

Curso Diseño de Sistemas de Puesta a tierra con CDEGS

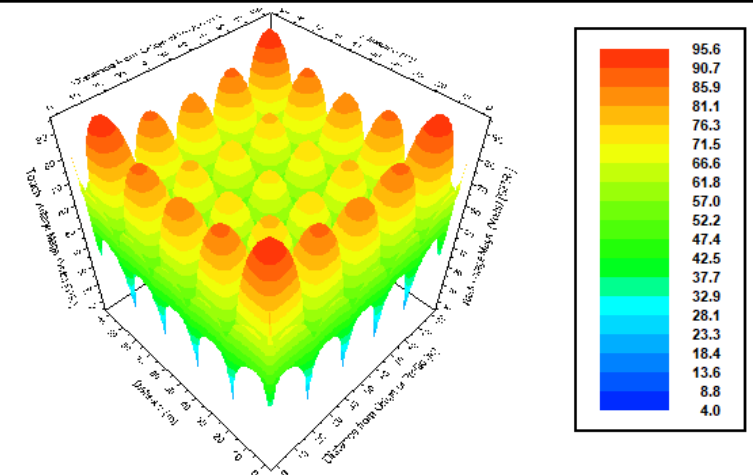
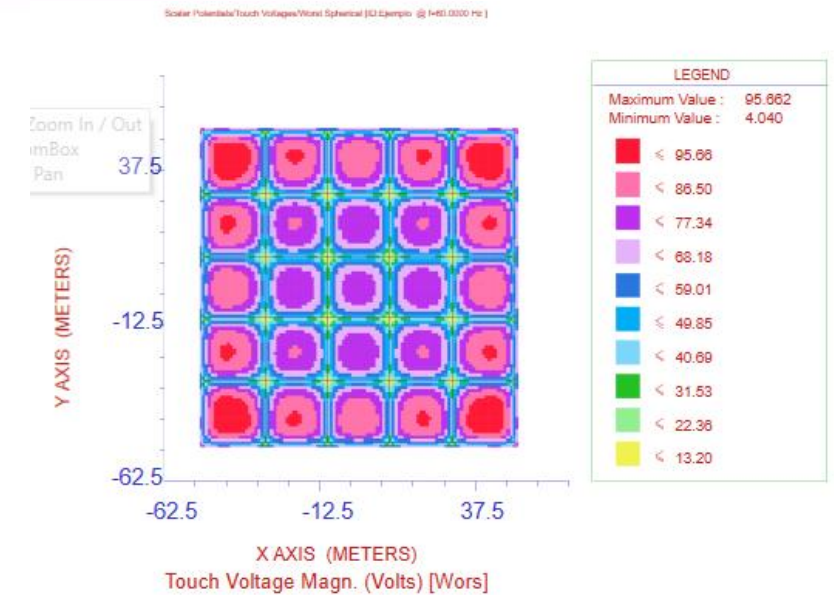
Ing. Kamal Arreaza

Sesión 1



Contenido:

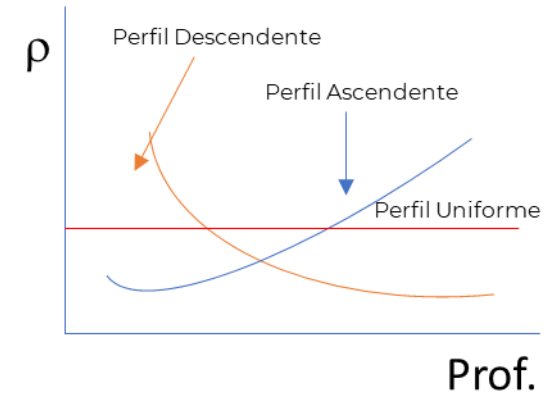
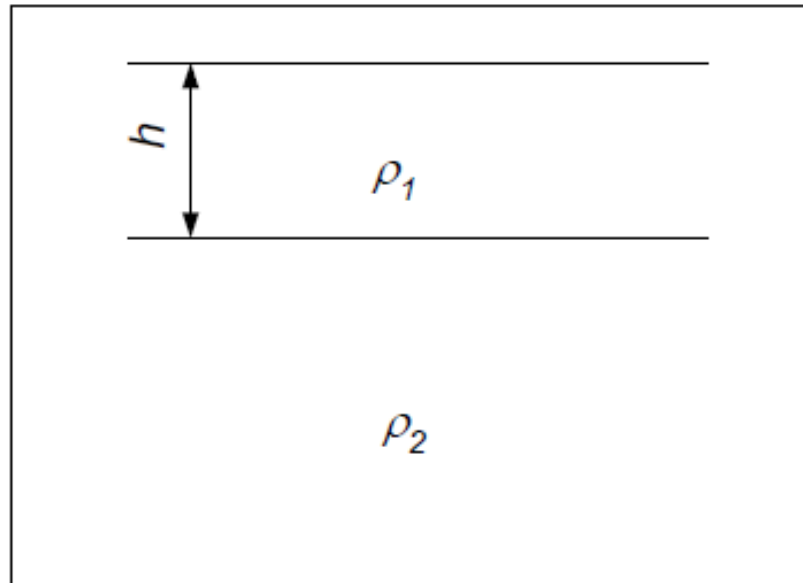
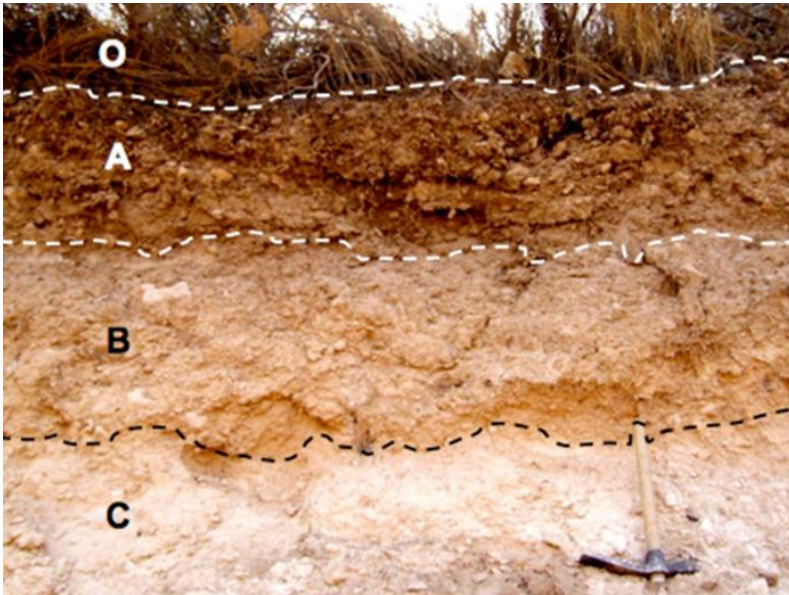
1. Mecanismos de conducción del suelo
2. Componentes de los sistemas de puesta a tierra y su función.
3. Necesidad de los Sistemas de Puesta a Tierra (SPT).
4. Practicas Recomendadas.
5. Metodología de diseño.
6. Corriente de Cortocircuito.
7. Selección de Materiales
8. Seguridad de personal y tensiones permitidas
9. Normativas y estándares de referencia.
10. Valores de referencia para sistemas de puesta a tierra.



