

PUESTA A TIERRA EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN

Parte 2 – Introducción

AÑO 2016

(BASADO EN CURSO 2015 FERNANDO BERRUTTI)

Objetivos de sistemas PAT

2

SUBESTACIONES EN MT

► Tierra de protección:

Asegurar que una persona que transite en las instalaciones eléctricas no está expuesta al peligro de un **choque eléctrico crítico**, producido por una falla de aislación.

► Tierra de servicio:

Proveer un camino a tierra de las corrientes en régimen normal o anómalo sin que se excedan los límites de operación de los equipamientos o establecer una referencia de tensión.

Objetivos de sistemas PAT

3

- ▶ Ejemplo para sistemas TT de baja tensión:

Perspectiva para un sistema de baja tensión!

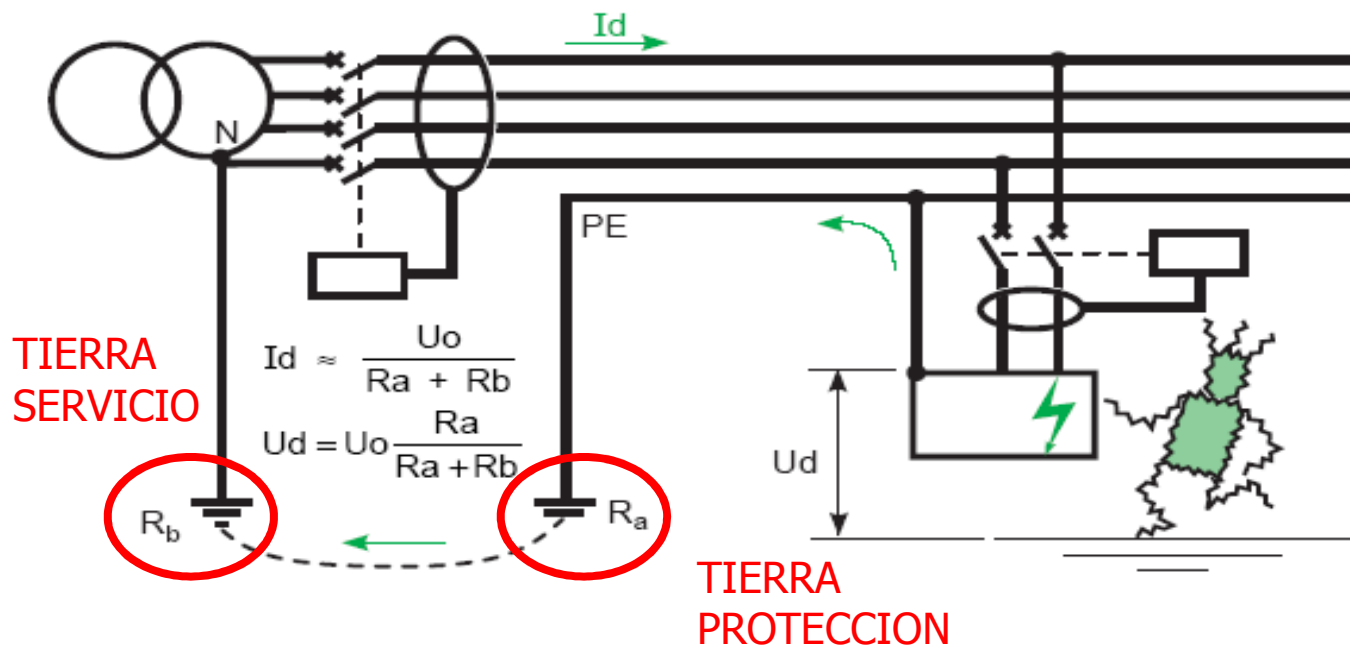
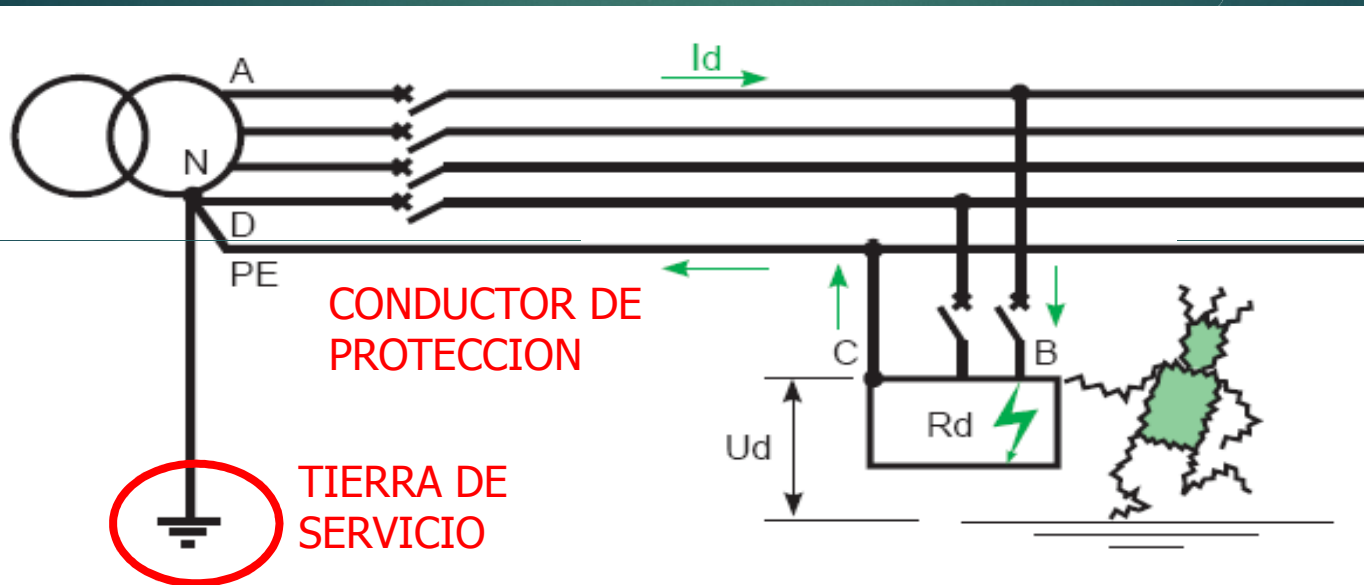


