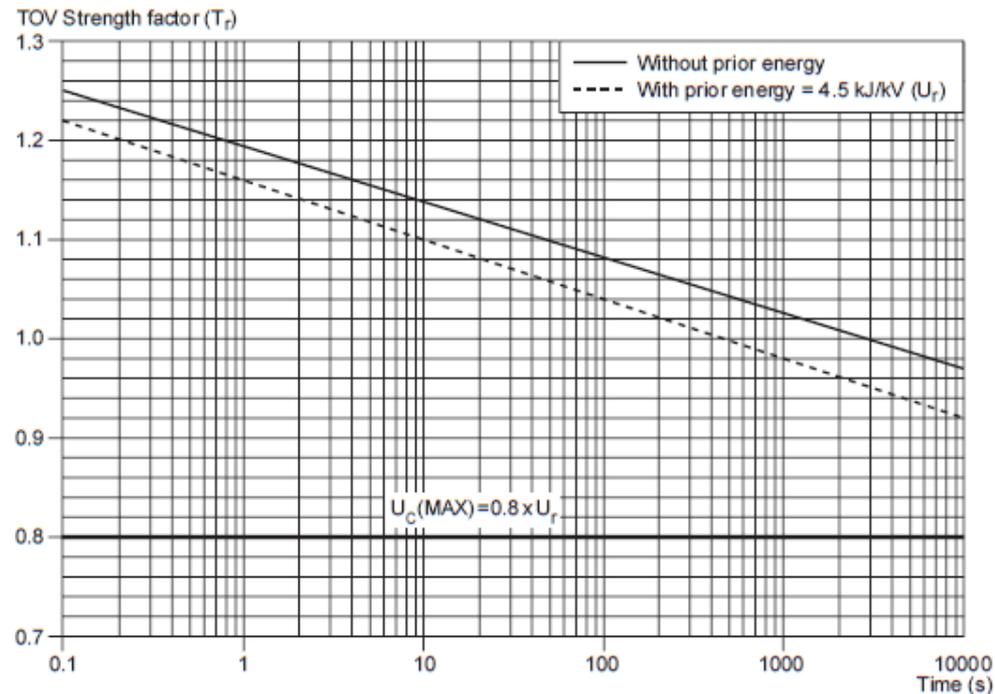


DESCARGADORES

| Max. system voltage, U_m kV _{rms} | Rated voltage, U_r kV _{rms} | Max. continuous operating voltage ¹⁾ | | TOV capability ²⁾ | | Max. residual voltage (U_{res}) with current wave | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------------------------|---------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| | | as per IEC, U_c kV _{rms} | as per ANSI/IEEE MCOV kV _{rms} | | | 30/60 μ s | | | 8/20 μ s | | | | |
| | | | | 1 s kV _{rms} | 10 s kV _{rms} | 0,5 kA kV _{crest} | 1 kA kV _{crest} | 2 kA kV _{crest} | 5 kA kV _{crest} | 10 kA kV _{crest} | 20 kA kV _{crest} | 40 kA kV _{crest} | |
| 170 | 132 | 106 | 106 | 153 | 145 | 254 | 262 | 272 | 295 | 311 | 342 | 382 | |
| | 144 | 108 | 115 | 167 | 158 | 277 | 286 | 297 | 322 | 339 | 373 | 417 | |
| | 162 | 108 | 131 | 187 | 178 | 312 | 321 | 334 | 362 | 381 | 419 | 469 | |
| | 168 | 108 | 131 | 194 | 184 | 323 | 333 | 346 | 376 | 395 | 435 | 486 | |

DESCARGADORES: TOV

- * Los descargadores **no limitan las TOV, las deben soportar**



DESCARGADORES: TOV

- * Se debe verificar que los descargadores soporten las TOV. Si no es así, es necesario aumentar la **tensión nominal** del descargador.
(Consecuencia negativa: aumentan las tensiones residuales).

DESCARGADORES: STM

- * Los descargadores “amarran” la STM en su tensión residual. El nivel de STM en la Estación casi no depende de lo que ocurre en la red; sólo depende del descargador.

| Max. system voltage, U_m kV _{rms} | Rated voltage, U_r kV _{rms} | Max. continuous operating voltage ¹⁾ | | TOV capability ²⁾ | | Max. residual voltage (U_{res}) with current wave | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------------------------|---------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| | | as per IEC, U_c kV _{rms} | as per ANSI/IEEE MCOV kV _{rms} | TOV capability ²⁾ | | 30/60 μ s | | | 8/20 μ s | | | | |
| | | | | 1 s kV _{rms} | 10 s kV _{rms} | 0,5 kA kV _{crest} | 1 kA kV _{crest} | 2 kA kV _{crest} | 5 kA kV _{crest} | 10 kA kV _{crest} | 20 kA kV _{crest} | 40 kA kV _{crest} | |
| 170 | 132 | 106 | 106 | 153 | 145 | 254 | 262 | 272 | 295 | 311 | 342 | 382 | |
| | 144 | 108 | 115 | 167 | 158 | 277 | 286 | 297 | 322 | 339 | 373 | 417 | |
| | 162 | 108 | 131 | 187 | 178 | 312 | 321 | 334 | 362 | 381 | 419 | 469 | |
| | 168 | 108 | 131 | 194 | 184 | 323 | 333 | 346 | 376 | 395 | 435 | 486 | |

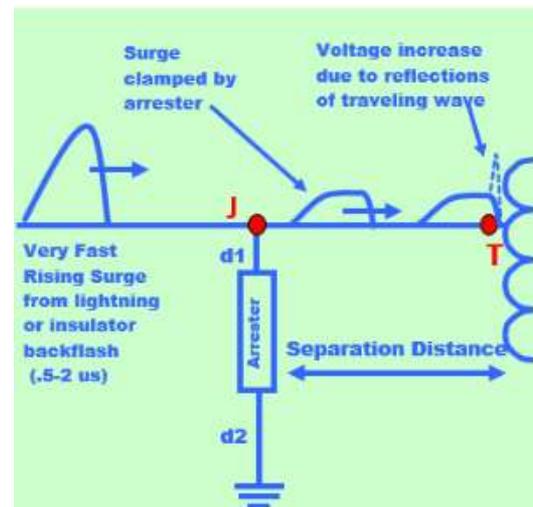
DESCARGADORES: STR

- * Los descargadores no “amarran” la STR en su tensión residual.

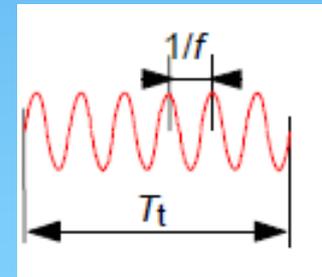
| Max. system voltage, U_m kV _{rms} | Rated voltage, U_r kV _{rms} | Max. continuous operating voltage ¹⁾ | | TOV capability ²⁾ | | Max. residual voltage (U_{res}) with current wave | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------------------------|---------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| | | as per IEC, U_c kV _{rms} | as per ANSI/IEEE MCOV kV _{rms} | 1 s kV _{rms} | 10 s kV _{rms} | 30/60 μ s | | | 8/20 μ s | | | | |
| | | | | | | 0,5 kA kV _{crest} | 1 kA kV _{crest} | 2 kA kV _{crest} | 5 kA kV _{crest} | 10 kA kV _{crest} | 20 kA kV _{crest} | 40 kA kV _{crest} | |
| 550 | 396 | 317 | 318 | 459 | 435 | 773 | 800 | 820 | 856 | 901 | 987 | 1086 | |
| | 420 | 336 | 336 | 487 | 462 | 819 | 849 | 870 | 908 | 956 | 1051 | 1152 | |
| | 444 | 349 | 353 | 515 | 488 | 866 | 897 | 920 | 960 | 1015 | 1111 | 1217 | |

DESCARGADORES: STR

- * Si ingresa un rayo a una Estación, en un instante dado las STR en los distintos puntos de la Estación **son distintas.**
- * La **distancia** del descargador al equipo protegido condiciona la STR en el equipo.
- * Puntos críticos: extremos abiertos, transformadores, reactores.