1.1 Modelo del suelo

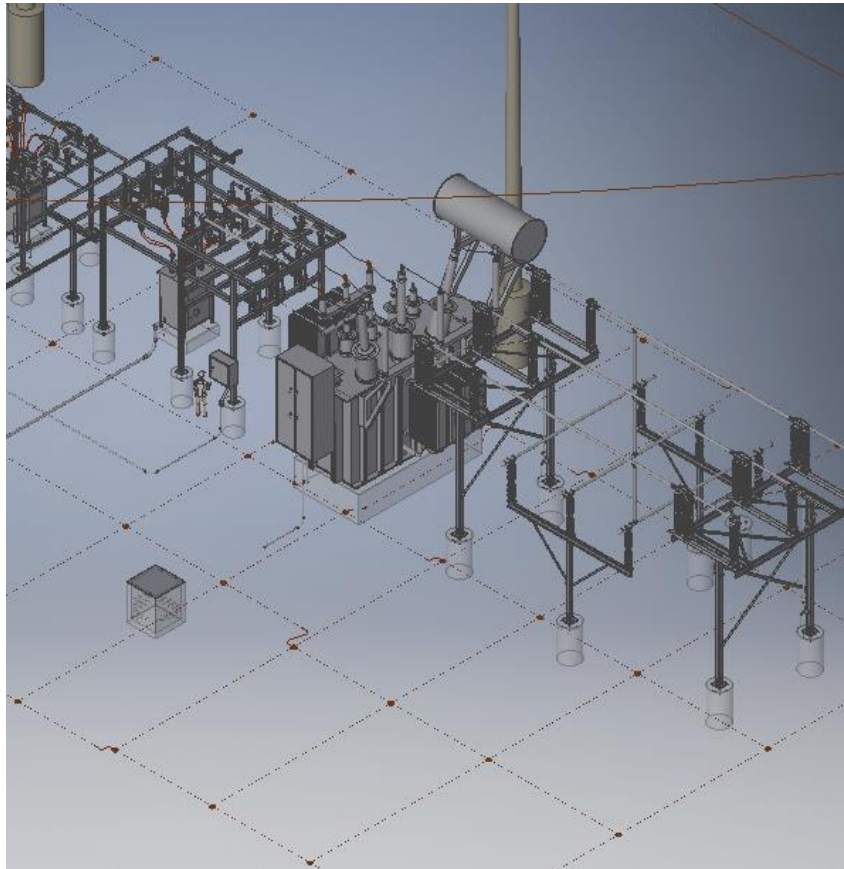
1.1.1 Modelo Biestratificado o de dos capas

- El modelo de suelo biestratificado, generalmente, es una representación adecuada de suelos no homogéneos para el diseño de sistemas de puesta a tierra (IEEE 80). La resistividad aparente para un terreno biestratificado $\rho(a)$, en función de las resistividades de las dos capas del subsuelo ρ_1 y ρ_2 , la profundidad de la primera capa (h) y la separación(a) de los electrodos.