Fig. 10 : Fault current and voltage in TT system

Objetivos de sistemas PAT

4

► Ejemplo para sistemas TN-S de baja tensión:



$$U_d \approx \frac{0.8 U_o}{2} \text{ if } R_{PE} = R_{ph} \text{ and } R_d = 0$$

$$I_d = \frac{U_o}{R_{AB} + R_d + R_{CD}} \Rightarrow \frac{0.8 U_o}{R_{ph} + R_{PE}}$$

Fig. 8 : Fault current and voltage in TN system

Objetivos de sistemas PAT

5

SUBESTACIONES EN MT

► Ejemplos de Tierra de Protección:

- 1) Aterramiento de caños metálicos de servicios de agua, gas, etc., que se encuentren en las inmediaciones del sistema de puesta a tierra.
- 2) Estructuras metálicas en general que puedan quedar energizadas por fallas fase-tierra: bastidores de tableros; carcasas de motores; tanque de transformadores.

Todo circuito de tierra que se origine en forma accidental debido a fallas de aislación.

Objetivos de sistemas PAT

6

SUBESTACIONES ENMT

► Ejemplos de Tierra de Servicio:

- 1) Aterramiento de neutros en transformadores de media a baja tensión para distribución en 400/230V.
- 2) Aterramiento de neutros de generadores y transformadores para detección de fallas en el sistema en media y alta tensión.
- 3) Aterramiento de líneas aéreas para aislación frente a descargas atmosféricas.
- 4) Aterramiento de descargadores de sobretensión para coordinación de aislación en estaciones de AT.

Objetivos de sistemas PAT

7

► Cómo se diseña un sistema de PAT

Los sistemas de puesta a tierra se diseñan de forma tal que se controle simultáneamente la interacción entre la **tierra de servicio (tierra intencional)** y la **tierra de protección (tierra accidental)** de forma de asegurar:

- 1) Integridad del personal técnico o público.
- 2) Integridad del equipamiento eléctrico.

Sistemas de PAT en MT/AT.

8

¿Cómo cambia el diseño de tierras en MT/AT?

- ▶ Aumento de la corriente de cortocircuito en MT/AT, magnitudes de 10^2A a 10^4A .
- ▶ Dos razones fundamentales:
 - ▶ Aumento de la tensión de servicio.
 - ▶ Operación de redes en anillo cerrado (en AT).

Sistemas de PAT en MT/AT.

9

Dos implicancias:

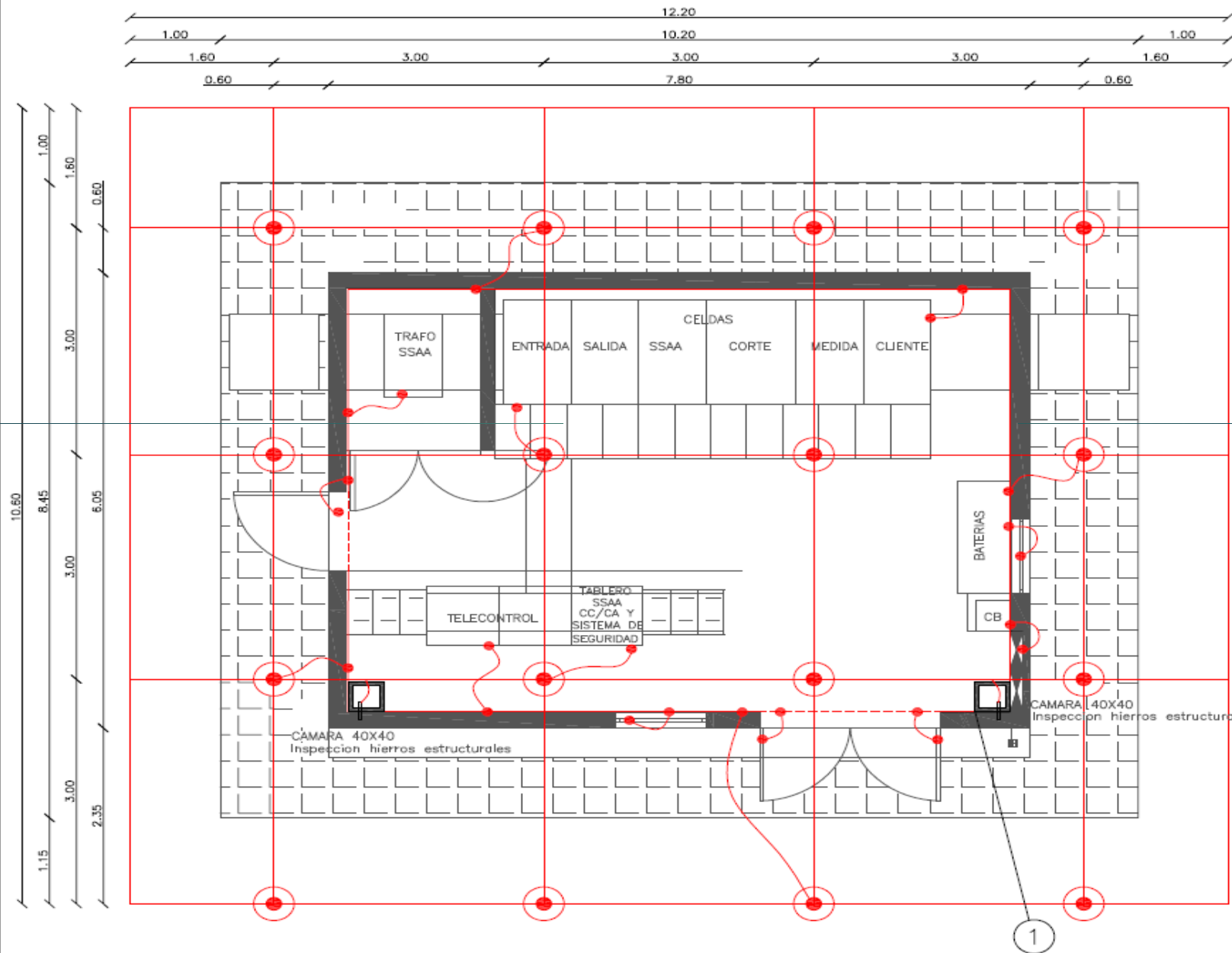
▶ **Cambia el diseño constructivo respecto BT:**