TENSIONES A FRECUENCIA INDUSTRIAL (COV/TOV)



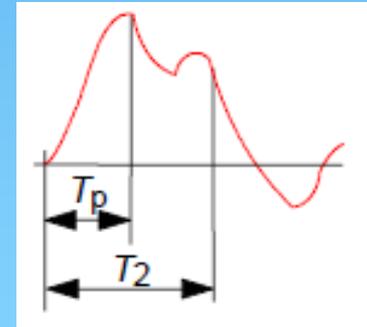
TENSIÓN IMPUESTA (TOV)

- * Tensión en la fase sana durante una falta fase-tierra.
- * Rechazo de carga
- * Casos especiales de energización de transformadores
- * Cálculo mediante programas de flujo de carga, cortocircuito, estabilidad o ATP en casos especiales.
- * Valor máximo esperable: **1,4 p.u**

TOV EN EQUIPOS SATURABLES

- * Es necesario verificar la soportabilidad a las TOV de los equipos saturables (transformadores, reactores).
- * No es una verificación adicional de soportabilidad dieléctrica, sino una **verificación térmica**.

SOBRETENSIONES DE MANIOBRA (STM)

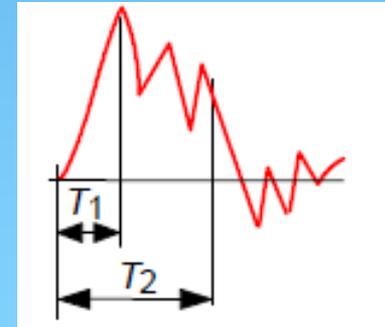


TENSIÓN IMPUESTA (STM)

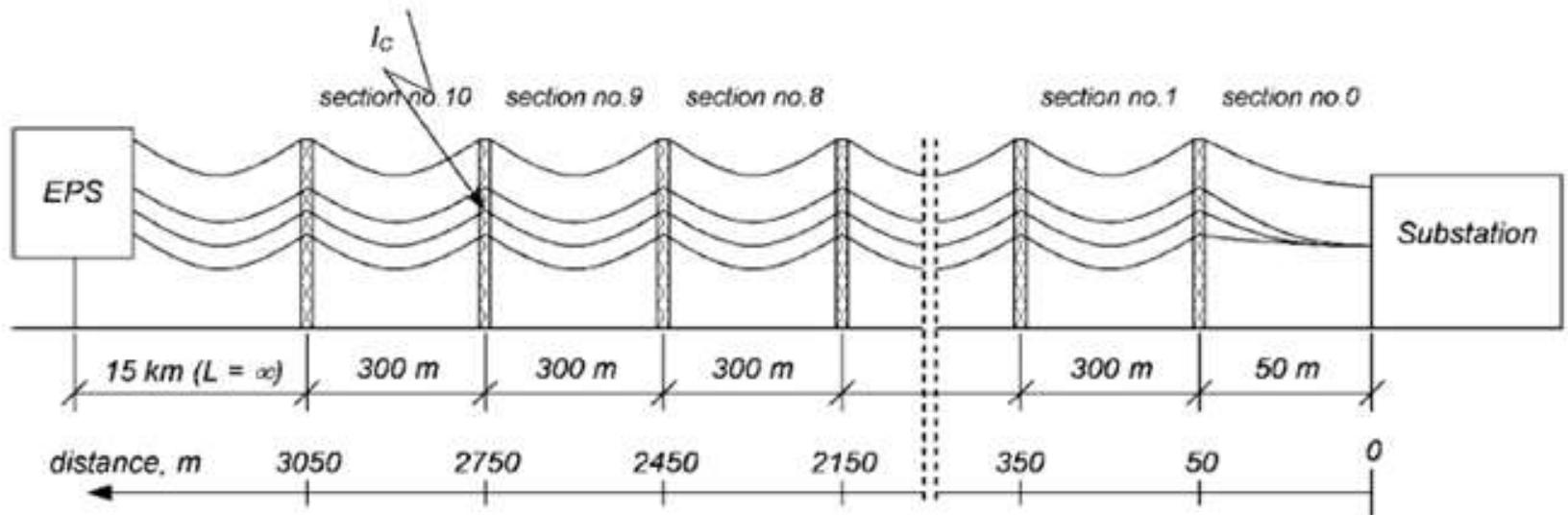
- * En forma simplificada, basta con tomar como tensión impuesta la tensión residual del descargador a 1 o 2 kA.

| Max. system voltage, U_m kV _{rms} | Rated voltage, U_r kV _{rms} | Max. continuous operating voltage ¹⁾ | | TOV capability ²⁾ | | Max. residual voltage (U_{res}) with current wave | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------------------------|---------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| | | as per IEC, U_c kV _{rms} | as per ANSI/IEEE MCOV kV _{rms} | 1 s kV _{rms} | 10 s kV _{rms} | 30/60 μ s | | | 8/20 μ s | | | | |
| | | | | | | 0,5 kA kV _{crest} | 1 kA kV _{crest} | 2 kA kV _{crest} | 5 kA kV _{crest} | 10 kA kV _{crest} | 20 kA kV _{crest} | 40 kA kV _{crest} | |
| 170 | 132 | 106 | 106 | 153 | 145 | 254 | 262 | 272 | 295 | 311 | 342 | 382 | |
| | 144 | 108 | 115 | 167 | 158 | 277 | 286 | 297 | 322 | 339 | 373 | 417 | |
| | 162 | 108 | 131 | 187 | 178 | 312 | 321 | 334 | 362 | 381 | 419 | 469 | |
| | 168 | 108 | 131 | 194 | 184 | 323 | 333 | 346 | 376 | 395 | 435 | 486 | |

SOBRETENSIONES DE RAYO (STR)