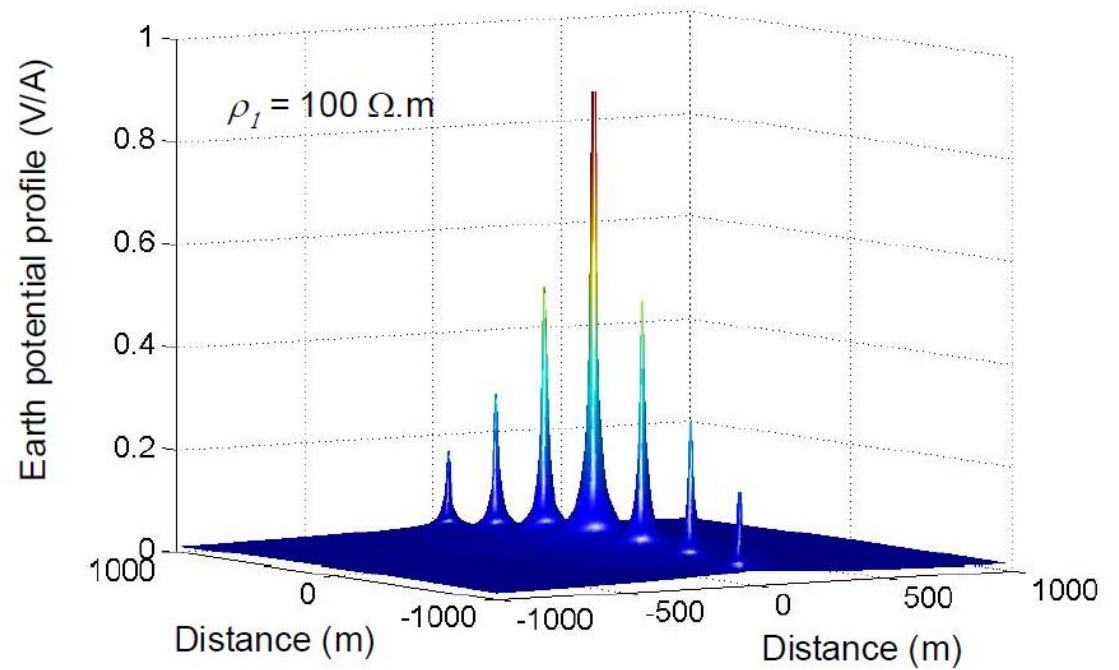


IEEE 80 y IEEE 81

1.2 Distribución de potenciales en función de la resistividad



IEEE 80, IEEE 81, CIGRE TB 290



Mecanismo de Conducción del Suelo

1.2 Distribución de potenciales en función de la resistividad

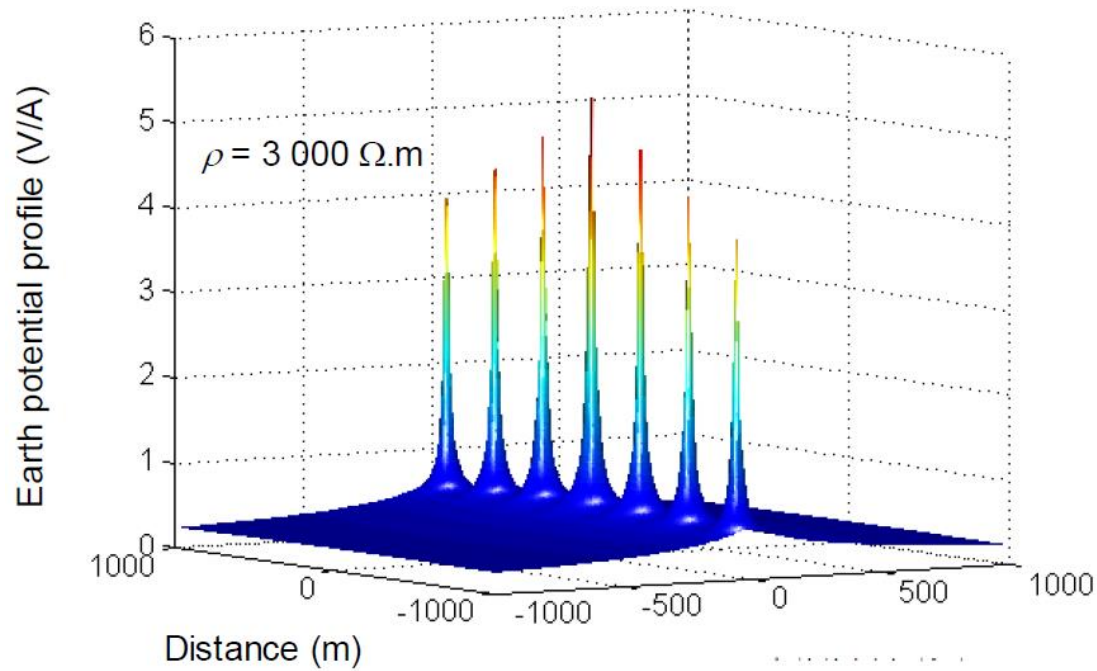


Figura b. Suelo resistividad uniforme alta

IEEE 80, IEEE 81, CIGRE TB 290

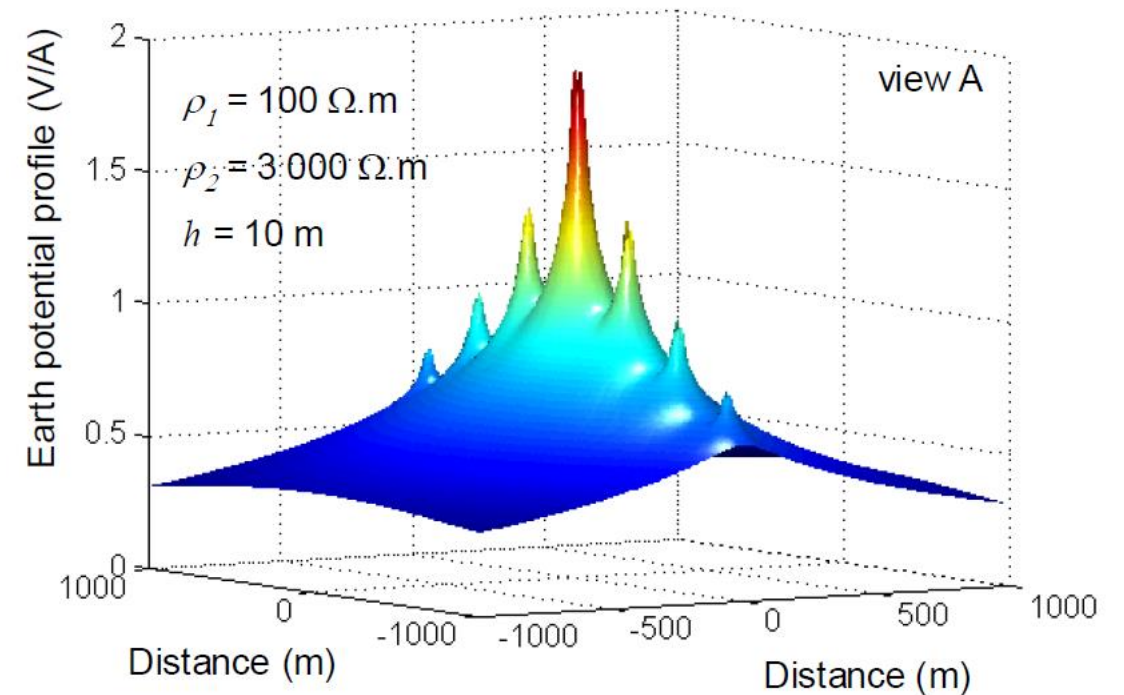
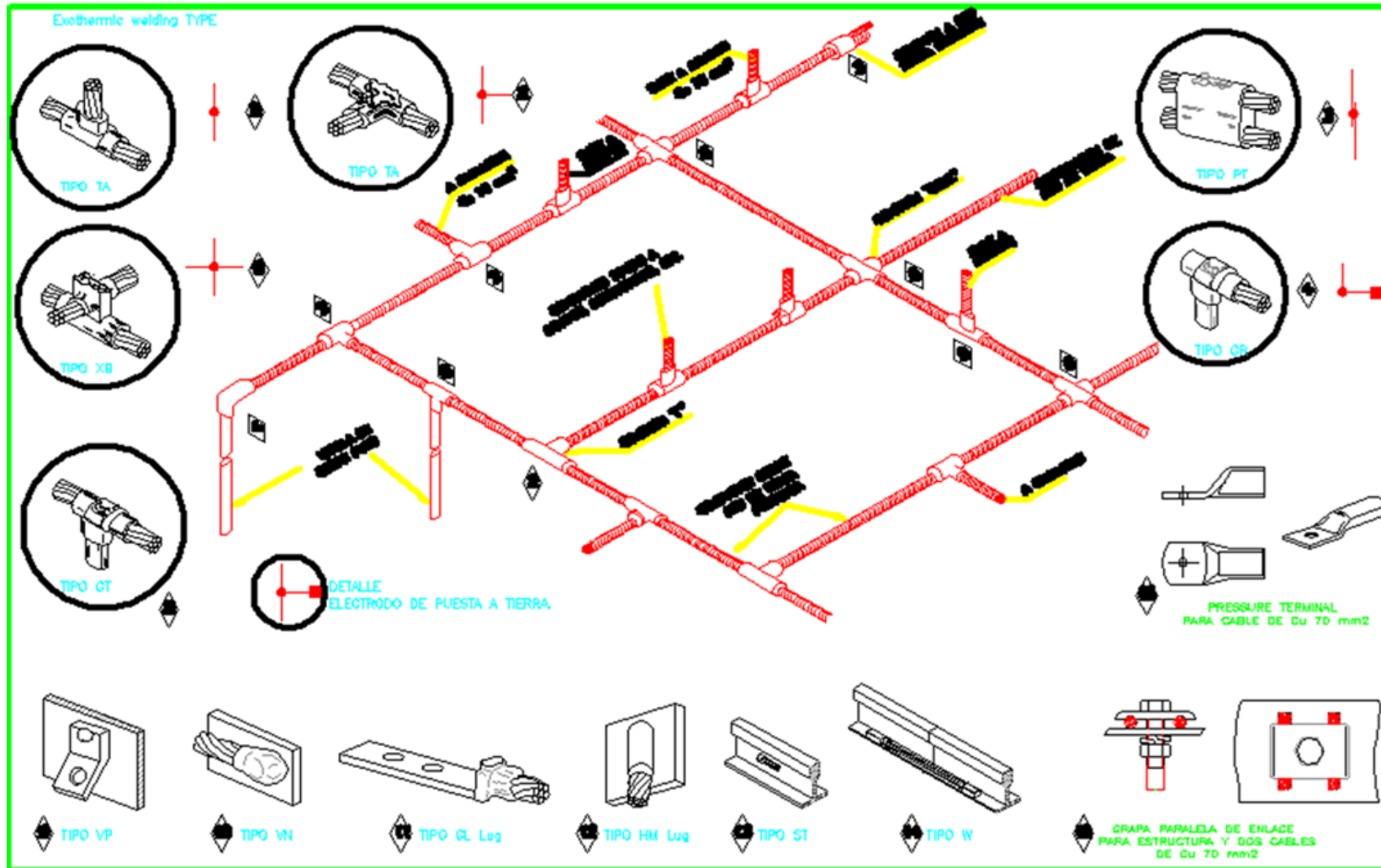