El sistema de tierra abarca toda el área de la instalación, unificándose la tierra de protección y la tierra de servicio.

▶ **Método de evaluación:**

- 1) **Seguridad:** Gradientes de potencial.
- 2) **Aislación equipos:** Potencial absoluto (GPR).

MALLA DE TIERRA e.1:50



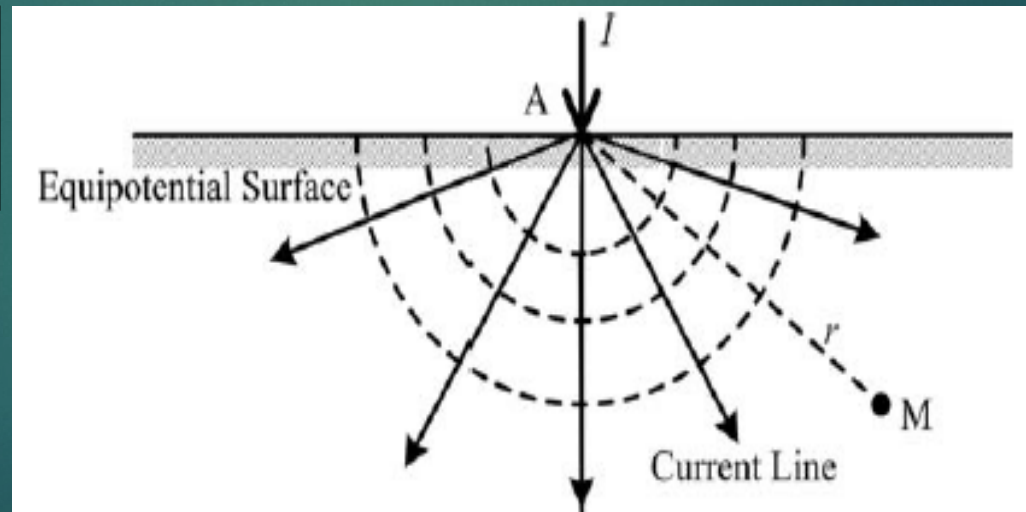
Sistemas de PAT en MT/AT.

11

¿Cómo cambia el diseño de tierras en MT/AT?

- ▶ Aumento de la corriente de cortocircuito en MT/AT, magnitudes de 10^2A a 10^4A .