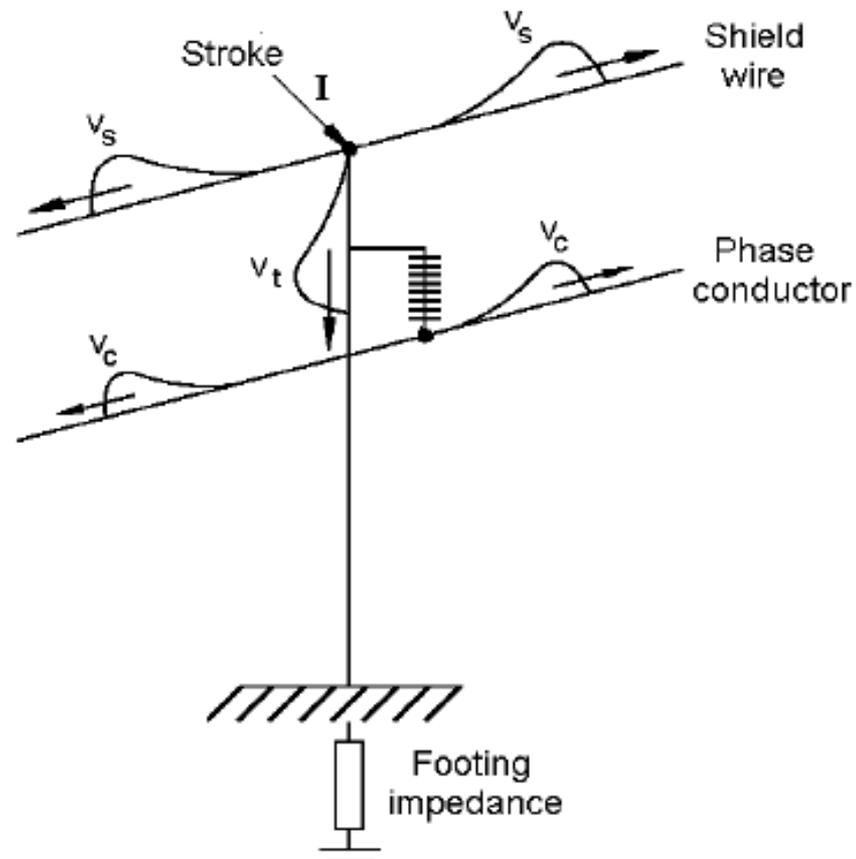


TENSIÓN IMPUESTA



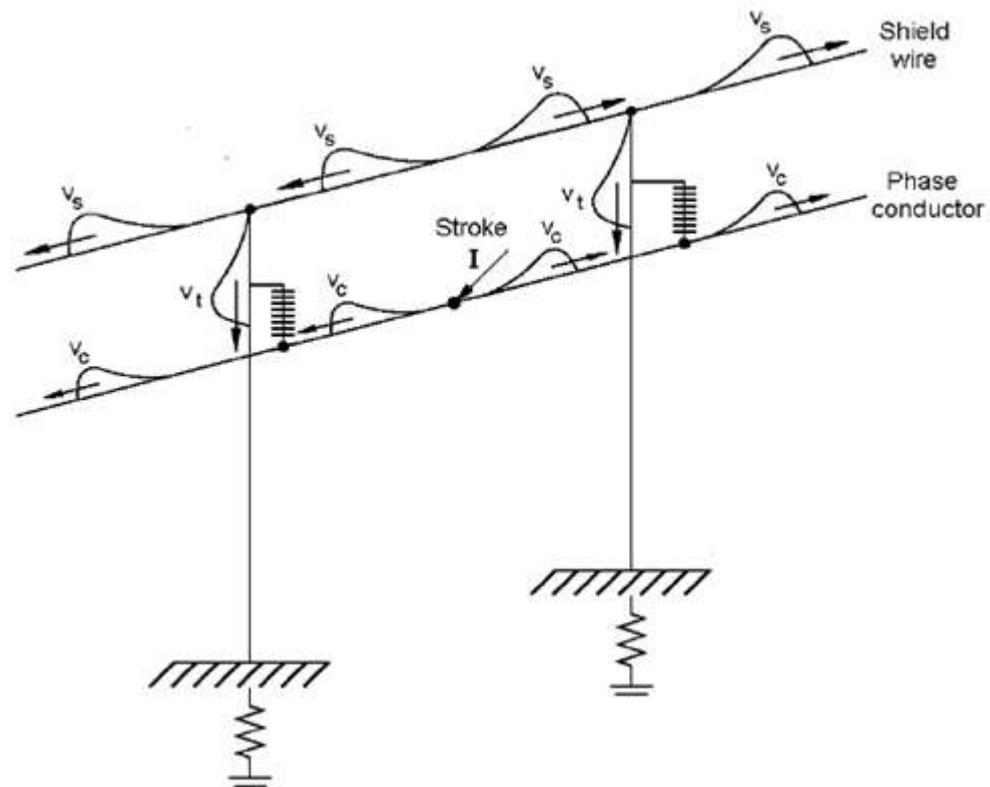
TENSIÓN IMPUESTA

- ❖ Descarga inversa cerca de la SE (unos cientos de m) en una línea aérea incidente.



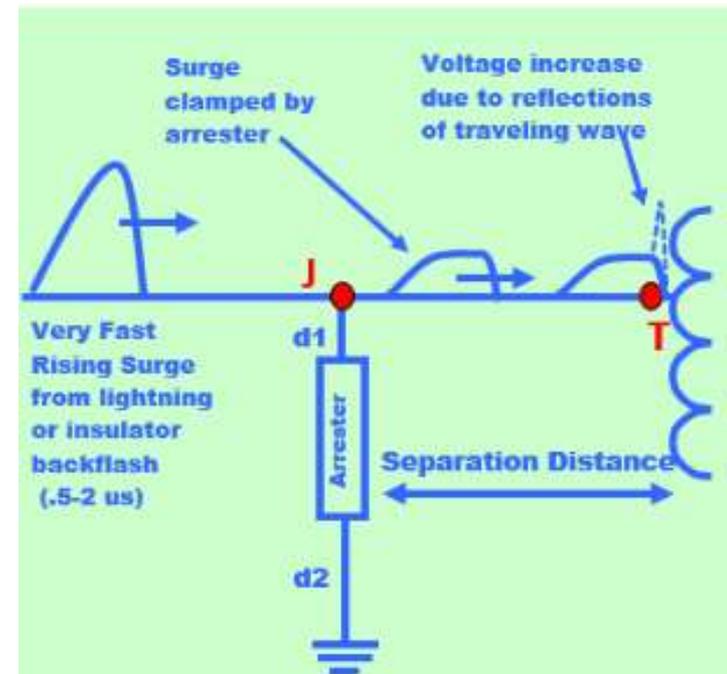
TENSIÓN IMPUESTA

- * Descarga directa cerca de la SE (unos cientos de m) en una línea aérea incidente, con o sin contorno de los aisladores de línea.



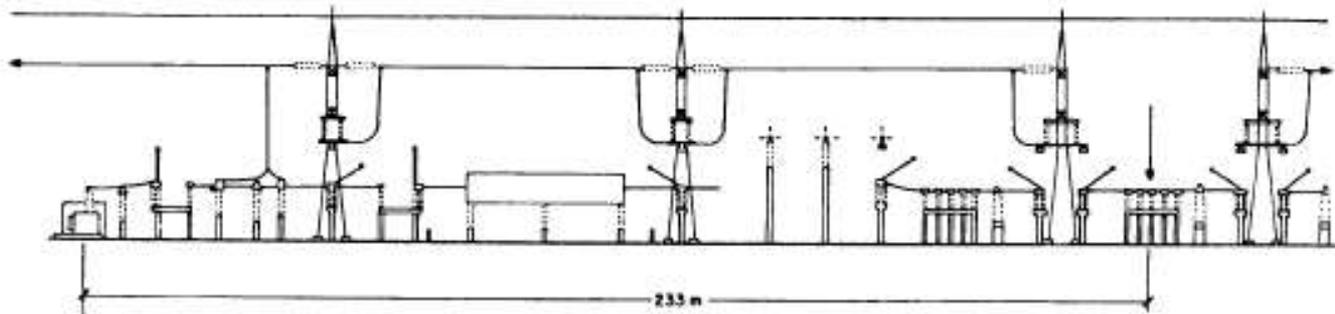
TENSIÓN IMPUESTA: EFECTO DISTANCIA

- * El efecto del rayo entrando en la SE sobre las aislaciones internas y externas depende de la distancia del descargador a la aislación, de acuerdo a la teoría de ondas viajeras.

