

# PUESTA A TIERRA EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN

## Parte 2 – Introducción

FERNANDO BERRUTTI

AÑO 2015

# 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

- ▶ Ejemplo para sistemas TT de baja tensión:

Perspectiva para un sistema de baja tensión!

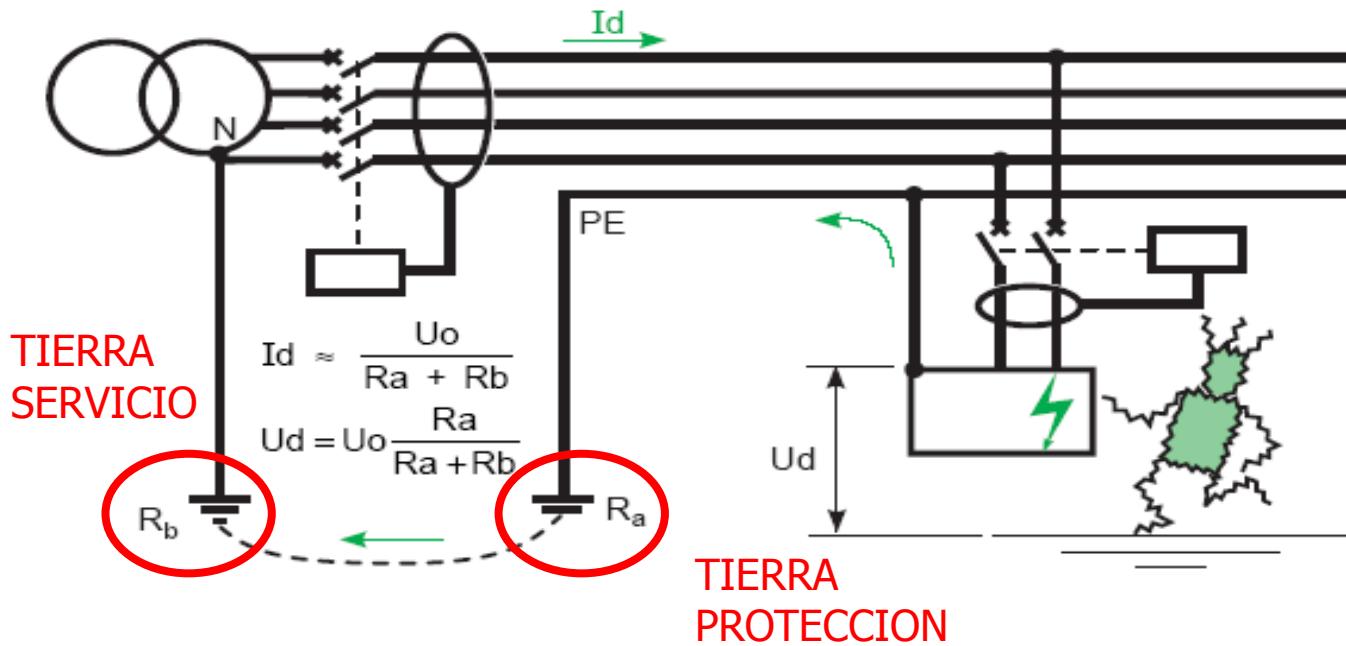
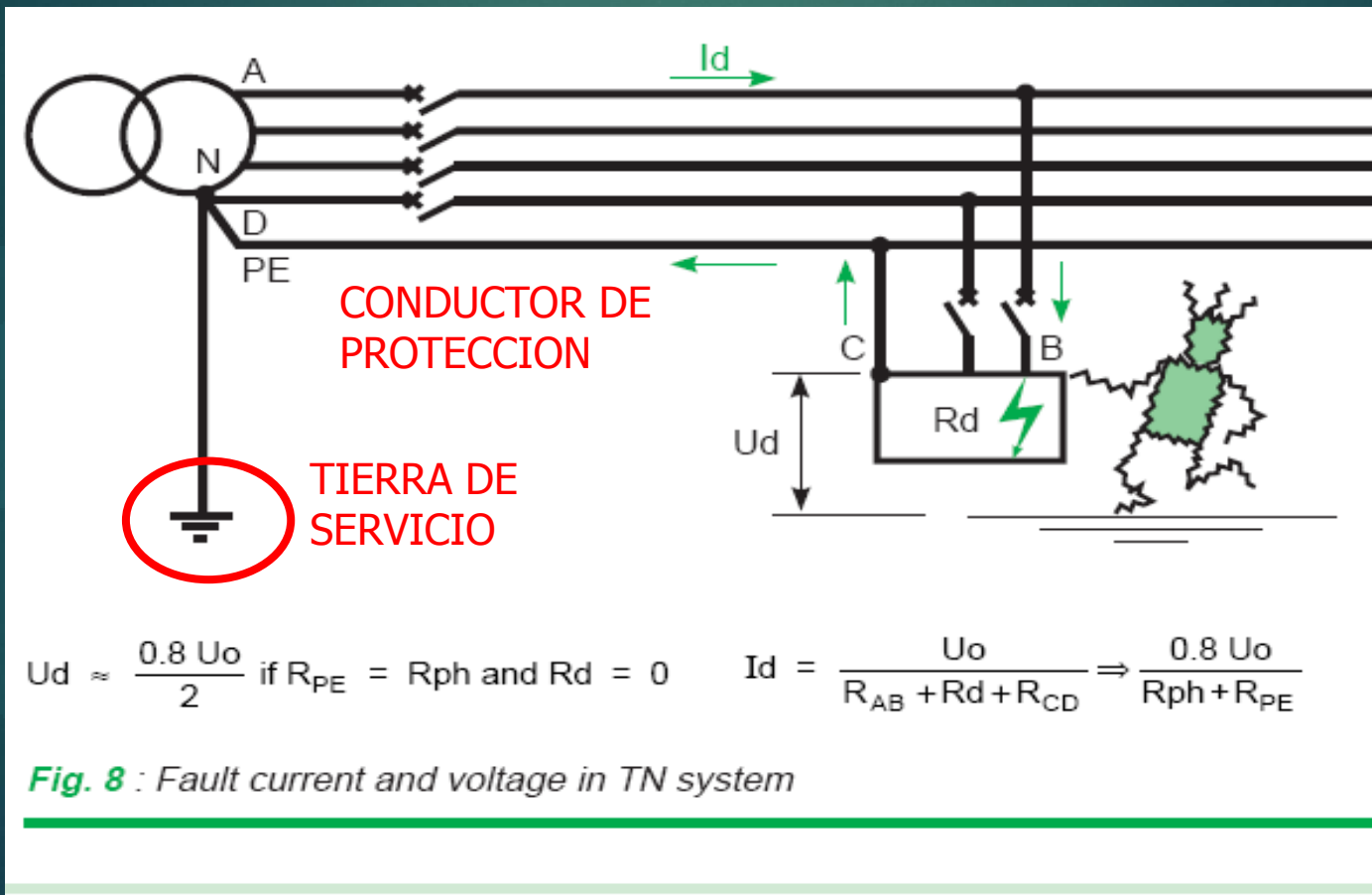