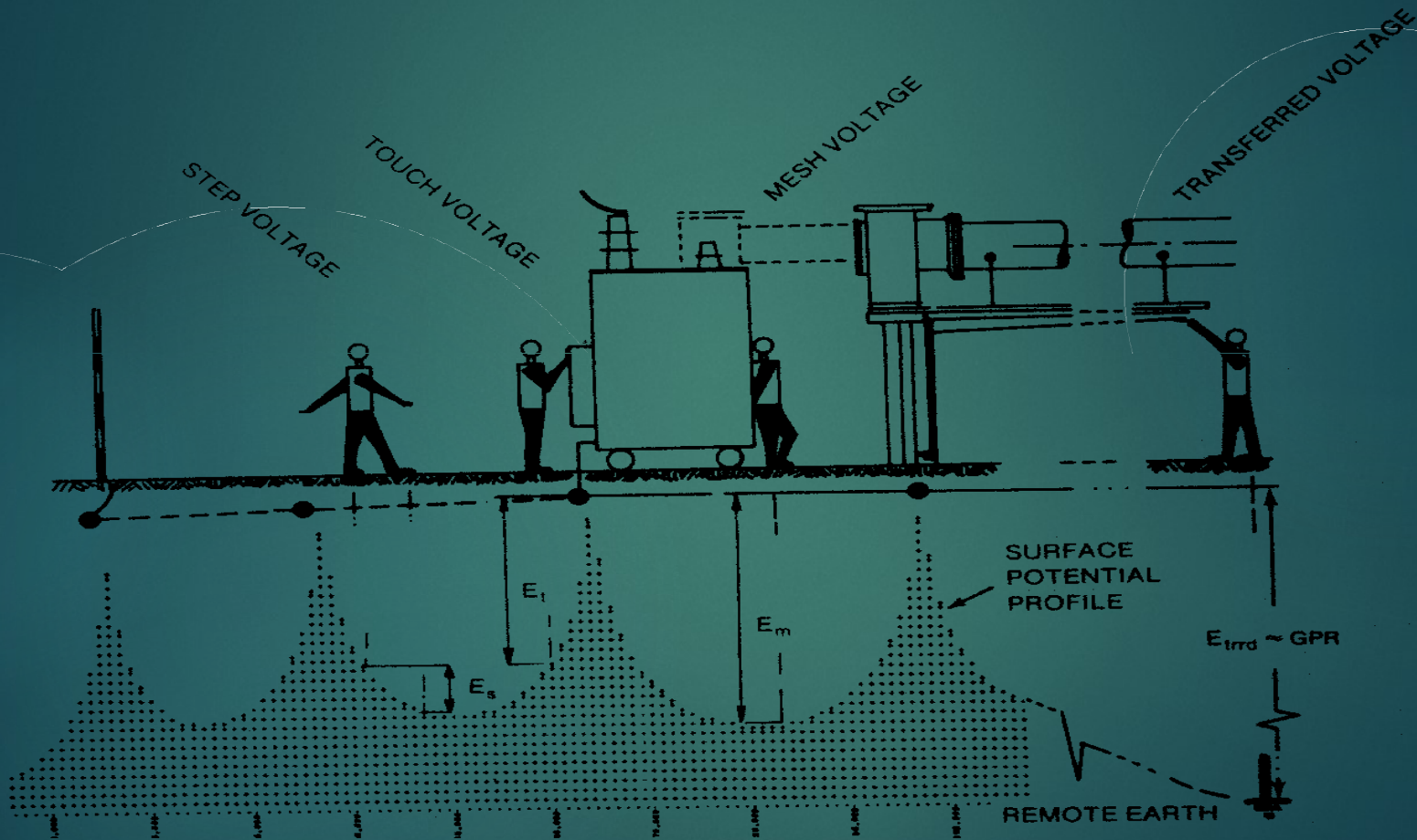
$$V = \frac{\rho I}{2\pi r}$$

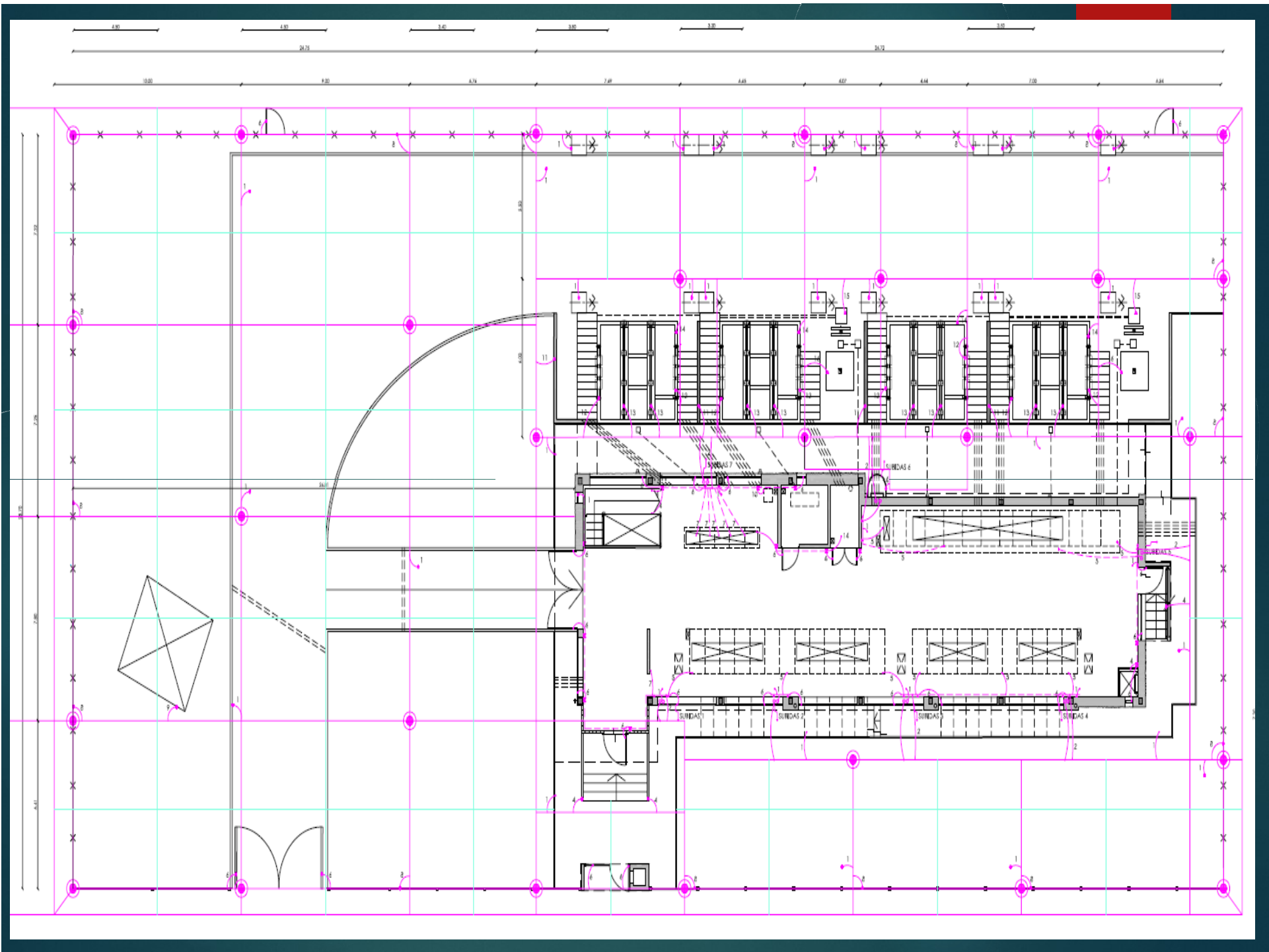


Gradientes de potencial

12

SUBESTACIONES EN MT





Gradientes de potencial

14

SUBESTACIONES ENMT

- ▶ **GPR:** voltaje máximo que alcanza la malla de puesta a tierra de la subestación respecto a una tierra lejana ($GPR = R_g \times I_g$). Potencial absoluto.
- ▶ **Tensión de contacto:** diferencia entre el GPR y el potencial de la superficie donde la persona se encuentra tocando la estructura puesta a tierra.
- ▶ **Tensión “mesh” (reticulado):** máxima tensión de contacto que puede ocurrir en el reticulado de la malla.

Gradientes de potencial

15

SUBESTACIONES ENMT

- ▶ **Tensión transferida:** Caso especial de tensión de toque donde un voltaje es transferido hacia fuera de la subestación.
- ▶ **Tensión de paso:** Tensión entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso, que se asimila a 1 metro, en la dirección del gradiente de potencial máximo.