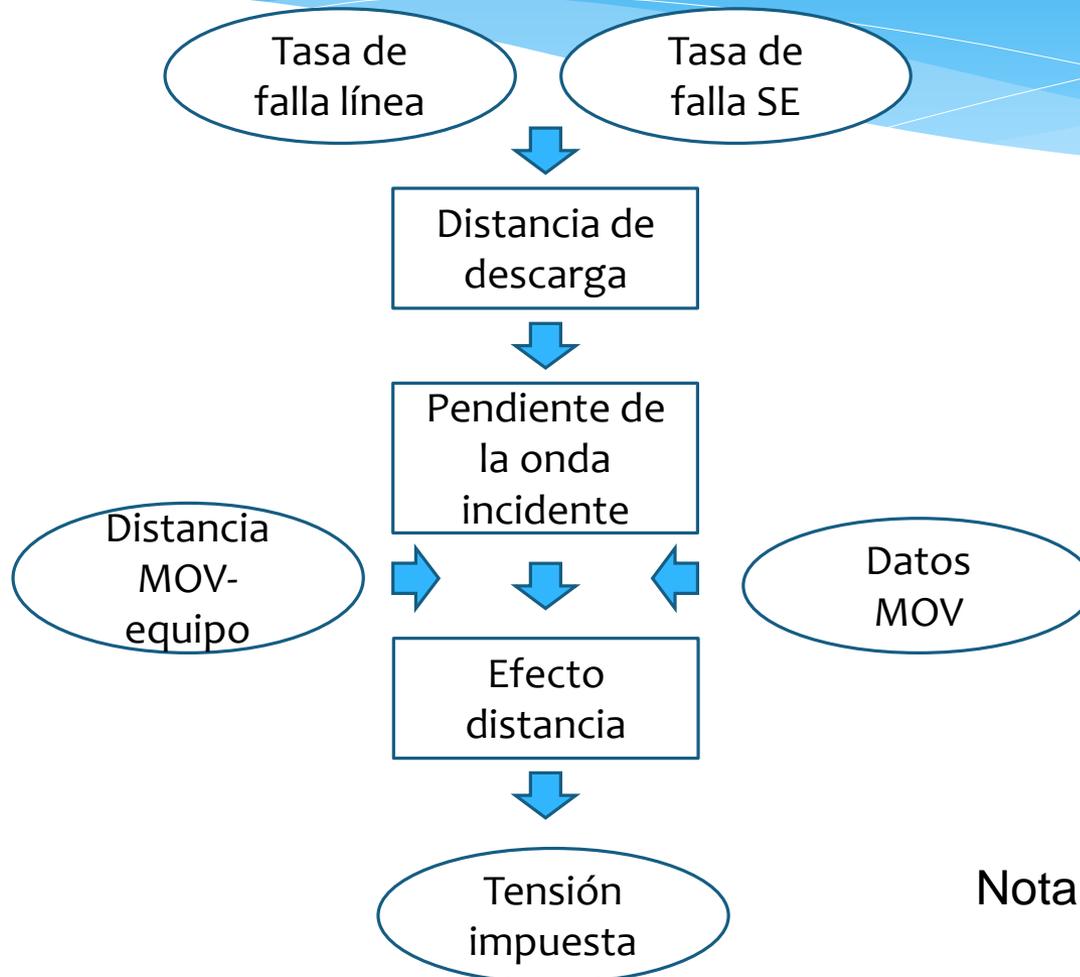


TENSIÓN IMPUESTA

- * Las aislaciones críticas son habitualmente las de los transformadores y reactores (se comportan aproximadamente como circuitos abiertos frente a la onda de rayo), y en algunos casos terminales de cable.
- * El cálculo preciso se hace con un programa de transitorios electromagnéticos, modelando en detalle el layout de la SE.



TENSIÓN IMPUESTA: MÉTODO SIMPLIFICADO IEC



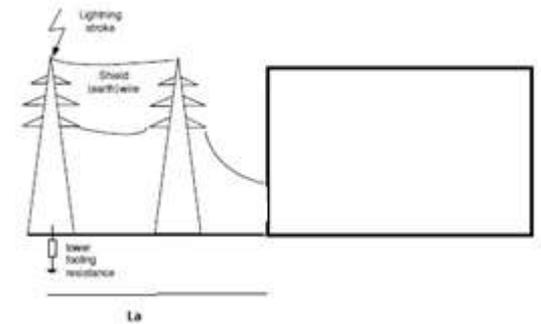
Nota: MOV = descargador

MÉTODO IEC: DISTANCIA DE DESCARGA

Se asume un cierto **riesgo de falla** en la SE para rayos que caen en la línea bien cerca de la SE (más cerca que una cierta **distancia crítica L_a**)

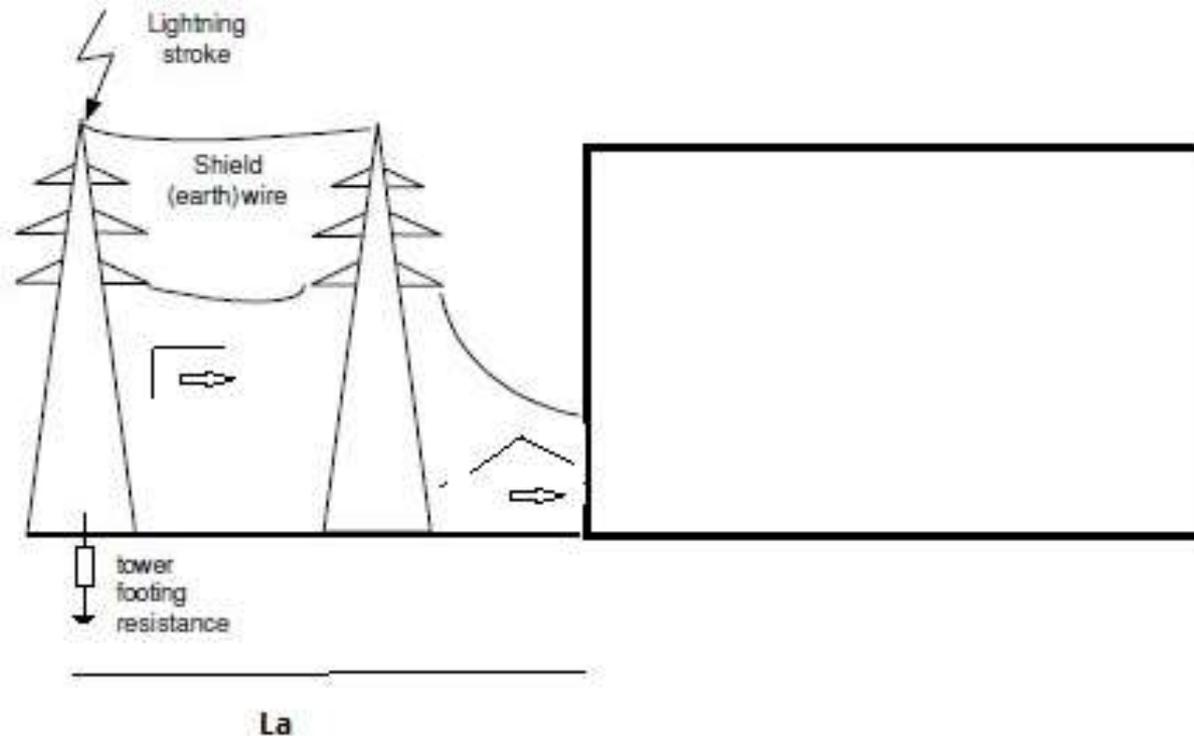
Para descargas más allá de la distancia crítica L_a , la SE estará totalmente protegida.