Figura c. Suelo resistividad no uniforme

Componentes de un sistema de puesta a tierra

2.1 Vista General



Componentes de un sistema de puesta a tierra

2.2 Soldaduras



gediso

GENERAL DISTRIBUIDORA S.A

MANUAL DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

CONEXIONES ELECTRICAS

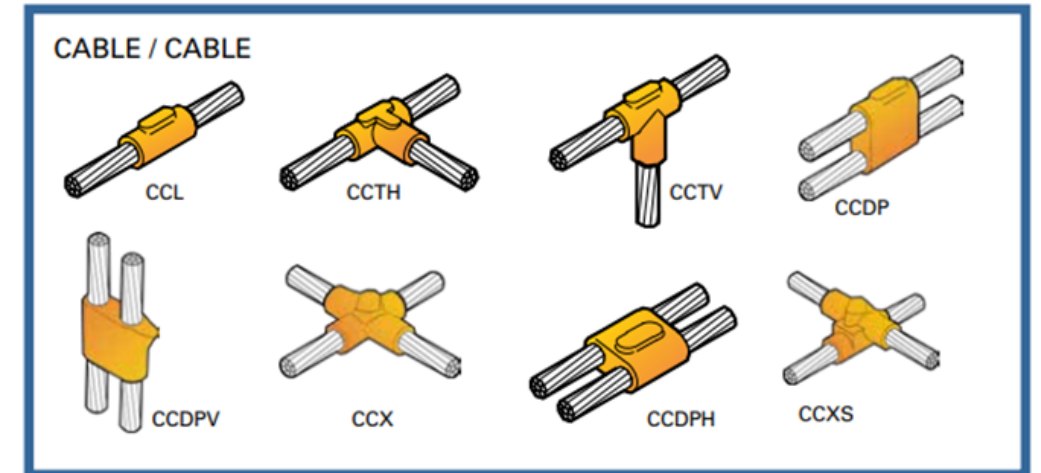
GEDIWELD

MOLDES PARA SOLDADURA EXOTERMICA

GEDIWELD ELECTRICAL CONNECTIONS

EXOTHERMIC WELDING MOLD

NUMERO DE CATALOGO	MOLDE Mold	Conductor A		Conductor B		Cartucho Cart. size	Grupo grup	Alicate Clamp	CONEXIÓN CABLE CABLE
		mm²	AWG/MCM	mm²	AWG/MCM				
PTCLH025025	CLH025025	25	4	25	4	25	2	Z-200	 CC-LH CONEXIÓN LINEAL HORIZONTAL END TO END
PTCLH035035	CLH035035	35	2	35	2	32	2	Z-200	
PTCLH050050	CLH050050	50	1/0	50	1/0	45	2	Z-200	
PTCLH070070	CLH070070	70	2/0	70	2/0	65	2	Z-200	
PTCLH095095	CLH095095	95	3/0	95	3/0	90	3	Z-201	
PTCLH100100	CLH100100	100	4/0	100	4/0	90	3	Z-201	
PTCLH120120	CLH120120	120	250	120	250	115	3	Z-201	
PTCLH150150	CLH150150	150	300	150	300	115	3	Z-201	
PTCLH185185	CLH185185	185	350	185	350	150	3	Z-201	
PTCLH240240	CLH240240	240	500	240	500	200	3	Z-201	
PTCLH300300	CLH300300	380	750	380	750	2X150	4	Z-202	
PTCLH500500	CLH500500	500	1000	500	1000	2X200	4	Z-202	



Fuente: 03 CAP 2 GEDIWELD 2007

Fuente: catalogo-KLK

Catálogos Gediweld, KLK

Componentes de un sistema de puesta a tierra

2.3 Moldes



1.1 CABLE / CABLE

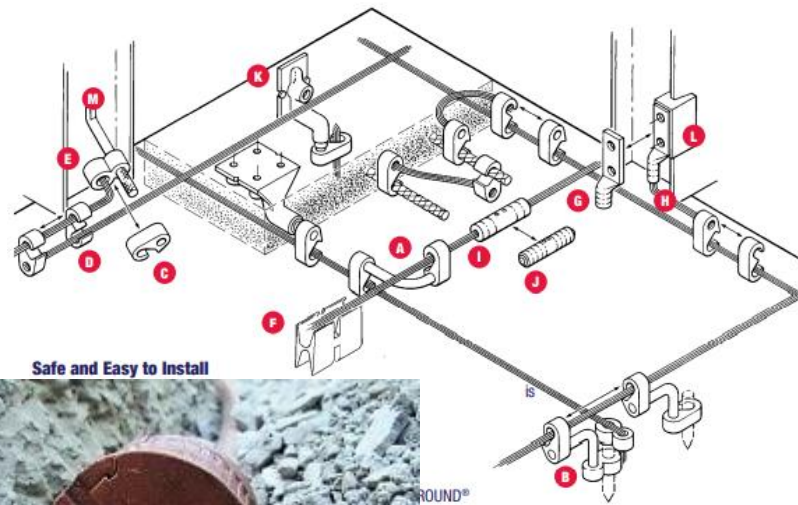
Committed to service



CONEXIÓN CCTH					
CABLE					
Principal	Derivado	MOLDE	CARTUCHO	TENAZA	RASCADOR
4	4	CCTH 4-4	C-32	TSC-80	R-45
2 SOL	2	CCTH 2S-2	C-45	TSC-80	R-45
	2 SOL	CCTH 2S-2S	C-45	TSC-80	R-45
	4	CCTH 2S-4	C-45	TSC-80	R-45
2	2	CCTH 2-2	C-45	TSC-80	R-45
	2 SOL	CCTH 2-2S	C-45	TSC-80	R-45
	4	CCTH 2-4	C-45	TSC-80	R-45
1	1	CCTH 1-1	C-45	TSC-80	R-45
	2	CCTH 1-2	C-45	TSC-80	R-45
	2 SOL	CCTH 1-2S	C-45	TSC-80	R-45
	4	CCTH 1-4	C-45	TSC-80	R-45
1/0	1/0	CCTH 1/0-1/0	C-90	TSC-80	R-90
	1	CCTH 1/0-1	C-45	TSC-80	R-45
	2	CCTH 1/0-2	C-45	TSC-80	R-45
	2 SOL	CCTH 1/0-2S	C-45	TSC-80	R-45
	4	CCTH 1/0-4	C-45	TSC-80	R-45
2/0	2/0	CCTH 2/0-2/0	C-90	TSC-80	R-90
	1/0	CCTH 2/0-1/0	C-90	TSC-80	R-90
	1	CCTH 2/0-1	C-45	TSC-80	R-45
	2	CCTH 2/0-2	C-45	TSC-80	R-45

Componentes de un sistema de puesta a tierra

2.4 Accesorios



Safe and Easy to Install



BURNDY
schedule.
element weather



Catálogos Burndy_hyground-refguide

Sample BURNDY® HYGROUND® Compression Connector Grid Components

A HYGRID™ Cross Connector (YGL-C)

- Designed for cross connections as well as "ells" and "tees"
- Rotating elements facilitate positioning prior to crimp
- Conductor range #6 through 500 kcmil
- IEEE837