Fig. 10 : Fault current and voltage in TT system

# Objetivos de sistemas PAT

4

## ► Ejemplo para sistemas TN-S de baja tensión:



# 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 EN MT

## ► 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.

- ▶ ¿Cómo cambia la situación en AT?
- ▶ Ejemplo: Transformador 60/22kV

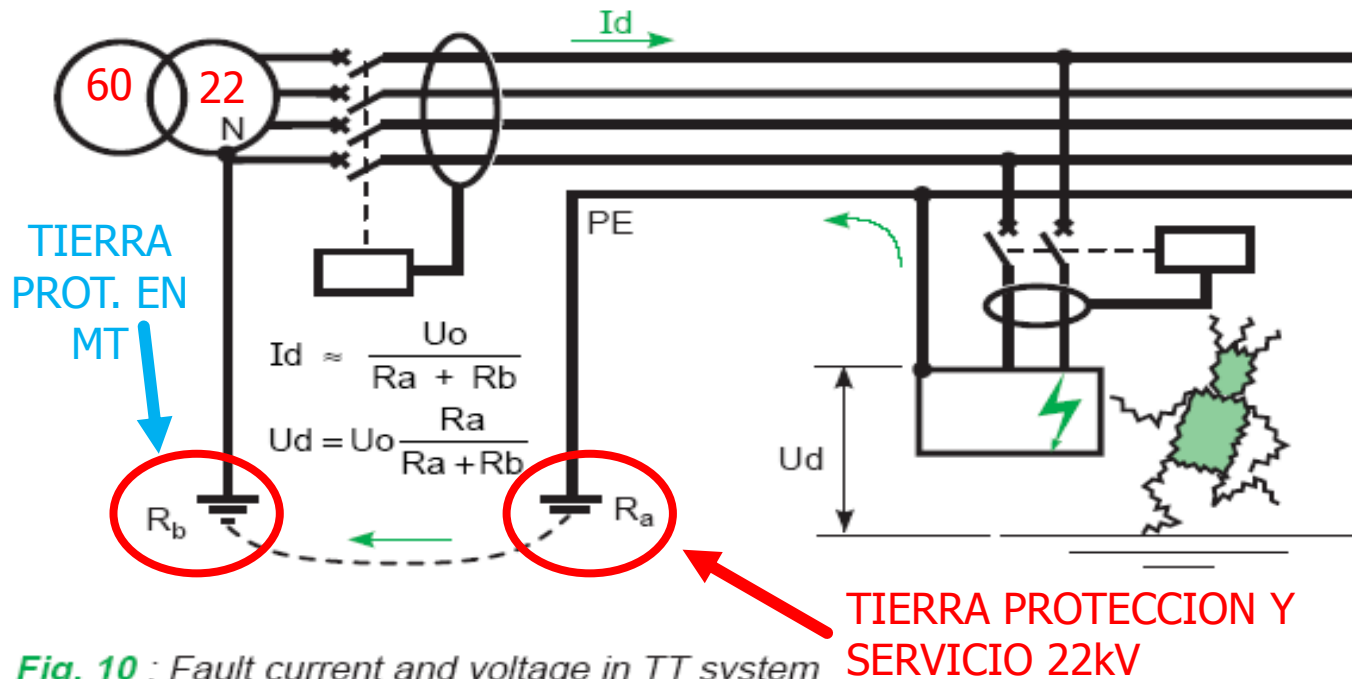


Fig. 10 : Fault current and voltage in TT system



# Sistemas de PAT en MT/AT.

9

SUBESTACIONES EN MT

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

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

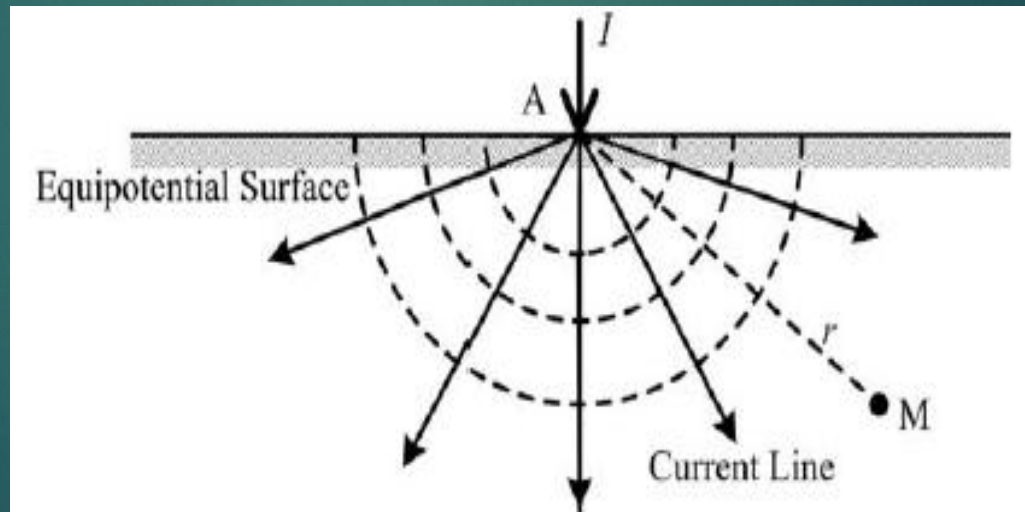
# Sistemas de PAT en MT/AT.