L_a es función de la tasa de falla a las descargas atmosféricas inversas de las líneas incidentes (BFR: fallas/100km-año) y de la tasa de falla anual aceptable en la SE (Valores típicos: 1/250 a 1/400 años en AIS, 1/1000 en GIS).



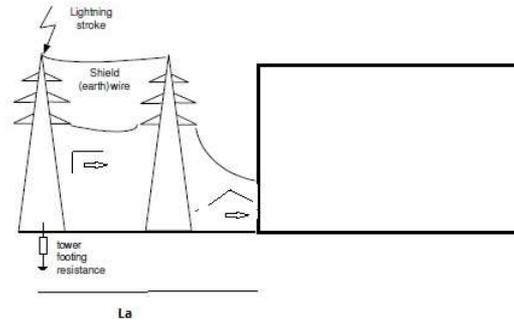
(Ver fórmula de L_a en los apuntes)

MÉTODO IEC: PENDIENTE DE LA ONDA INCIDENTE



La disminución de pendiente S por efecto corona es proporcional a L_a .

MÉTODO IEC:EFECTO CORONA

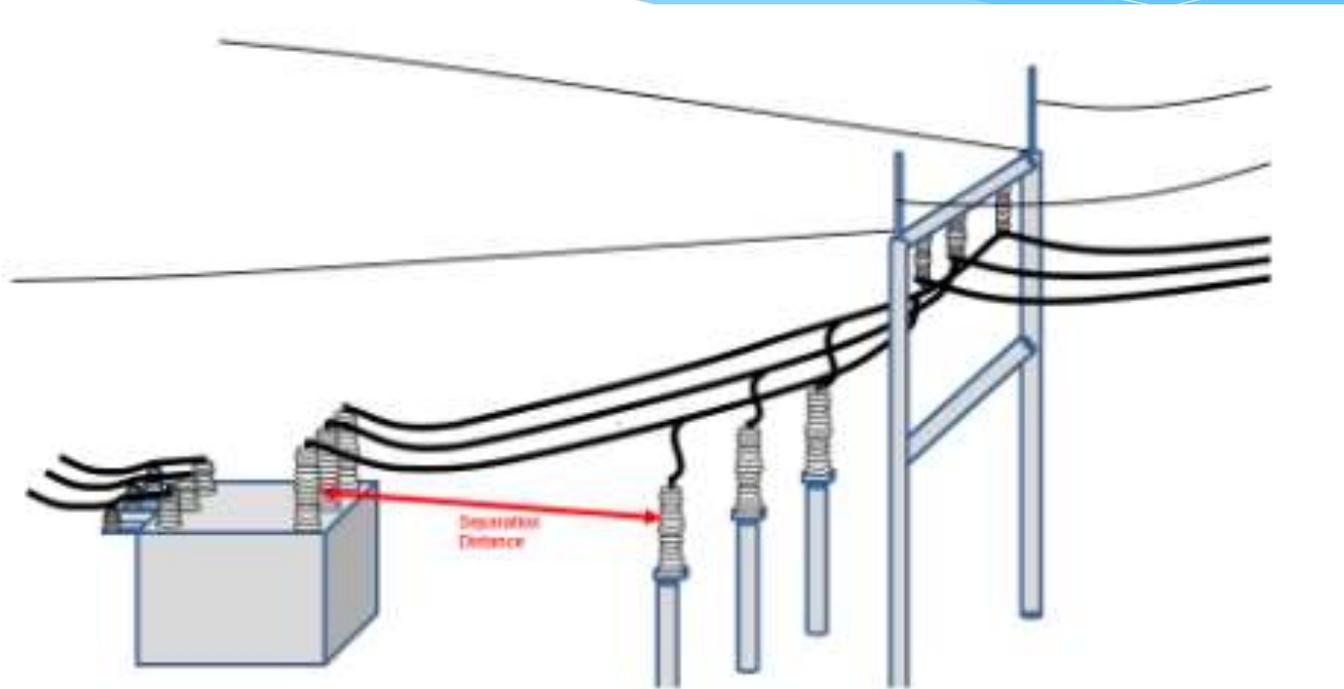


$$S=1/ (K_{\infty} \cdot L_a) (kV/\mu s)$$

Table F.1 – Corona damping constant K_{co}

| Conductor configuration | K_{co} ($\mu s/(kV \cdot m)$) |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| Single conductor | $1,5 \times 10^{-6}$ |
| Double conductor bundle | $1,0 \times 10^{-6}$ |
| Three or four conductor bundle | $0,6 \times 10^{-6}$ |
| Six or eight conductor bundle | $0,4 \times 10^{-6}$ |

EFEECTO DISTANCIA



MÉTODO IEC:EFECTO DISTANCIA

- * IEC propone fórmulas simplificadas para estimar la tensión impuesta U a un equipo o distancia en aire en función de su distancia L al descargador más cercano.

$U = \text{función}(L, S, U_p)$

$S =$ Pendiente de la onda de tensión ($\text{kV}/\mu\text{s}$)

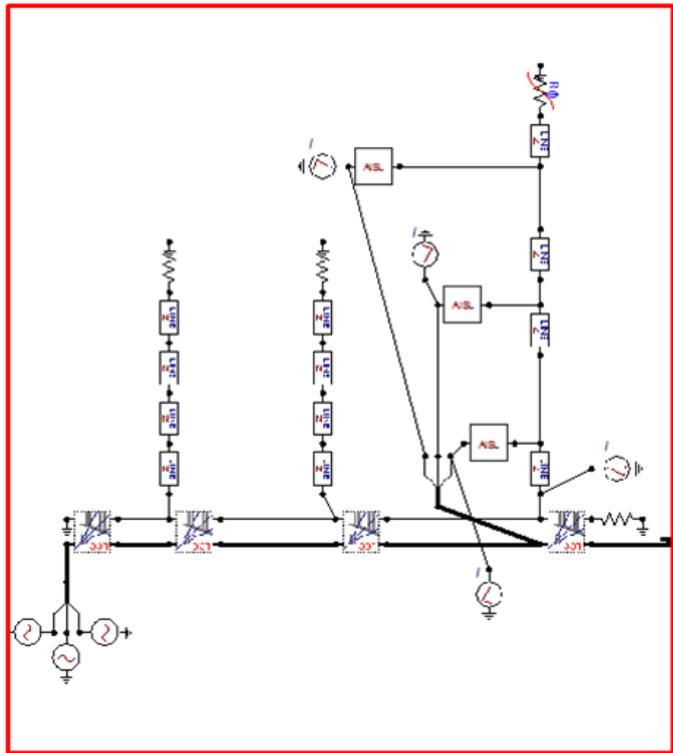
$U_p =$ Tensión residual del descargador, a la corriente de descarga nominal (kV)

El método puede usarse para hacer una primer aproximación a la ubicación de los descargadores, a confirmar por simulaciones (Ver Apuntes)