B GRIDLOK™ Ground Rod to Grid Connector (YGLR-C)

- Provides high-torque connection to ground rod
- Rotating elements facilitate installation
- Conductor range #2 through 500 kcmil
- Ground rod sizes 1/2", 5/8", 3/4", and 1"
- IEEE837

C Figure "6" HYTAP™ Connector (YGHP-C)

- Can be used as a tap connector or a lap splice connector
- Conductor range #8 through 500 kcmil
- Ground rod sizes 1/2", 5/8", and 3/4"
- IEEE837

D Figure "C" HYTAP™ Connector (YGHC-C)

- Can be used for tap or cross connections
- "C"-shaped opening permits placing two parallel cables into conductor groove
- Conductor range #6 through 500 kcmil
- Wire to ground rod applications
- IEEE837

E HYTAIL™ Ground Rod Tap Connector (YGHR-C)

- Provides a tap or pigtail-type connection from ground rods to grounding counterpoise or grid
- Conductor range #2 through 500 kcmil
- Ground rod sizes 1/2", 5/8", and 3/4"
- IEEE837

F Double H-Tap Connector (YSHG)

- Conductor range #14 through 500 kcmil
- Ground rod sizes 3/4" and 1"
- Rebar size #6

G HYLUG™ Heavy-Duty Terminals (YGHA)

- Designed to carry a short-circuit load and withstand high mechanical stress
- Inspection hole ensures proper cable insertion
- Conductor range #2 through 500 kcmil
- IEEE837

H HYLUG™ Terminals (YGA)

- Designed for ground applications
- Inspection hole ensures proper cable insertion
- Standard NEMA hole spacing
- Conductor range #8 through 500 kcmil

I HYLINK™ Heavy-Duty Splice (YGHS)

- Designed to carry a short-circuit load and withstand high mechanical stress
- Inspection hole and center stop ensure proper cable insertion
- Conductor range #2 through 500 kcmil
- IEEE837

J HYLINK® Splice (YGS)

- Designed to carry a short-circuit load and withstand high mechanical stress
- Inspection hole and center stop ensure proper cable insertion
- Conductor range #2 through 500 kcmil

K Grounding Plate (YGF)

- Withstands the rigors of concrete construction
- Pre-tapped two- or four-hole NEMA spacing
- Tapped hole on underside for ease of repositioning
- Plugged holes keep dirt out
- Conductor range #2 through 500 kcmil
- IEEE837

L GROUNDLINK™ Connector (YGIB)

- Unique design allows for ground attachment to structural steel
- Available for straight or angled steel
- Includes thread protection studs to prevent hole deformation
- IEEE837

M VERSITAIL Structural Steel Connector (GSTUD-HY)

- Welds to steel surfaces quickly with regular equipment
- Eliminates costly disk grinding
- Copper-plated knurled area for excellent gripping and electrical integrity

Static Grounding Receptacle (YGT and YTTAG) Not Shown

- Connects to ground grid and finished flush
- YTTAG for aircraft applications

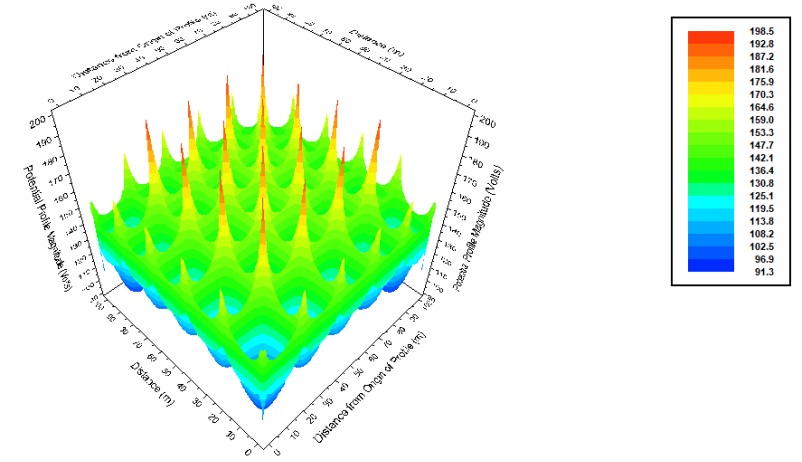
HYTAP™ Ground Electrode Tap Connector (YGHP-C) Not Shown

- A ground rod connector with an open groove for continuous run and tapping applications (second groove for tap only)
- "Third hand" constrains conductors while installer completes crimp
- IEEE837

Necesidad de un sistema de puesta a tierra

3.1 ¿Por qué se necesita un sistema de puesta a tierra?

- ✓ Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para drenar las corrientes de tierra, ya sean debidas a una falla de aislamiento o a la operación de un descargador de sobretensión.
- ✓ Evitar que, durante la circulación de estas corrientes de tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación, que puedan ser peligrosas para el personal.
- ✓ Facilitar mediante sistemas de protecciones la eliminación de las fallas a tierra en los sistemas eléctricos.
- ✓ Dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio eléctrico.



4.1 Requerimientos Normativos Actuales

- Cuando por requerimientos de una edificación o inmueble existan varias puestas a tierra, todas ellas deben estar interconectadas eléctricamente, según criterio adoptado de IEC-61000-5-2, tal como aparece en la Figura 10.

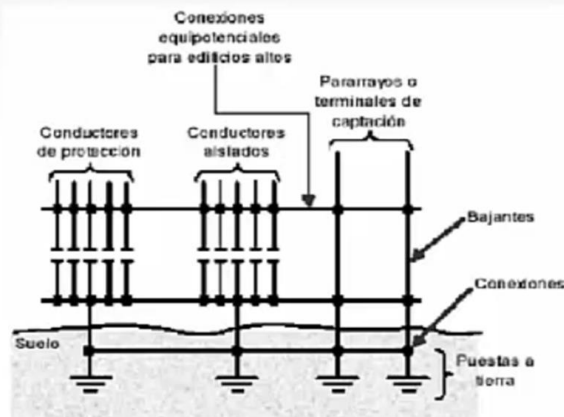


Figura 10. Conexiones potenciales sugeridas para edificios altos

- Así mismo, para una misma edificación quedan expresamente prohibidos los sistemas de puesta a tierra que aparecen en las Figuras 11 y 12, según criterio adoptado de la IEC 61000-5-2.

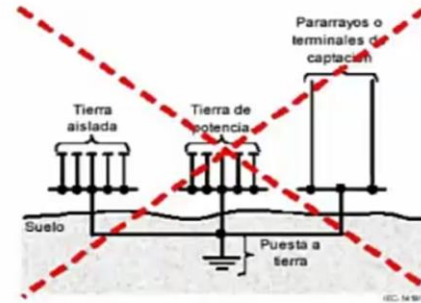


Figura 11. Una sola puesta a tierra para todas las necesidades (prohibido).