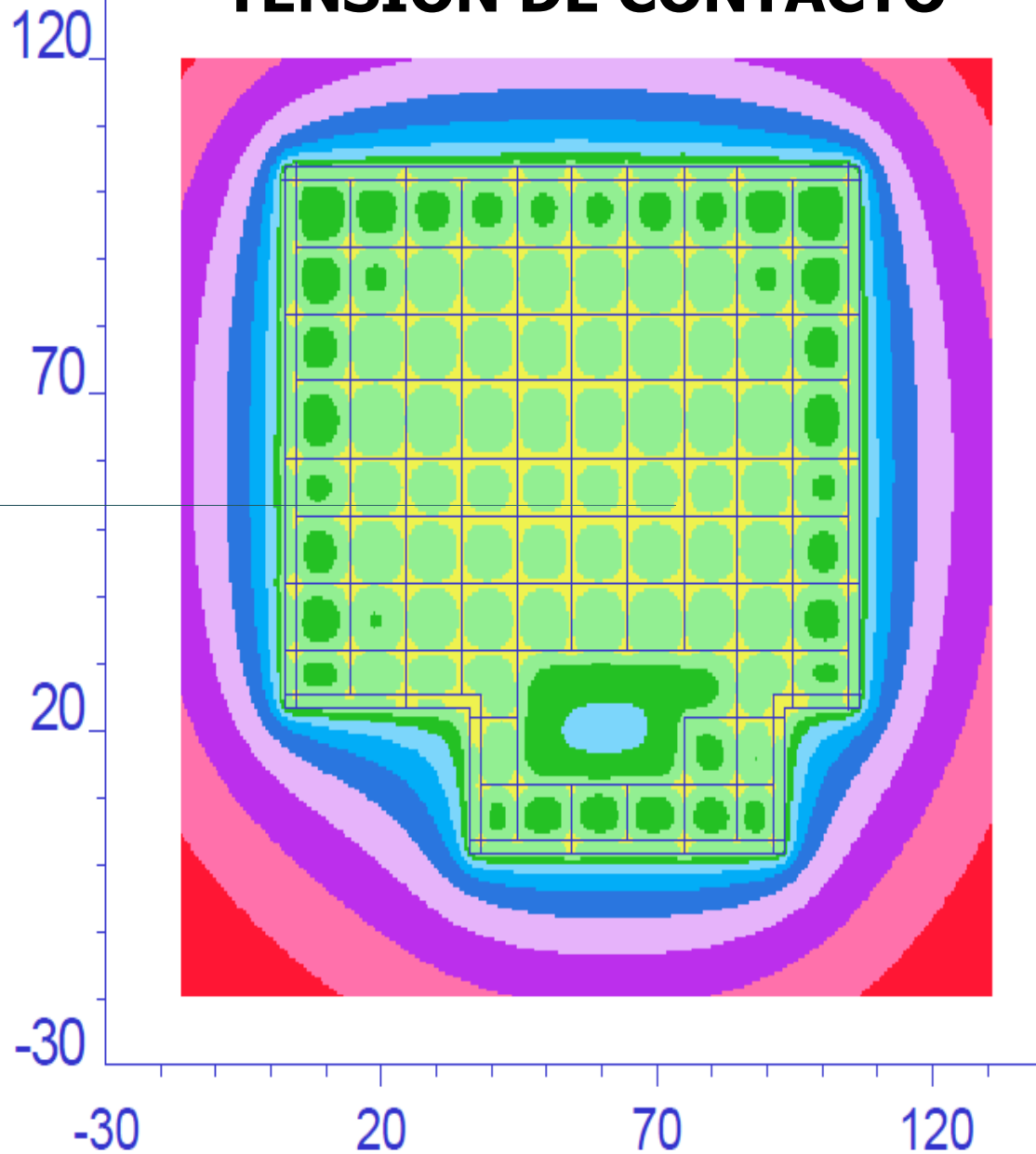
Evaluación de una MPAT

- ▶ La evaluación de un sistema de puesta a tierra en alta tensión se basa en calcular las tensiones de paso y toque para una determinada configuración física de la malla y compararlo con las tensiones de paso y toque que puede soportar un ser humano.