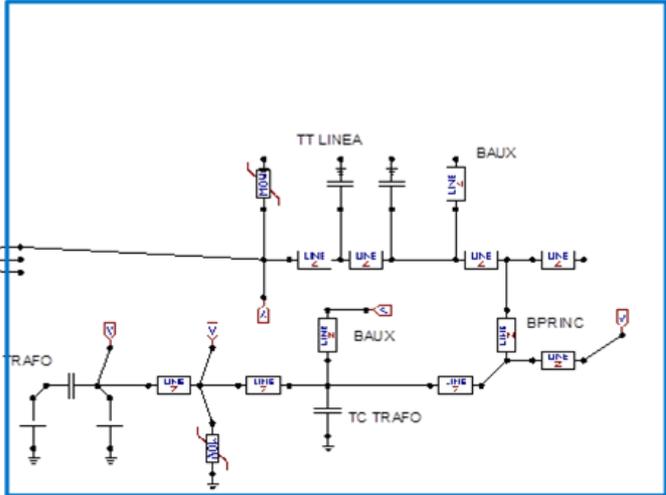
SIMULACIONES ATP: OPCIONES

- * Opción 1: Modelo detallado estación + línea y simulación de la descarga de rayo en una torre a la distancia crítica (más preciso, excepto por efecto corona).
- * Opción 2: Modelo detallado estación + fuente de tensión equivalente a la entrada de la estación (menos preciso, excepto por efecto corona).

SIMULACIONES ATP:OPCIÓN 1



LÍNEA

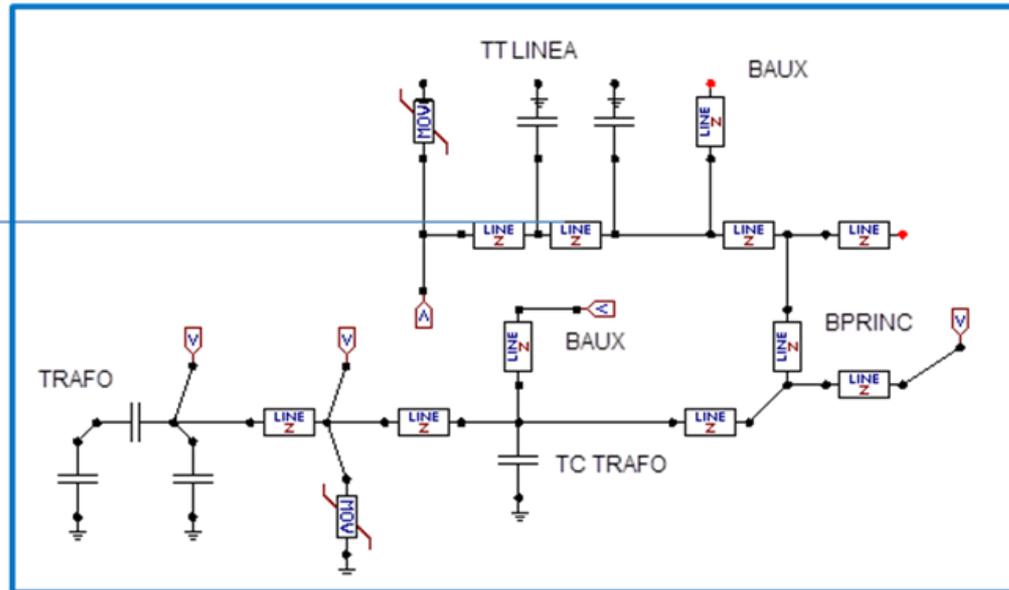
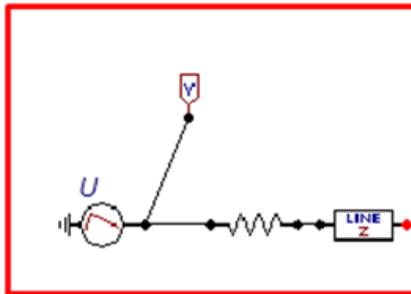


SUBSTATION

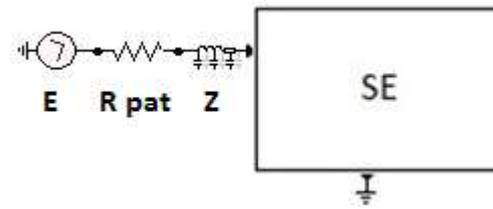
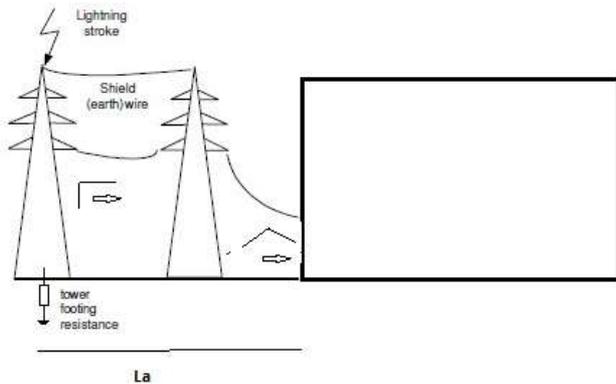
SIMULACIONES ATP:OPCIÓN 2

LINE

SUBSTATION



OPCIÓN 2: FUENTE DE TENSIÓN



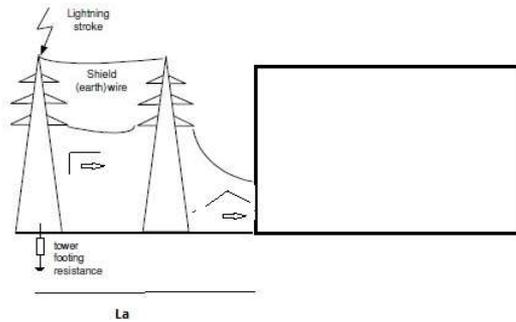
E a la entrada de la SE \approx CFO $(1+3\sigma)$

CFO, σ = Media y desviación std. de la distribución de probabilidad de aguante de la cadena de aisladores.

R = Resistencia de puesta a tierra de la torre.

Z = Impedancia de onda del conductor de fase.

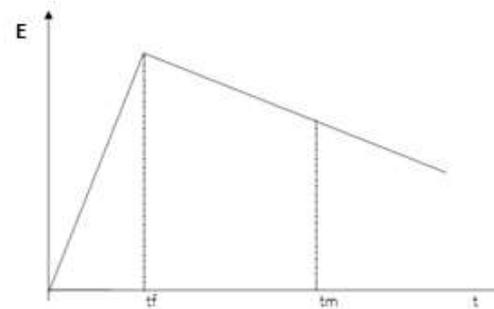
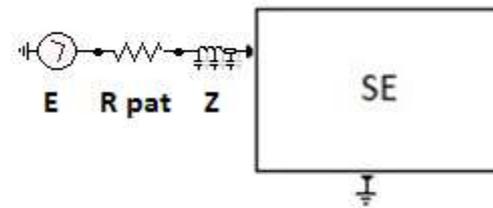
OPCIÓN 2: FUENTE DE TENSIÓN



$$S = 1 / (K_{\infty} \cdot L_a) \text{ (kV}/\mu\text{s)}$$

Table F.1 – Corona damping constant K_{co}

| Conductor configuration | K_{co} ($\mu\text{s}/(\text{kV}\cdot\text{m})$) |
|--------------------------------|---|
| Single conductor | $1,5 \times 10^{-6}$ |
| Double conductor bundle | $1,0 \times 10^{-6}$ |
| Three or four conductor bundle | $0,6 \times 10^{-6}$ |
| Six or eight conductor bundle | $0,4 \times 10^{-6}$ |



(Tiempo de cola: ver apuntes)

SIMULACIONES ATP:MODELO ESTACIÓN

- * Modelos adecuados para frecuencias de hasta 3 MHz
- * En forma simplificada se puede modelar sólo la fase en la que cae el rayo.
- * Conexiones entre equipos: modelos “pi” o parámetros distribuidos
Valores típicos: $C = 10\text{pF/m}$ $L = 1\mu\text{H/m}$ $Z_{\text{onda}} = 250$ a 350Ω
- * Cables subterráneos: capacidades concentradas

SIMULACIONES ATP:MODELO ESTACIÓN

- * Transformadores de potencia: capacidades concentradas f-t y entre devanados. Se deben incluir las capacidades de los “bushings”.
En ausencia de datos: capacidad f-t de valor 2 a 4 nF.
- * Sólo en casos especiales (sobretensiones transferidas de AT o EAT a MT) se modelan las impedancias de cortocircuito.