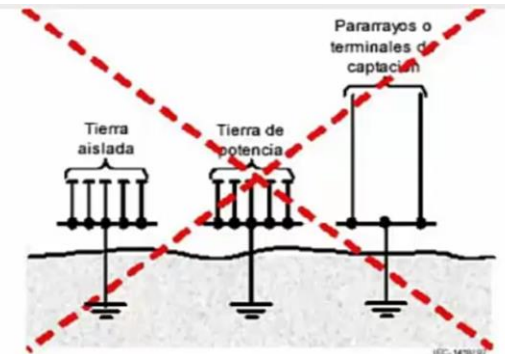
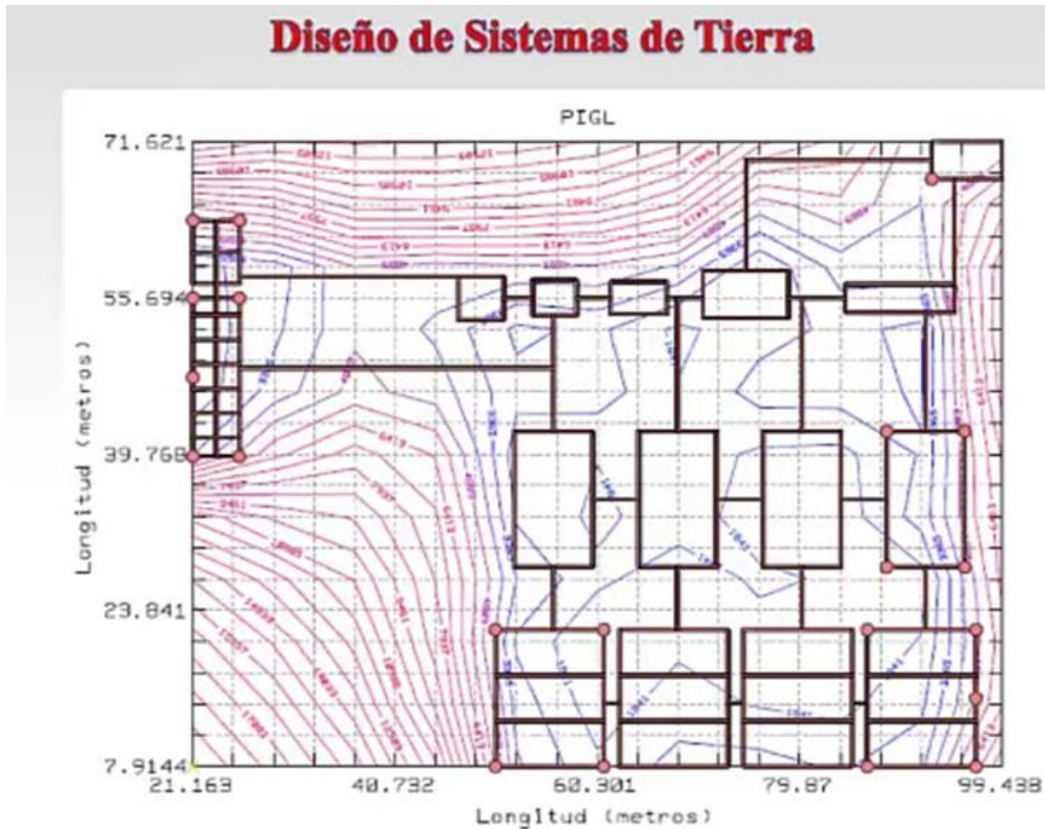


Figura 12. Puestas a tierra separadas o independientes (prohibido).

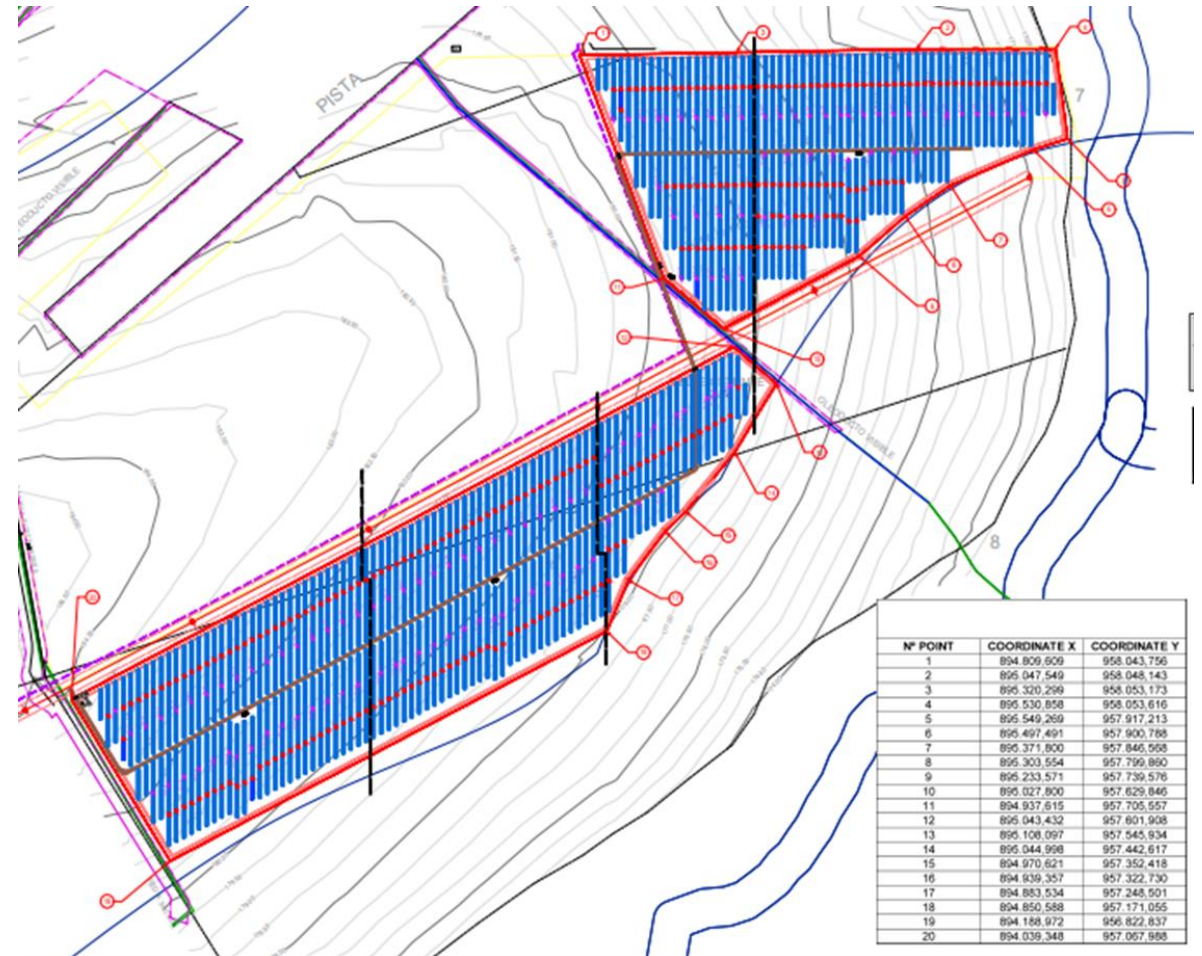
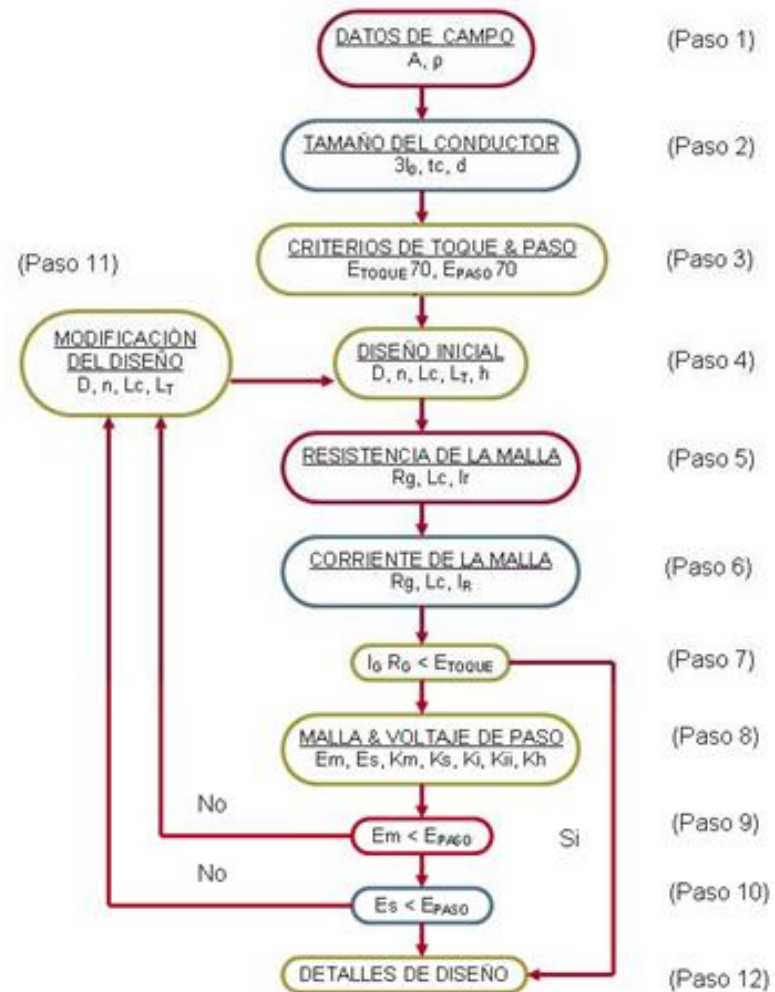
5.1 Métodos de diseño