En BT → se acota el GPR

En MT/AT → se acotan los gradientes de potencial

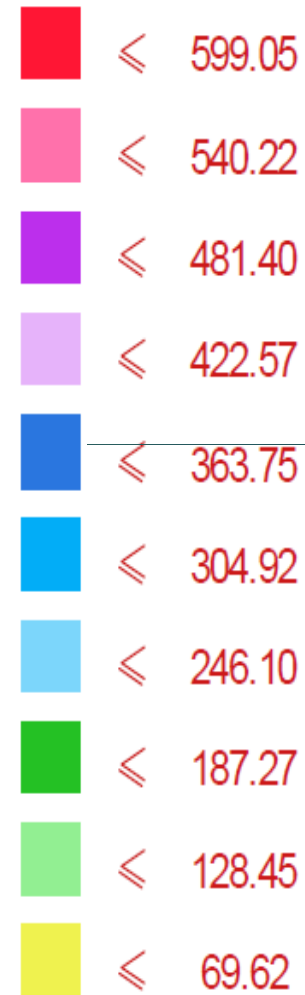
TENSION DE CONTACTO



LEGEND

Maximum Value : 599.048

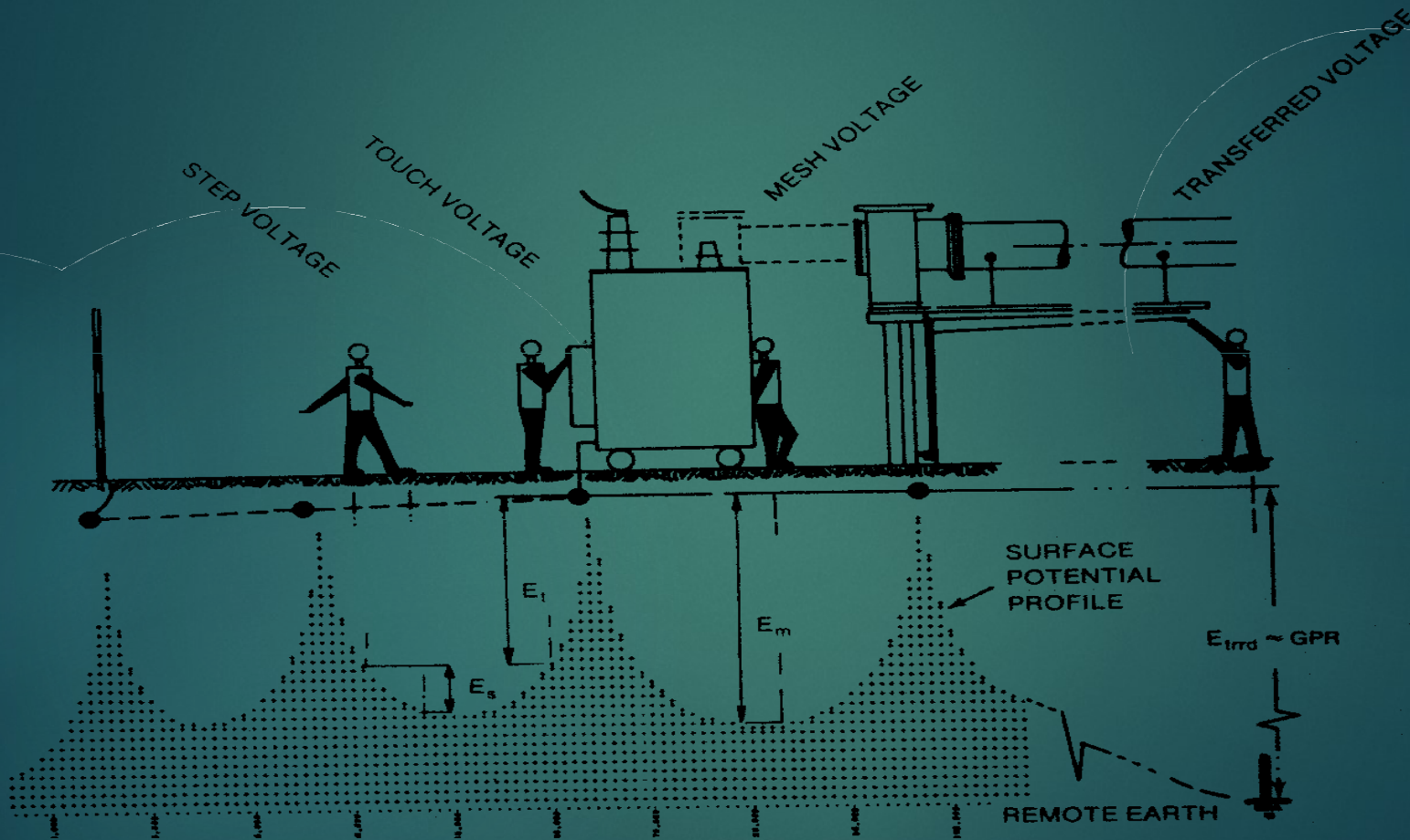
Minimum Value : 10.797



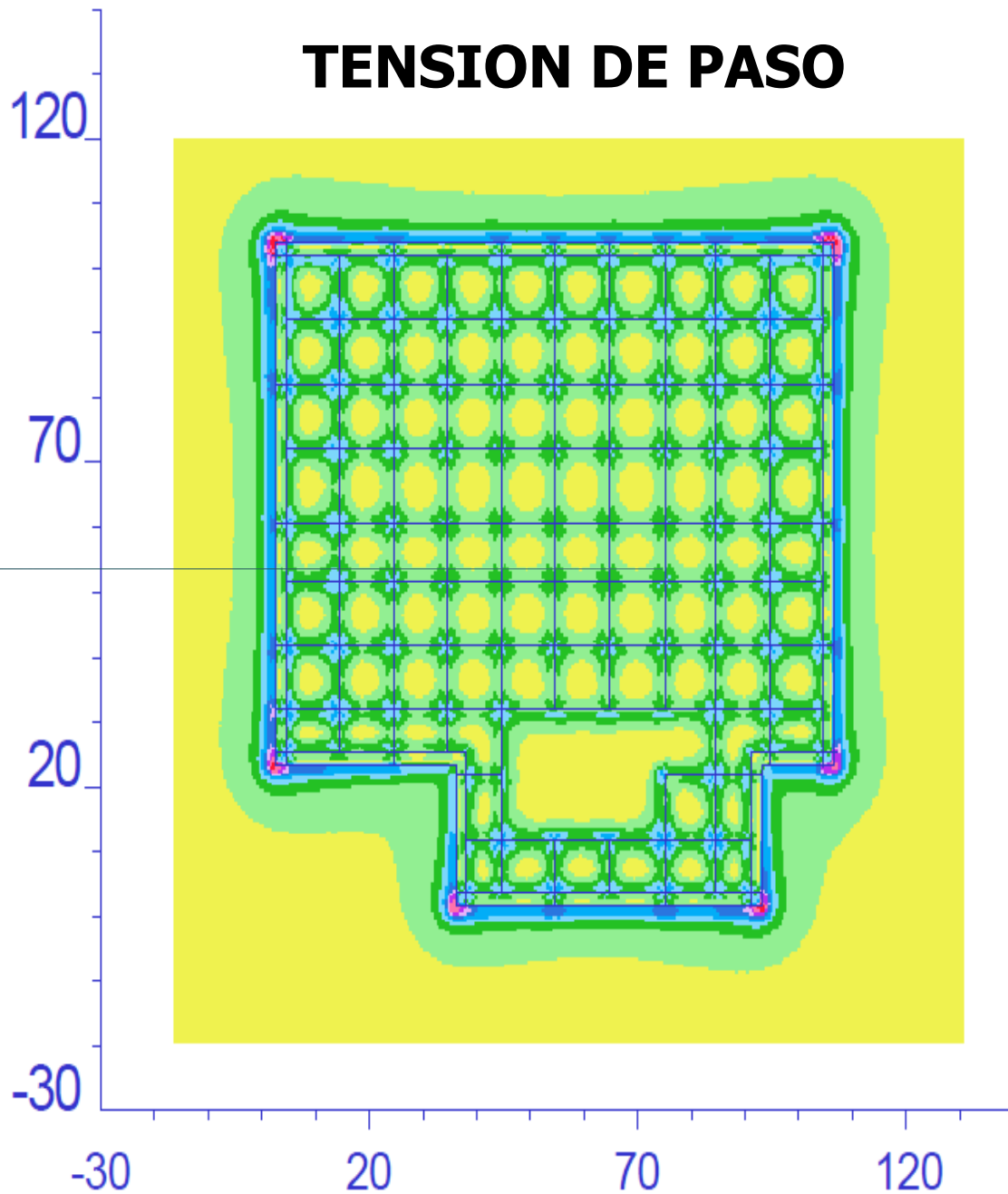
Gradientes de potencial

18

SUBESTACIONES EN MT



TENSION DE PASO



LEGEND

Maximum Value : 72.726

Minimum Value : 0.289

Red	≤	72.73
Pink	≤	65.48
Purple	≤	58.24
Light Purple	≤	51.00
Dark Blue	≤	43.75
Blue	≤	36.51
Light Blue	≤	29.26
Green	≤	22.02
Light Green	≤	14.78
Yellow	≤	7.53

Factores que posibilitan un accidente eléctrico

- ▶ Altas corrientes de falla, produciendo altos gradientes de potencial.
- ▶ Alta resistividad del terreno.