10

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

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

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



# Sistemas de PAT en MT/AT.

11

## 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.

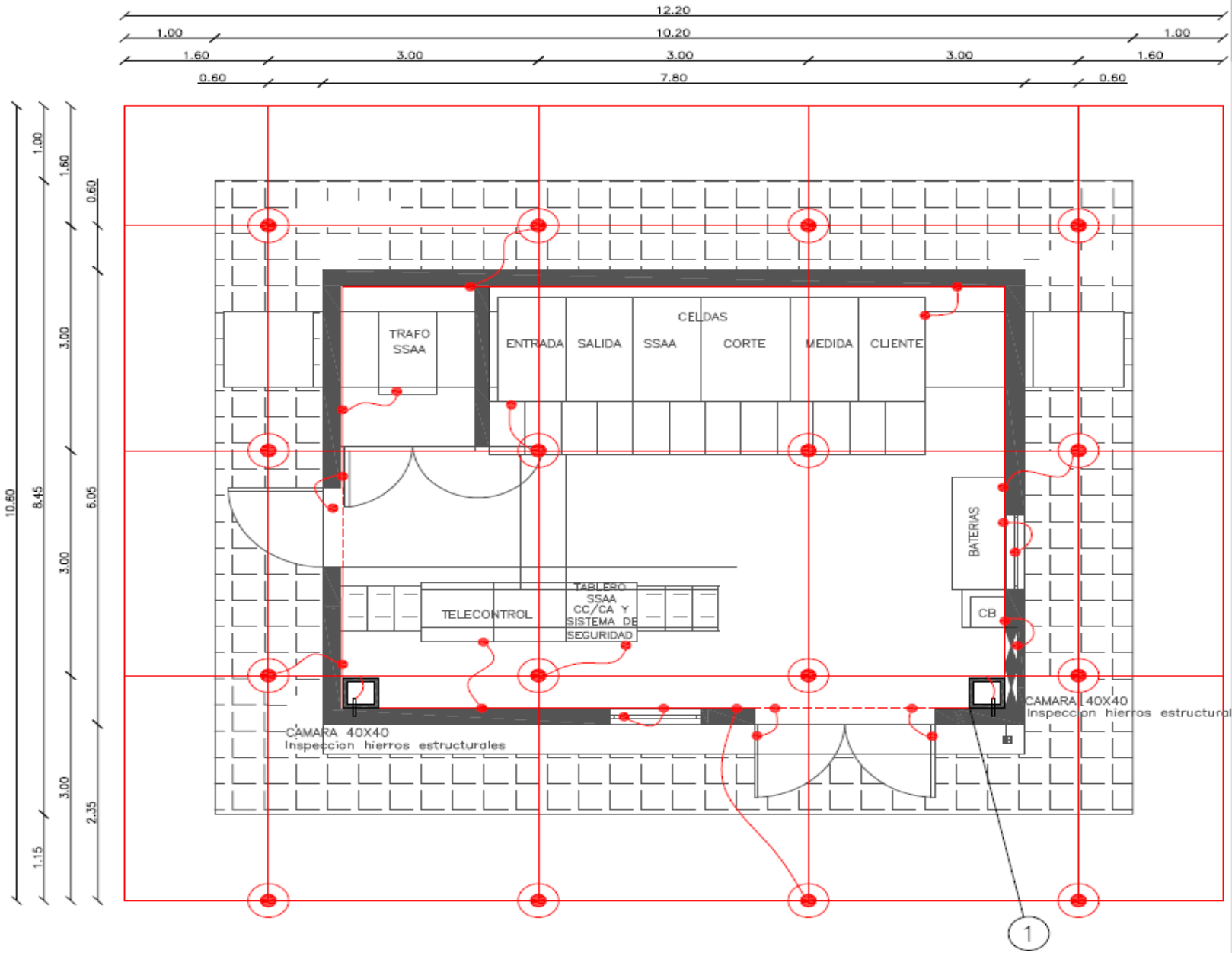
### ▶ Método de evaluación:

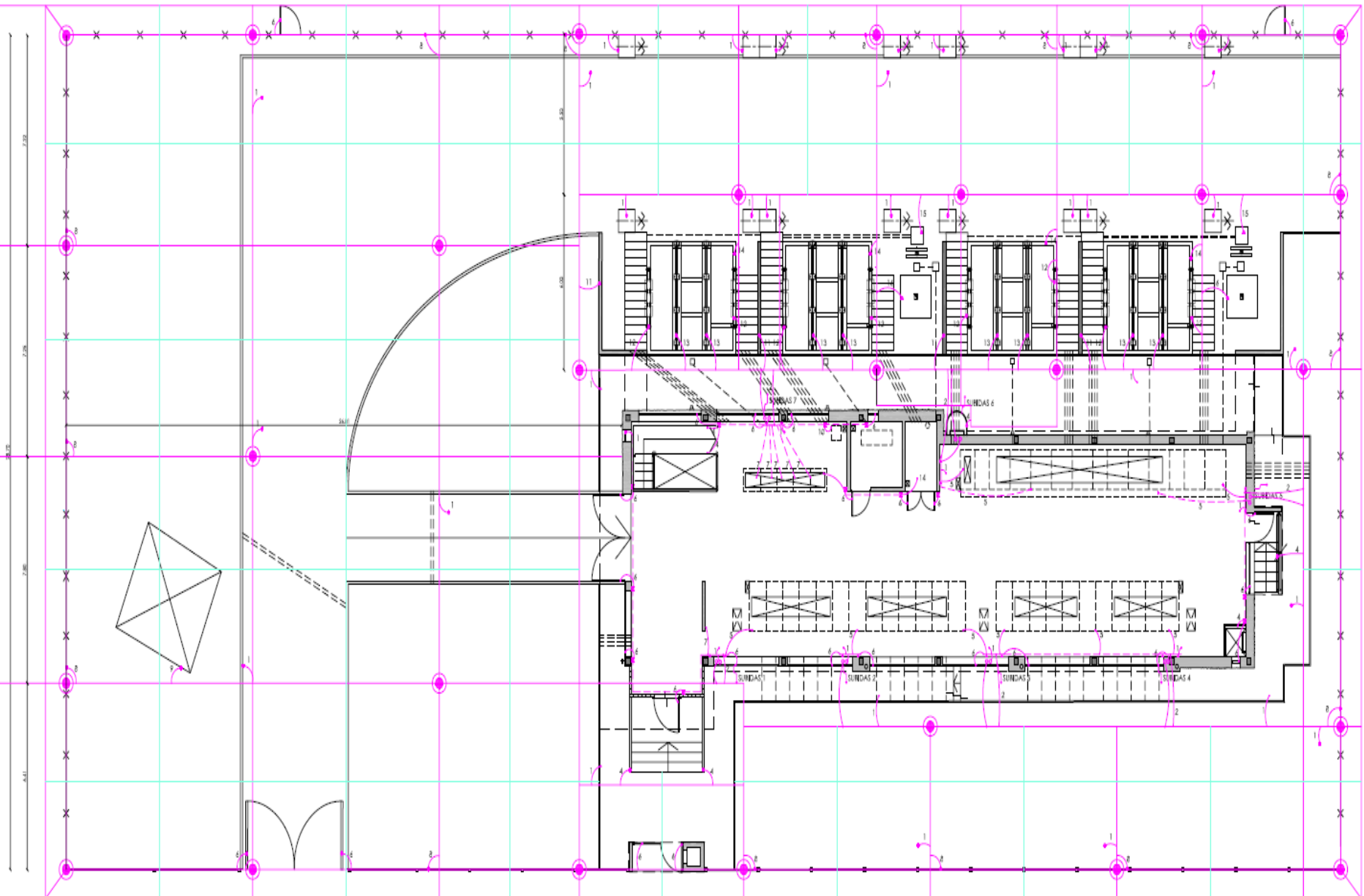
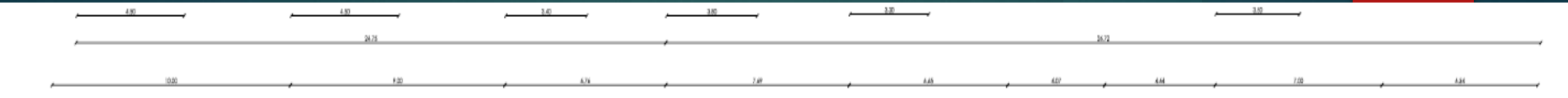
- 1) **Seguridad:** Gradientes de potencial.
- 2) **Aislación equipos:** Potencial absoluto (GPR).