1. Método de Elementos Finitos FEM.
2. Método IEEE 80.



Metodología de diseño

5.2 Metodología de diseño



6.1 Tipos de falla y duración

- ✓ Según la IEEE 367 la falla que se debe considerar en el diseño es la mayor entre la Monofásica a tierra y la Bifásica a tierra.
- ✓ Según IEEE 80 La duración de la falla la dicta el tiempo de despeje en segunda zona de los relees de respaldo (Normalmente en un sistema Sólidamente puesto a tierra es 0,5segundos).

IEEE 80, IEEE 367

5.1.8 Determination of the worst-fault type

Basically, three types of faults should be investigated:

- Line-to-ground faults (L-G).* These are predominant in terms of frequency of occurrence. Zero-sequence and positive-sequence currents will be required. In practice, GPR is a function of zero-sequence currents only, but positive-sequence currents are required to determine magnitudes of the individual zero-sequence currents flowing in each phase of the faulted circuit.
- Double line-to-ground faults (2L-G).* These are statistically less frequent than L-G faults but could produce zero-sequence currents far exceeding those caused by L-G faults. Theoretically, this is because of different connections of sequence networks during these faults. For an L-G fault, the positive-sequence, negative-sequence, and zero-sequence networks are connected in series and driven by the prefault voltage source; whereas, for a 2L-G fault, positive-sequence impedance is connected in series with the parallel combination of zero-sequence and negative-sequence impedances, with less overall impedance in the path of the fault current. [For instance, many high MVA autotransformers may be added to power stations. These could have their primary-to-secondary, or primary-to-tertiary, zero-sequence reactance ratios so high that their primary current is small compared with the tertiary (ground) current. In addition to this, if more such transformers are added to the station, the resulting tertiary currents will be very large due to further paralleling of reactances.]
- Three-phase faults.* These are statistically less frequent than L-G and 2L-G faults. Three-phase faults produce positive sequence currents, and detailed calculations are required to determine magnitudes of the individual zero-sequence currents flowing in each phase of the faulted circuit.

If X_1 and X_0 are positive-sequence and zero-sequence reactances, respectively, of the system impedance at the point of fault and X_1 is less than X_0 , the 2L-G fault will result in higher zero-sequence fault currents,

Corriente de cortocircuito

6.2 Calculo de fallas

- ✓ La corriente Máxima debe calcularse a través de un estudio de cortocircuito y a partir de la información entregada por el operador de red o asumiendo Bus infinito en el punto de la instalación.
- ✓ El factor X/R se obtiene del estudio de cortocircuito o es suministrado por el operador de RED, en caso de no tenerlo, para media tensión se puede asumir un $X/R=10$ de acuerdo con la IEEE C37.010.

Corriente Máxima de la Malla

Ground Short-Circuit Current		Grid Current Factors	
☒ User Specified	I _{fg} 1.4 kA X/R 4	S _f 100 %	C _p 100 %
☐ Short-Circuit Study			

$$I_G = S_f C_p D_f (3I_0)$$

Donde:

I_G → Corriente Máxima de la Malla.

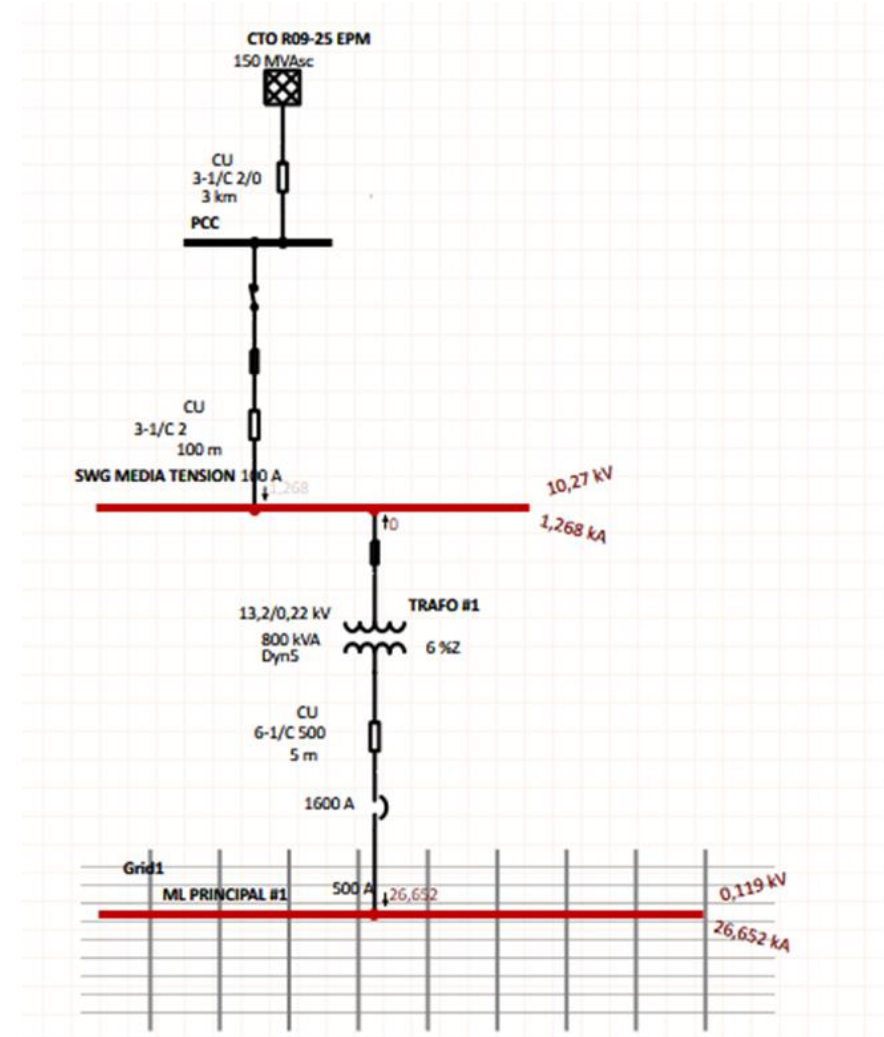
S_f → Factor de División de Corriente (Current Division Factor).