- ▶ Duración de la falla (resulta crítico la correcta operación de las protecciones).
- ▶ Presencia de un individuo en el momento de aparición de una falla y/o en contacto con un dispositivo defectuoso.

Criterio de diseño

21

SUBESTACIONES EN MT

Factores a considerar en etapa de diseño (1):

- ▶ Intensidad de corriente de falla.
- ▶ La duración de la falla.
- ▶ Resistividad del terreno.

Estos factores **determinan los gradientes de potencial que aparecerán en una malla** en caso de una falla a tierra.

Criterio de diseño

22

SUBESTACIONES EN MT

Factores a considerar en etapa de diseño (2):

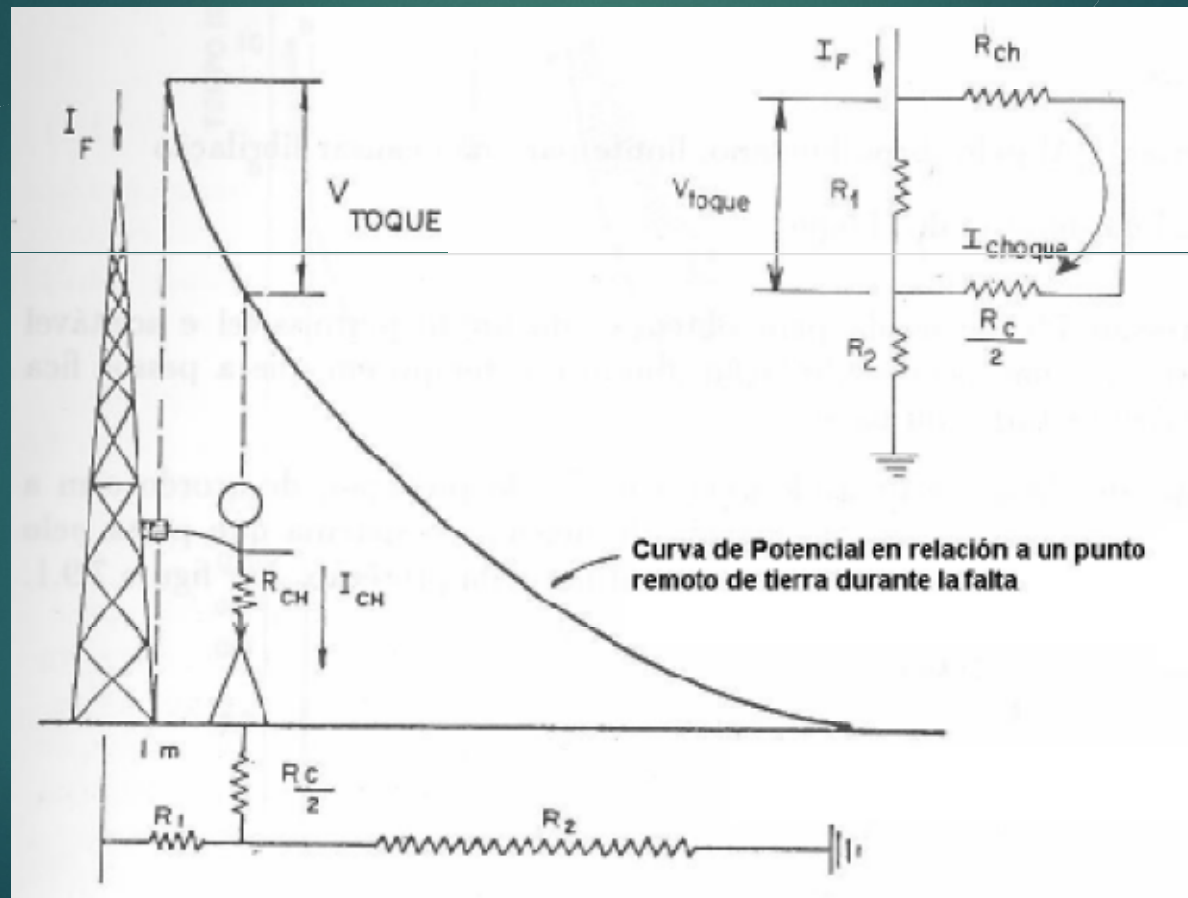
- ▶ La fracción de corriente de cortocircuito que circula por el cuerpo humano.