# MALLA DE TIERRA e.1:50

12

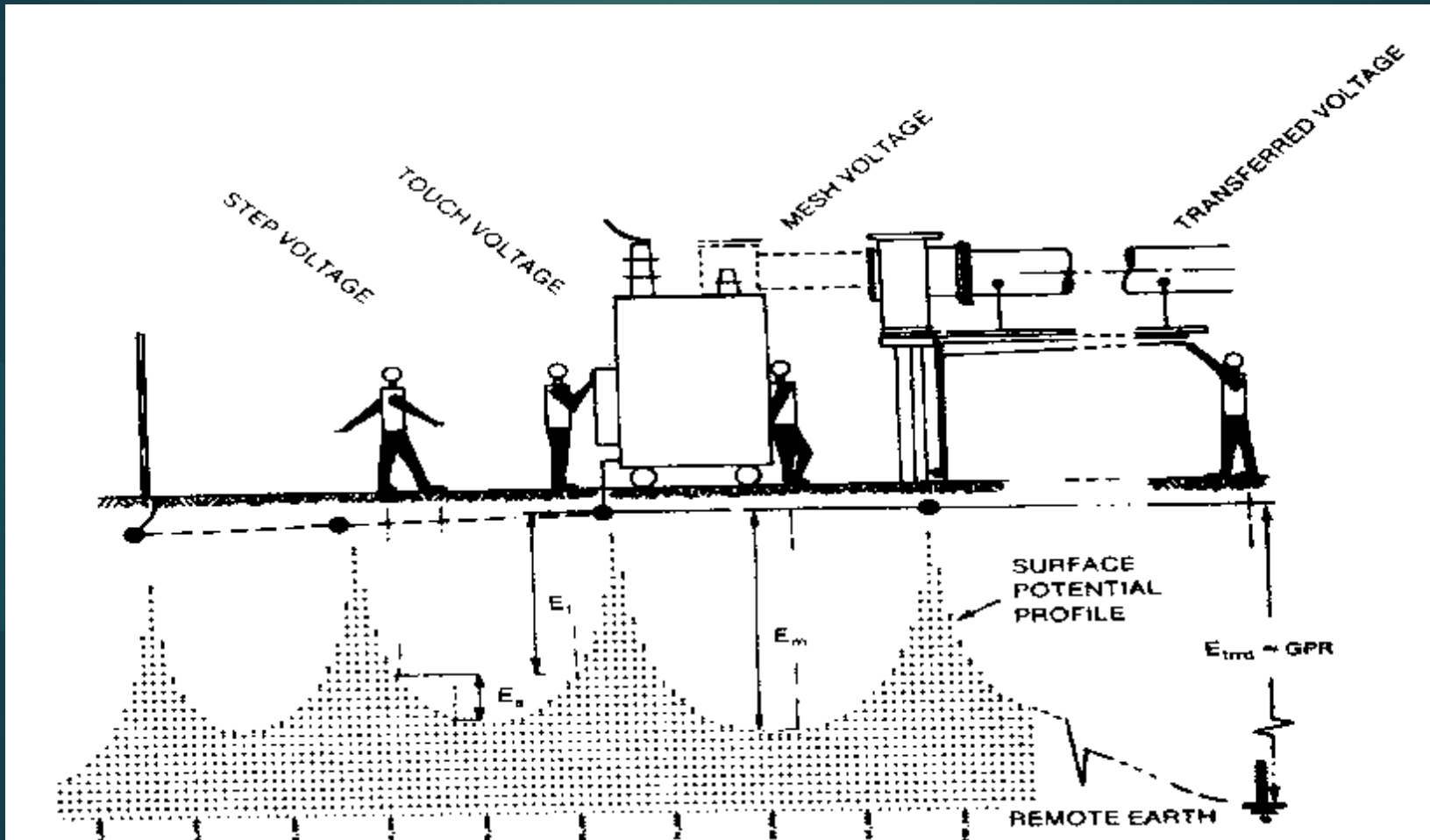
SUBESTACIONES EN MT





# Gradientes de potencial

14



# Gradientes de potencial

15

SUBESTACIONES EN MT

- ▶ **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

16

- ▶ **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.