SIMULACIONES ATP:MODELO ESTACIÓN

- * Descargadores: Curvas V-I, onda 8/20 μs
- * Otros equipos: capacidades concentradas.
- * Son importantes los equipos que incluyen capacitores (transformadores de tensión, disyuntores con capacitores de reparto de tensión), pero también se deben modelar capacidades parásitas. Se recomienda modelar como mínimo las capacidades $> 0,5 \text{ nF}$.

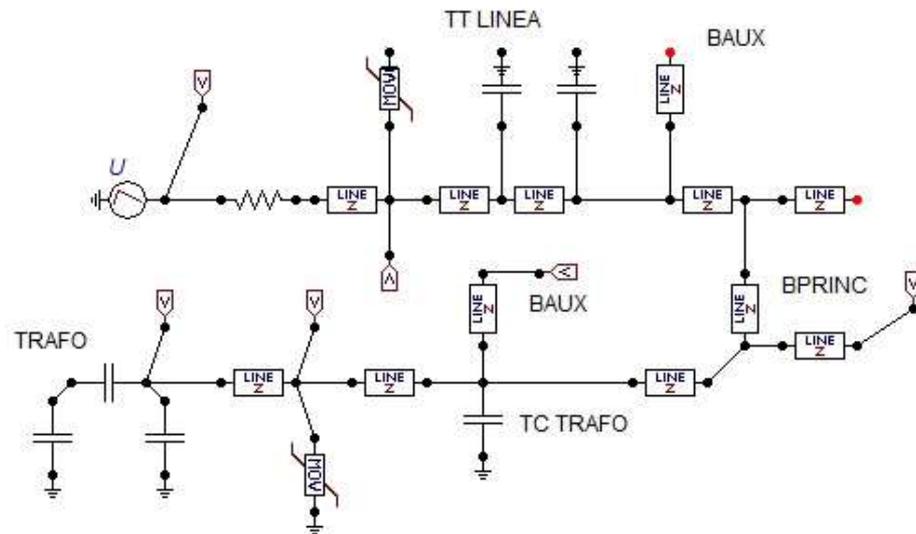
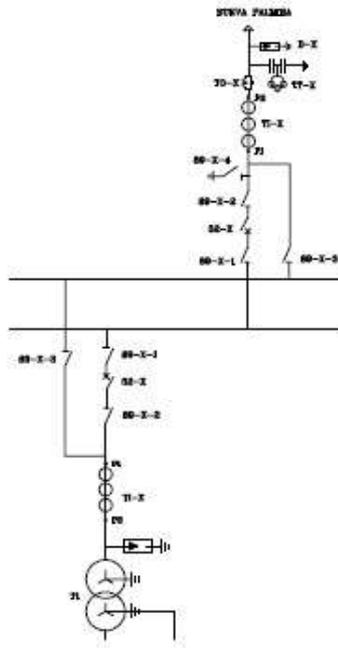
SIMULACIONES ATP:MODELO ESTACIÓN

* Valores típicos en 500 kV:

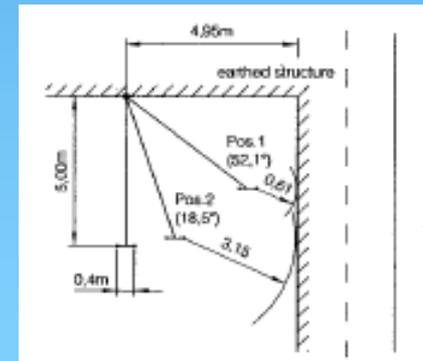
| | |
|---|-----------|
| - transformador de potencial capacitivo | = 5,0 nF |
| - disyuntores | = 0,1 nF |
| - llaves seccionadores (cuchillas) | = 0,1 nF |
| - bobina de bloqueo | = 0,05 nF |
| - transformadores de corriente | = 0,5 nF |
| - reactores | = 4,0 nF |

Para transformadores de tensión inductivos se puede tomar el mismo valor que para los de corriente

MODELO ATP



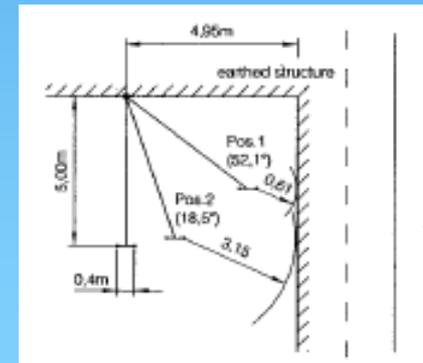
SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE AISLACIÓN



BIL DE LA SE

- * La tensión STR impuesta se debe comparar con el nivel de aislación a STR (BIL) preelegido para la SE.
- * En caso que el BIL de algún equipo o distancia sea inferior a la tensión impuesta, la solución habitual es **mover o agregar descargadores.**

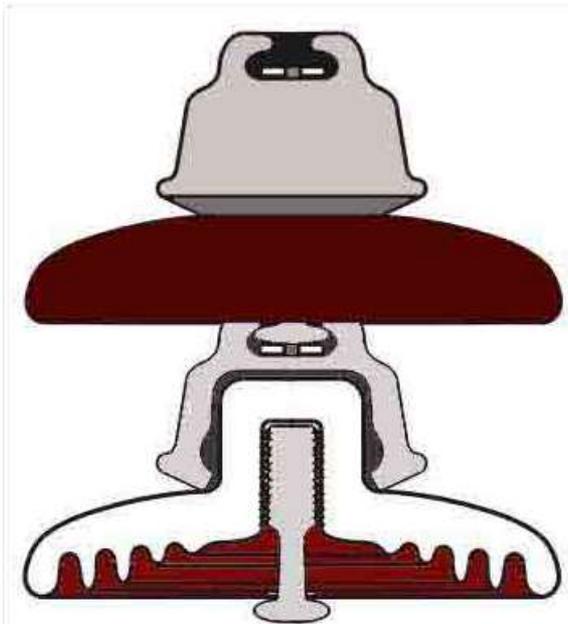
NÚMERO DE AISLADORES



NUMERO DE AISLADORES



- * Número de aisladores = Línea de fuga específica (IEC 815) x COV / Línea de fuga del aislador elegido



NUMERO DE AISLADORES (IEC 815)