Este factor determina las **tensiones de contacto y paso que puede soportar** un individuo cuando aparece una falla a tierra.

Criterio de diseño

23

Factores a considerar en etapa de diseño (2):



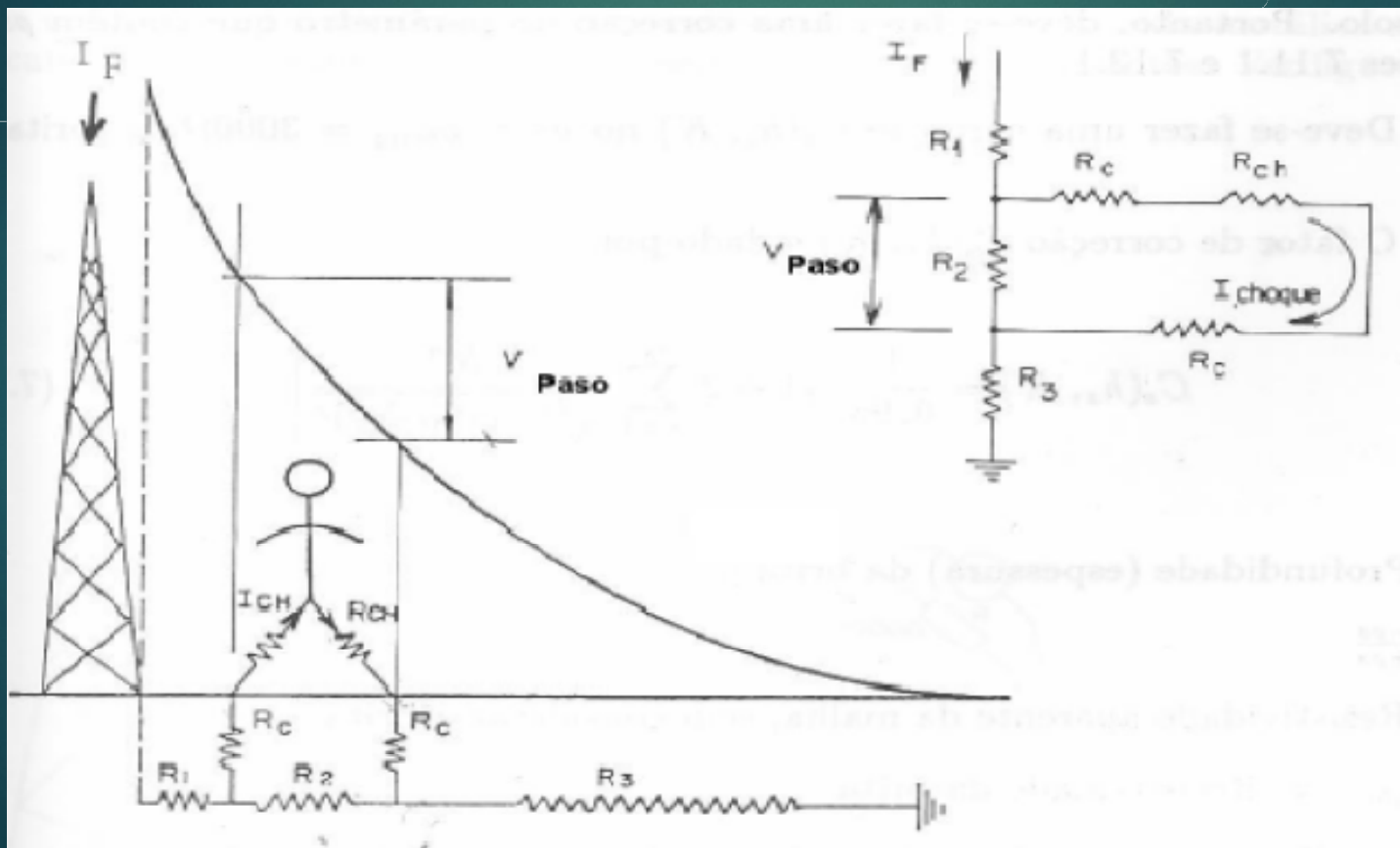
Tension de toque:

- ▶ $V_{toque} = (R_{ch} + C_s * R_c / 2) * I_{ch}$
- ▶ R_c = Resistencia de contacto
- ▶ I_{ch} = Corriente por el cuerpo humano
- ▶ R_{ch} = Resistencia del cuerpo humano
- ▶ C_s = factor de correccion, funcion del material sobre el que apoya la persona.

Criterio de diseño

25

Factores a considerar en etapa de diseño (2):



Tension de paso

26

SUBESTACIONES EN MT

- ▶ $V_{paso} = (R_{ch} + 2 * R_c * C_s) I_{ch}$
- ▶ R_{ch} = Resistencia del cuerpo humano
- ▶ R_c = Resistencia de contacto
- ▶ I_{ch} = Corriente por el cuerpo humano
- ▶ C_s = Factor de correccion, funcion del material sobre el que apoya la persona.

Criterio de diseño

27

Forma de evaluación:

$$E_m = \frac{\rho I_G K_m K_i}{L_M} < E_{\text{toque_max}}$$

$$E_s = \frac{\rho I_G K_s K_i}{L_S} < E_{\text{paso_max}}$$

- ▶ Comparar tensiones máximas admisibles con las tensiones que aparecen en caso de falla.

Diseño de MPAT según IEEE-80/2000