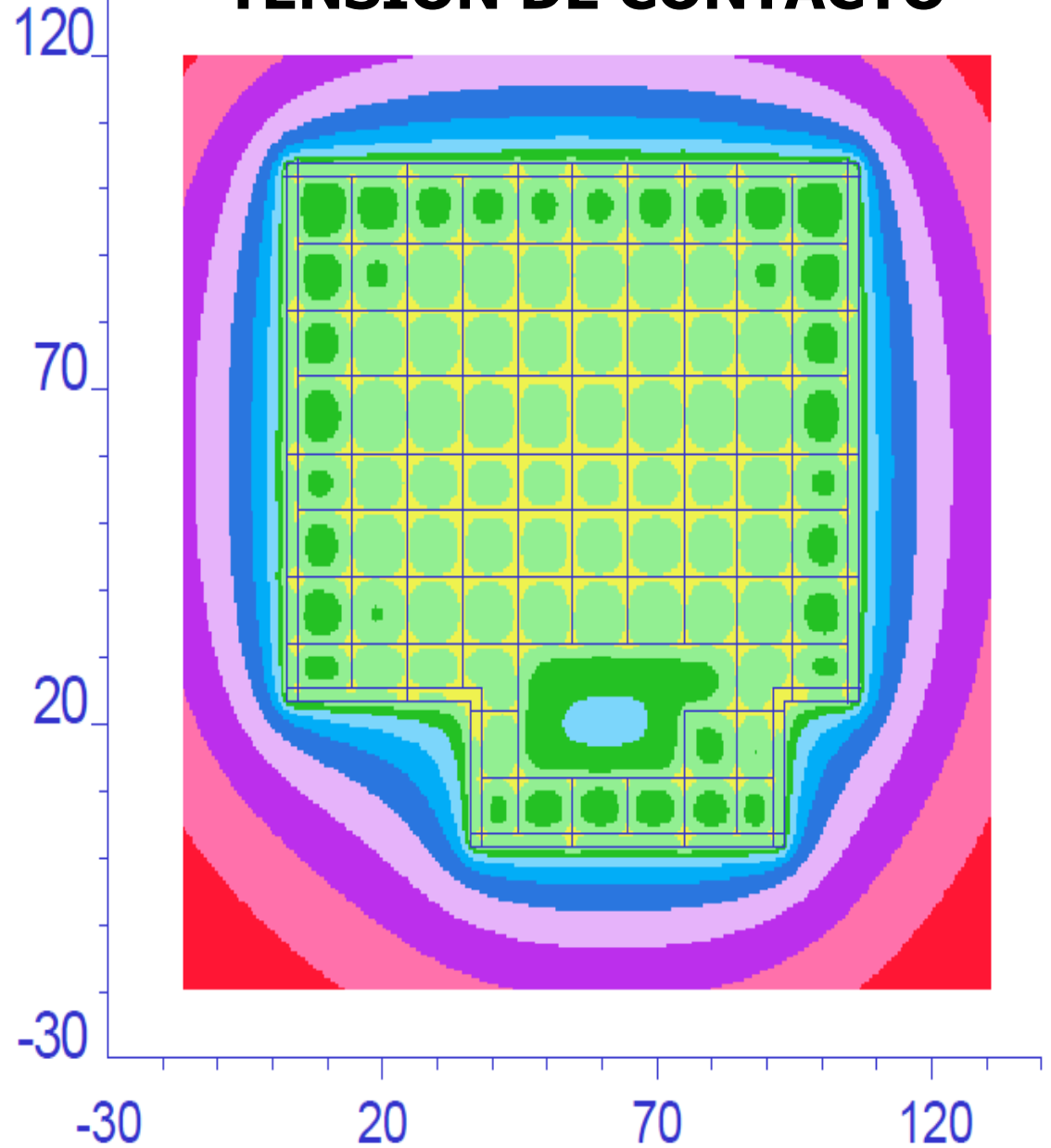
# Evaluación de una MPAT

- ▶ 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



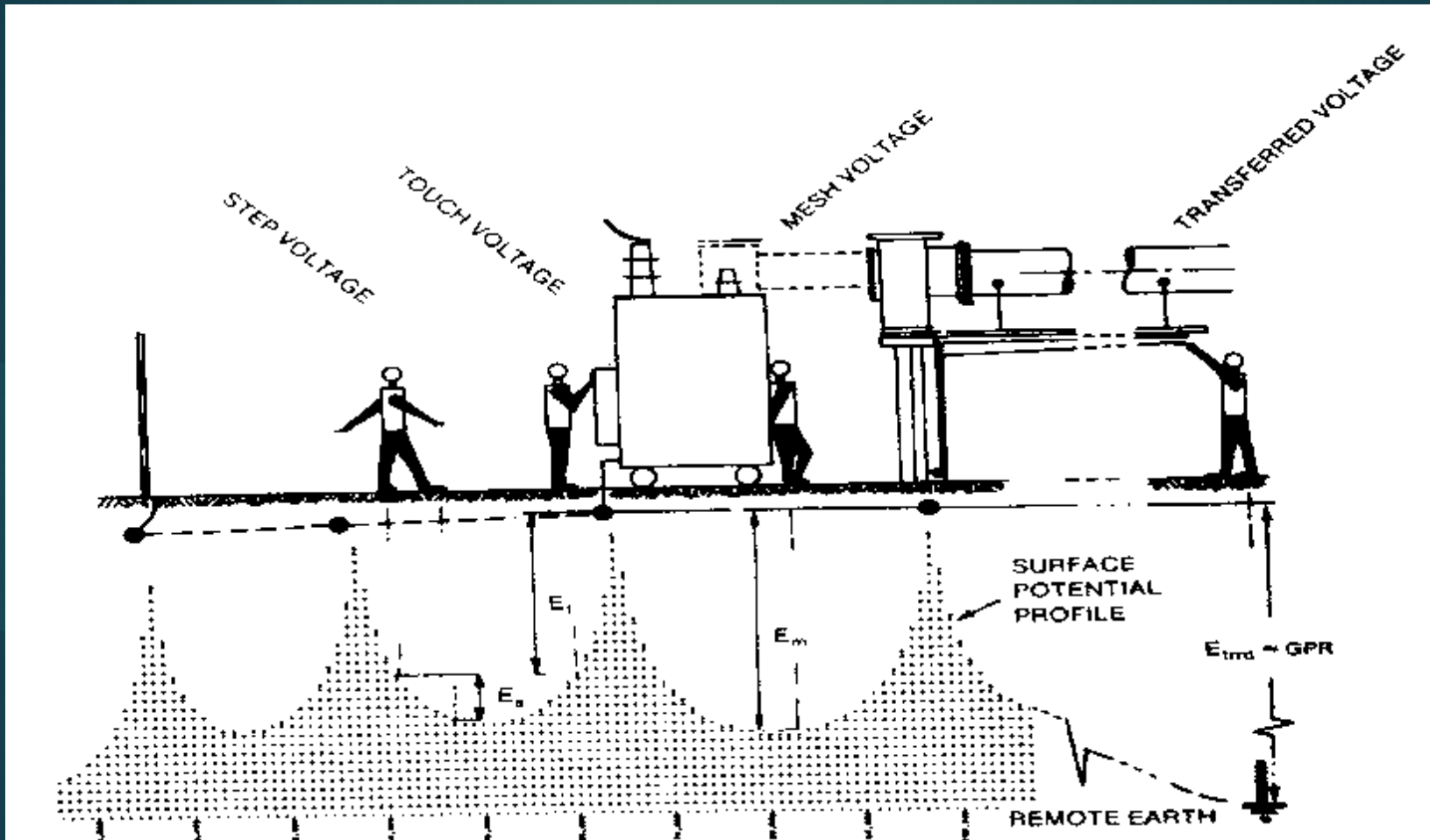
## LEGEND

Maximum Value : 599.048  