Table 1 – Recommended creepage distances

| Pollution level | Examples of typical environments | Minimum nominal specific creepage distance mm/kV ¹⁾ |
|------------------|---|--|
| I Light | <ul style="list-style-type: none"> – Areas without industries and with low density of houses equipped with heating plants – Areas with low density of industries or houses but subjected to frequent winds and/or rainfall – Agriculture areas²⁾ – Mountainous areas – All these areas shall be situated at least 10 km to 20 km from the sea and shall not be exposed to winds directly from the sea³⁾ | 16,0 |
| II Medium | <ul style="list-style-type: none"> – Areas with industries not producing particularly polluting smoke and/or with average density of houses equipped with heating plants – Areas with high density of houses and/or industries but subjected to frequent winds and/or rainfall – Areas exposed to wind from the sea but not too close to coasts (at least several kilometres distant)³⁾ | 20,0 |
| III Heavy | <ul style="list-style-type: none"> – Areas with high density of industries and suburbs of large cities with high density of heating plants producing pollution – Areas close to the sea or in any case exposed to relatively strong winds from the sea³⁾ | 25,0 |
| IV Very heavy | <ul style="list-style-type: none"> – Areas generally of moderate extent, subjected to conductive dusts and to industrial smoke producing particularly thick conductive deposits – Areas generally of moderate extent, very close to the coast and exposed to sea-spray or to very strong and polluting winds from the sea – Desert areas, characterized by no rain for long periods, exposed to strong winds carrying sand and salt, and subjected to regular condensation | 31,0 |

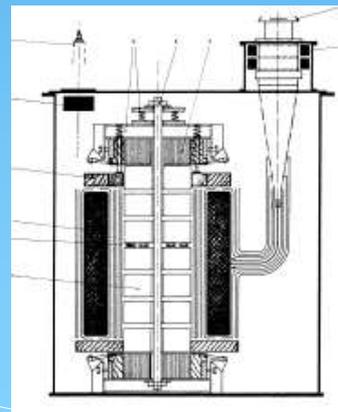
NOTE – This table should be applied only to glass or porcelain insulation and does not cover some environmental situations such as snow and ice in heavy pollution, heavy rain, arid areas, etc.

1) According to IEC 815, minimum creepage distance of insulators between phase and earth related to the highest system voltage (phase-to-phase).

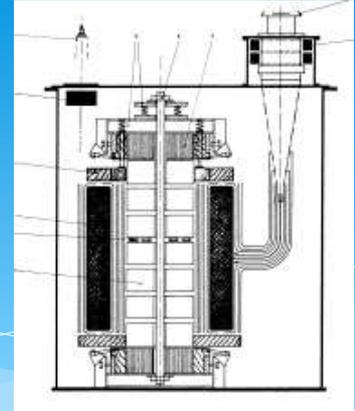
2) Use of fertilizers by spraying, or the burning of crop residues can lead to a higher pollution level due to dispersal by wind.

3) Distances from sea coast depend on the topography of the coastal area and on the extreme wind conditions.

EQUIPOS

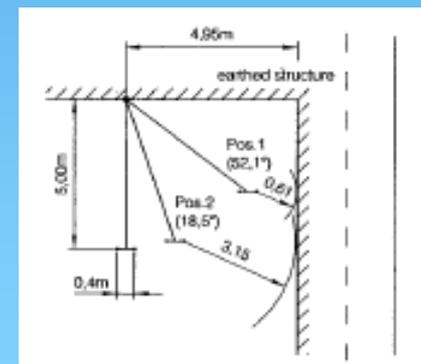


EQUIPOS



- * El nivel de aislación de los equipos se define con FI/BIL (menos de 300 kV) o BSL/BIL (más de 300 kV)
- * Para tensiones menores de 300 kV , los requisitos de STM los “cubren” habitualmente FI o BIL(Ver procedimiento IEC 71-2)

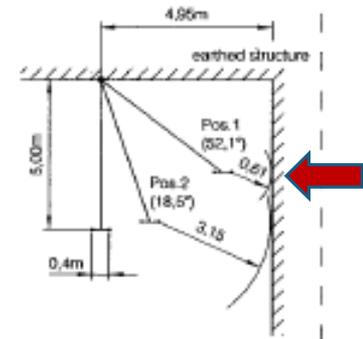
DISTANCIAS EN AIRE



DISTANCIAS EN AIRE: COV/TOV

- * Las distancias en aire para COV/TOV no son relevantes en el diseño de la SE (las distancias las definen las STR o STM)

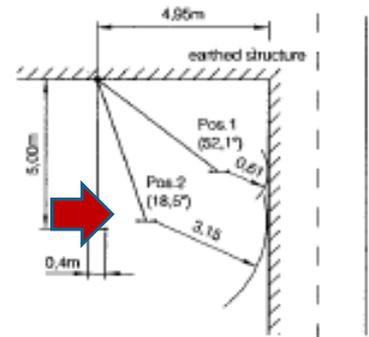
- * Sólo interesa verificarlas en casos especiales de declinación de conductores por el viento, asumiendo en tales casos vientos extremos.



- * Fórmulas de soportabilidad: Ver Anexo G, IEC 71-2
- * Ejemplo: la distancia necesaria para 1,4 p.u (base 150 kV) es aproximadamente 50 cm. (soportabilidad a 3σ)

DISTANCIAS EN AIRE:STR/STM

- * Las distancias en aire para las STR/STM **son las relevantes para el diseño** , y están normalizadas por IEC para el BIL/BSL elegido.
- * En casos especiales de verificación de declinación de conductores por el viento, se debe asumir viento “normal”.
- * Fórmulas de soportabilidad (a usar sólo en casos especiales): Ver Anexo G, IEC 71-2.



DISTANCIAS EN AIRE

Table A.1 – Correlation between standard rated lightning impulse withstand voltages and minimum air clearances

| Standard rated lightning impulse withstand voltage kV | Minimum clearance mm | |
|--|-------------------------|---------------------|
| | Rod-structure | Conductor-structure |
| 20 | 60 | |
| 40 | 60 | |
| 60 | 90 | |
| 75 | 120 | |
| 95 | 160 | |
| 125 | 220 | |
| 145 | 270 | |
| 170 | 320 | |
| 200 | 380 | |
| 250 | 480 | |
| 325 | 630 | |
| 380 | 750 | |
| 450 | 900 | |
| 500 | 1 100 | |
| 650 | 1 300 | |
| 750 | 1 500 | |
| 850 | 1 700 | 1 600 |
| 950 | 1 900 | 1 700 |
| 1 050 | 2 100 | 1 900 |
| 1 175 | 2 350 | 2 200 |
| 1 300 | 2 600 | 2 400 |
| 1 425 | 2 850 | 2 600 |
| 1 550 | 3 100 | 2 900 |
| 1 675 | 3 350 | 3 100 |
| 1 800 | 3 600 | 3 300 |
| 1 950 | 3 900 | 3 600 |
| 2 100 | 4 200 | 3 900 |



NOTE The standard rated lightning impulse withstand voltages are applicable phase-to-phase and phase-to-earth.

For phase-to-earth, the minimum clearance for conductor-structure and rod-structure is applicable.

For phase-to-phase, the minimum clearance for rod-structure is applicable.

A GRANDES RASGOS...

(AT y EAT)

| PARÁMETRO DE AISLACIÓN | TIPO DE TENSIÓN RELEVANTE |
|--|---|
| Distancias en aire | STR (AT) / STM (EAT) |
| Número/tipo de platos de la cadena de aisladores | Tensión de operación (COV) + Nivel polución |
| Nivel aislación equipos | STR (AT) / STM (EAT) |
| Tensión nominal descargadores | Sobretensiones temporarias (TOV) |
| Ubicación descargadores | STR |