Minimum Value : 10.797

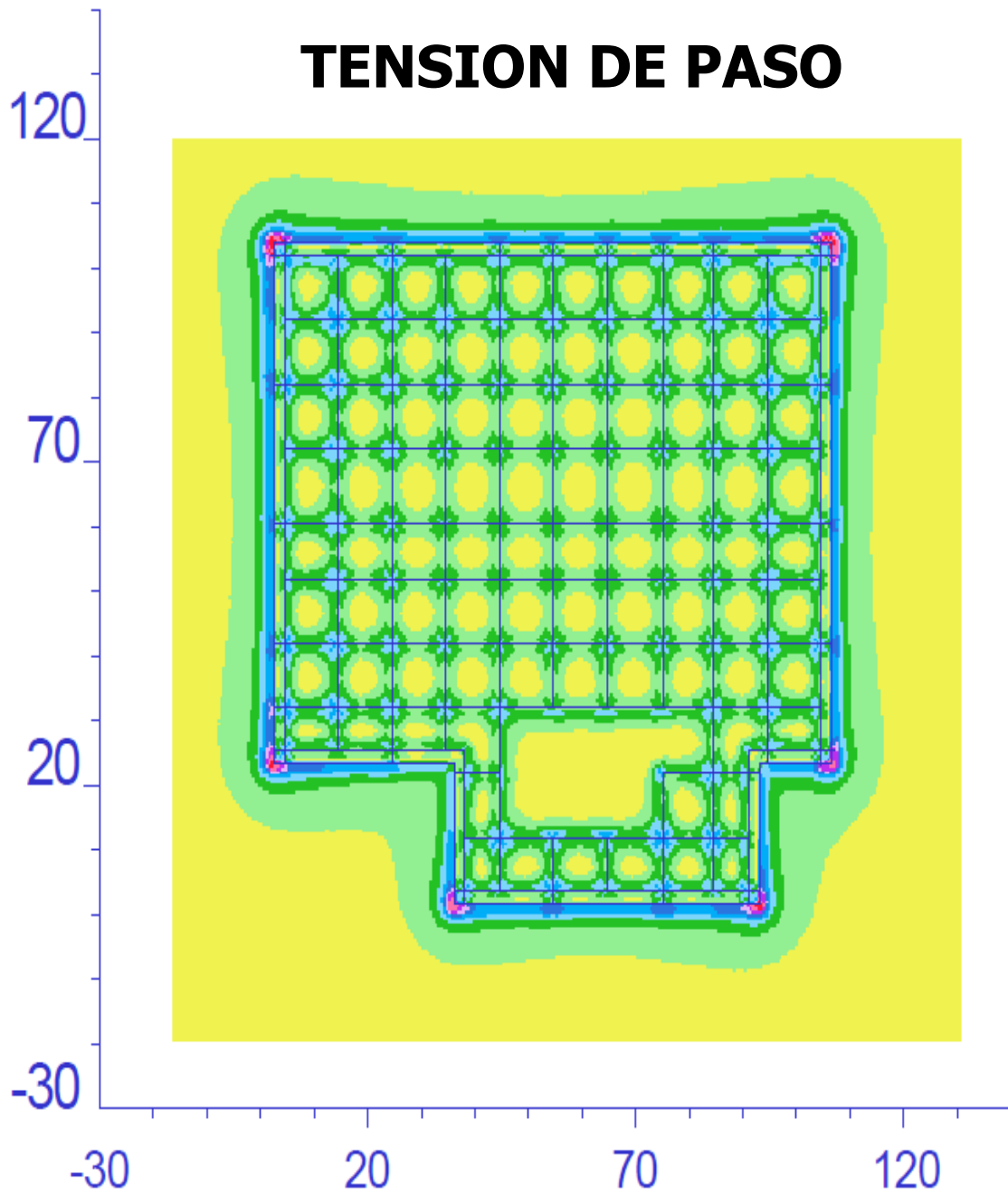
- ≤ 599.05
- ≤ 540.22
- ≤ 481.40
- ≤ 422.57
- ≤ 363.75
- ≤ 304.92
- ≤ 246.10
- ≤ 187.27
- ≤ 128.45
- ≤ 69.62

# Gradientes de potencial

19



# TENSION DE PASO



## LEGEND

Maximum Value : 72.726

Minimum Value : 0.289



# Evaluación de una MPAT

21

## ► Subestación MT/BT:

El diseño en BT es un caso particular.

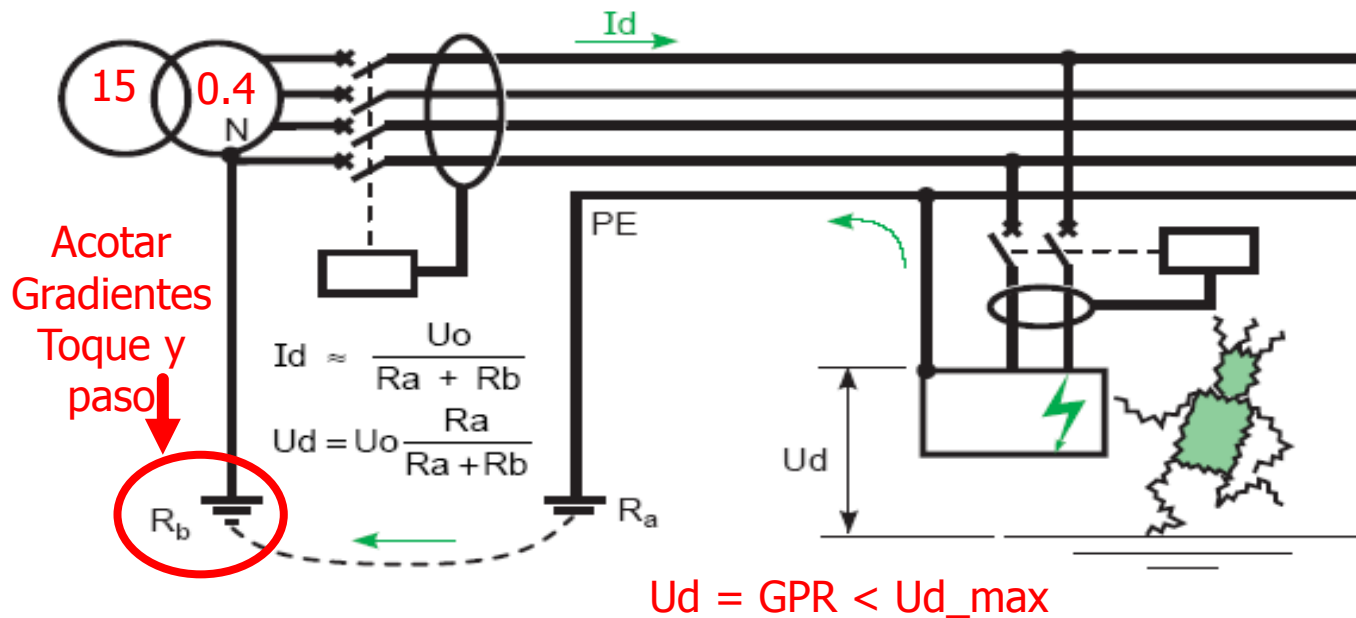


Fig. 10 : Fault current and voltage in TT system

# 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

23

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

## Factores a considerar en etapa de diseño (2):

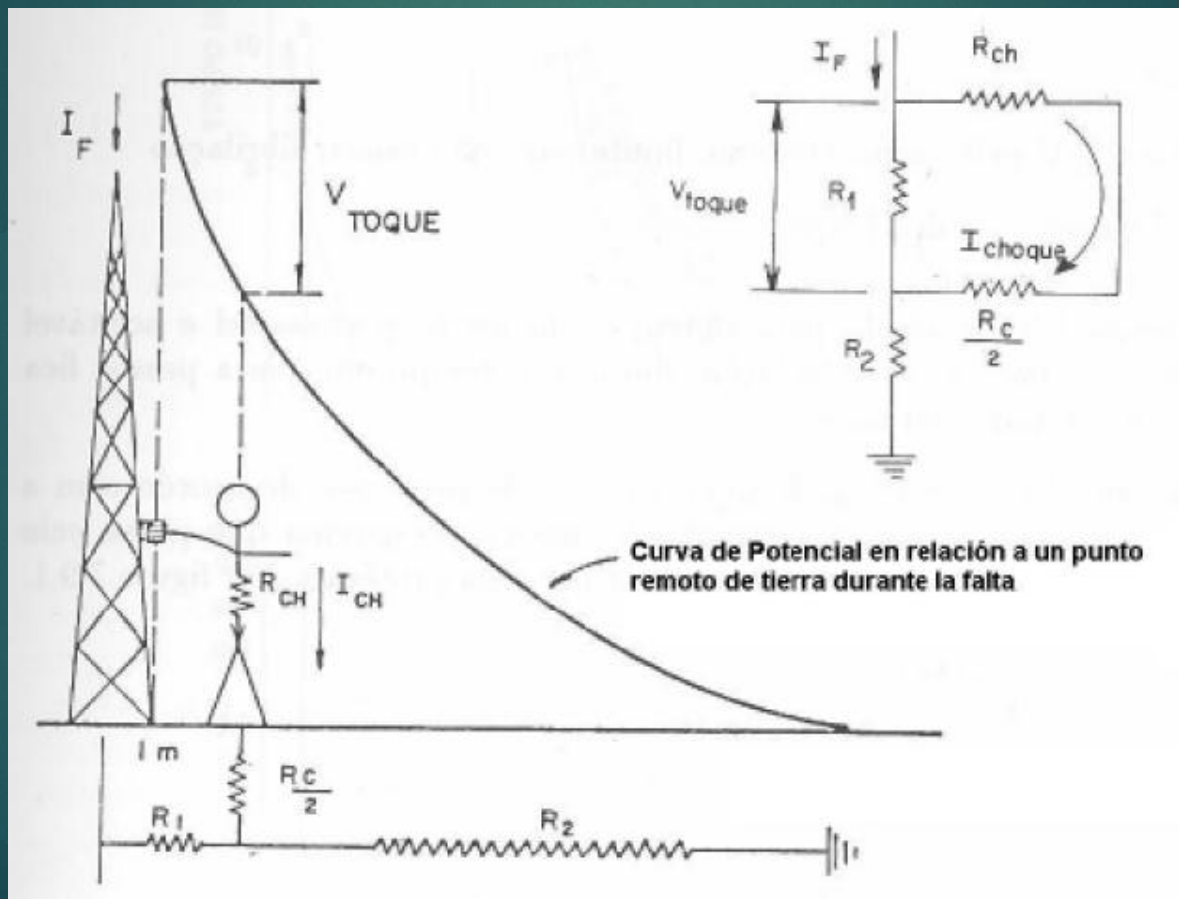
- ▶ La fracción de corriente de cortocircuito que circula por el cuerpo humano.

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



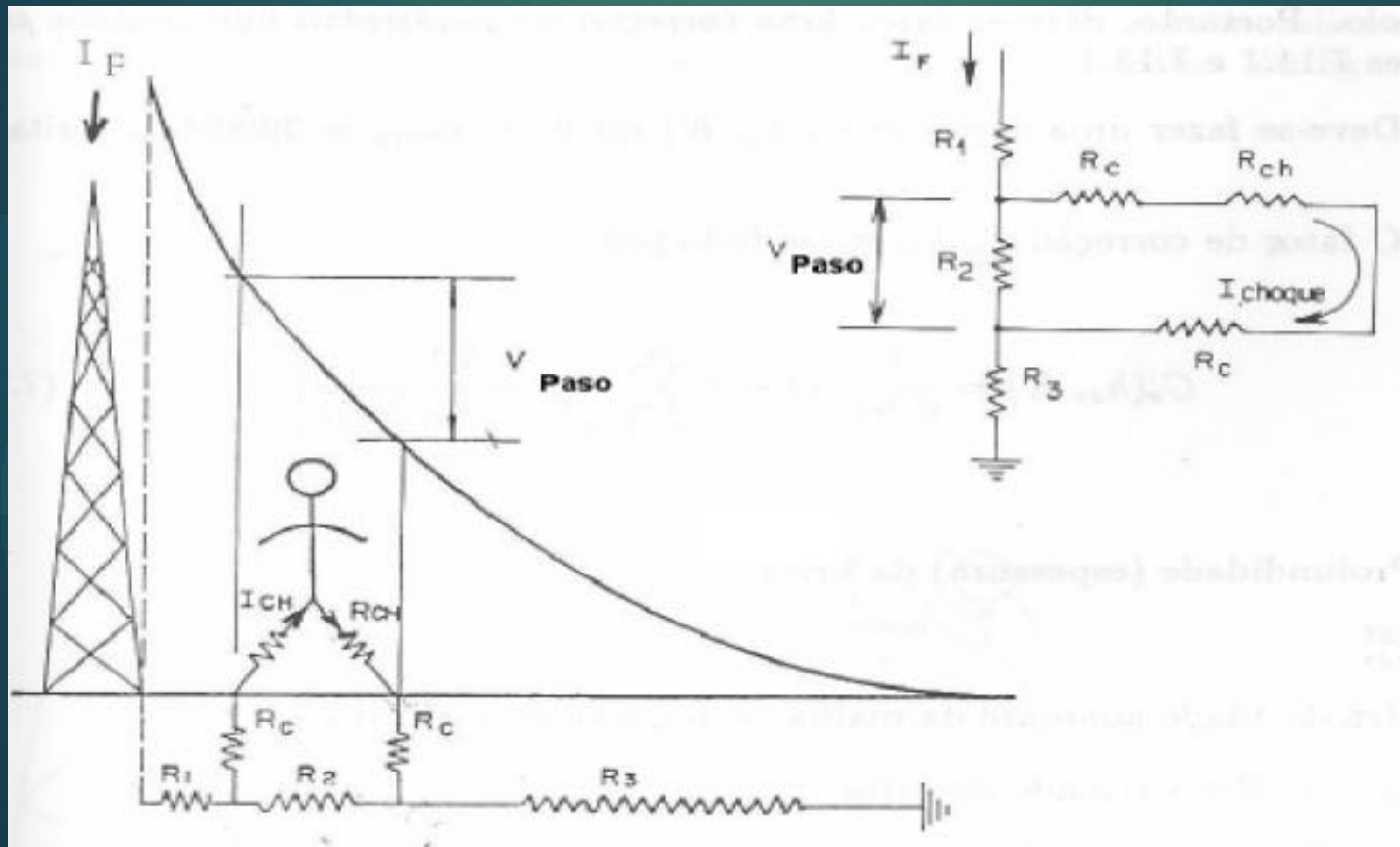
# Criterio de diseño

## Factores a considerar en etapa de diseño (2):



# Criterio de diseño

Factores a considerar en etapa de diseño (2):



# Criterio de diseño

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