C_p → Factor de Seguridad por Crecimiento del Sistema (Corrective Projection Factor).

D_f → Factor de Decremento (Decrement Factor).

3I₀ → Valor rms de la Corriente de Falla a Tierra (Ground Short-Circuit Current). Ifg = 3I₀

IEEE 80, IEEE 367



Corriente de cortocircuito

6.3 Factor de división de corriente

- ✓ Nota: En este caso el valor de SF fue de 15% correspondiente a Cero (0) líneas de transmisión y Una (01) línea de distribución llegando a la subestación (Anexo C IEEE-80).

$$S_f = \left| \frac{Z_{eq}}{Z_{eq} + R_g} \right|$$

$$R_g (\text{esperada}) = 10\Omega$$

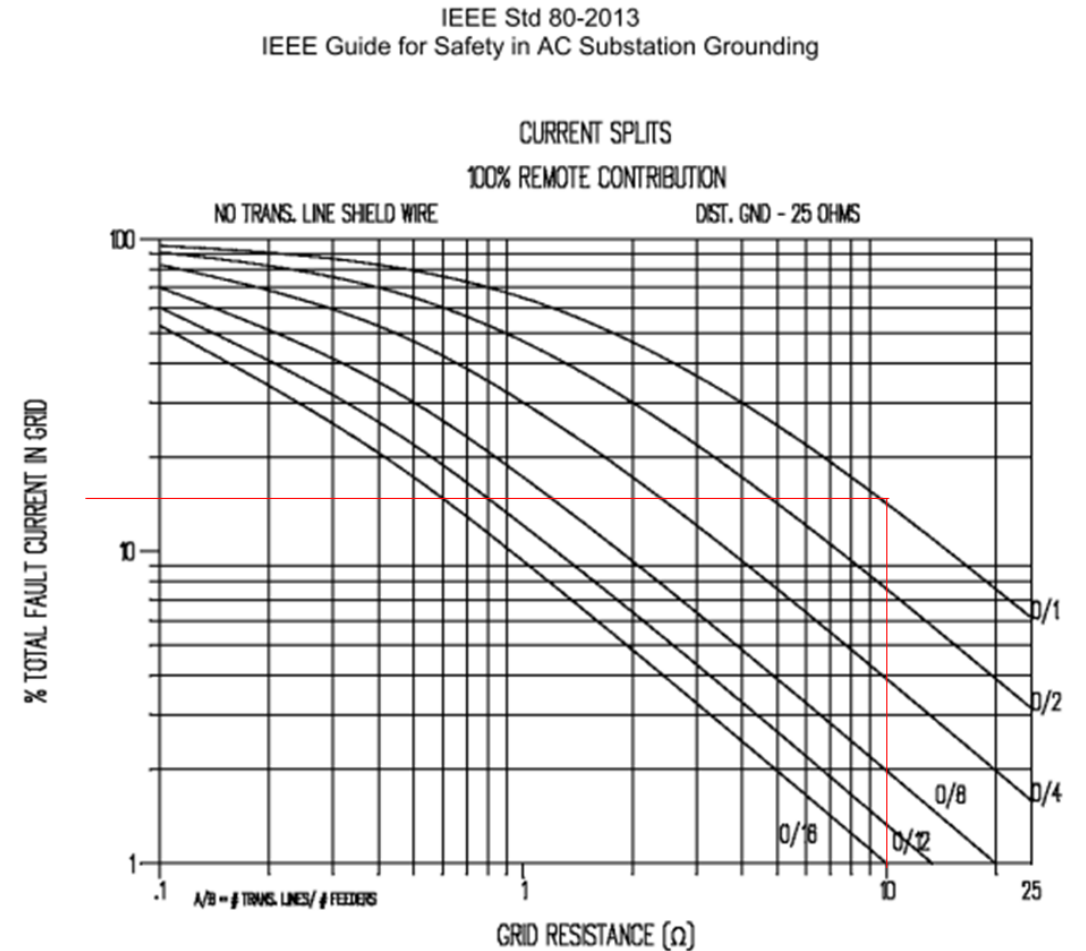


Figure C.15—Curves to approximate split factor S_f

7.1 Selección de Materiales

Materiales

- Los electrodos deben cumplir las dimensiones y valores de la Tabla 15.2, los cuales son adaptados de las normas IEC 62305-3, IEC 60364, BS 7430, AS 1768, UL 467, UNESA 6501F, NTC 4552, NTC 2206, NTC 2050, ASTM F 1136 y DIN ISO 10683.

RETIE Colombia

TIPO DE ELECTRODO	MATERIALES	DIMENSIONES MÍNIMAS			
		Diámetro mm	Área mm ²	Espesor mm	Recubrimiento µm
Varilla	Cobre	12,7			
	Aleaciones de cobre	12,7			
	Acero inoxidable	15			
	Acero galvanizado en caliente	16			70
	Acero con recubrimiento electrodepositado de cobre	14			250
	Acero con recubrimiento total en cobre	15			2000
Tubo	Cobre	20		2	
	Acero inoxidable	25		2	
	Acero galvanizado en caliente	25		2	55
Fleje o cinta sólida	Cobre		50	2	
	Acero inoxidable		100	3	
	Cobre cincado		50	2	40
Cable trenzado	Cobre o cobre estañado	1,8 para cada hilo	50		
	Acero galvanizado en caliente	1,8 para cada hilo	70		
Alambre redondo	Cobre	8	50		
	Acero galvanizado	10	78,5		70
	Acero inoxidable	10			
	Acero recubierto de cobre	10			250
Placa sólida	Cobre		250000	1,5	
	Acero inoxidable		360000	6	

Tabla 15.2. Requisitos para electrodos de puesta a tierra.

7.2 Selección del conductor

$$A_{mm^2} = I \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \times 10^{-4}}{t_c \alpha_r \rho_r} \right) \ln \left(\frac{K_o + T_m}{K_o + T_a} \right)}}$$

$$A_{kcmil} = I \frac{197.4}{\sqrt{\left(\frac{TCAP}{t_c \alpha_r \rho_r} \right) \ln \left(\frac{K_o + T_m}{K_o + T_a} \right)}}$$

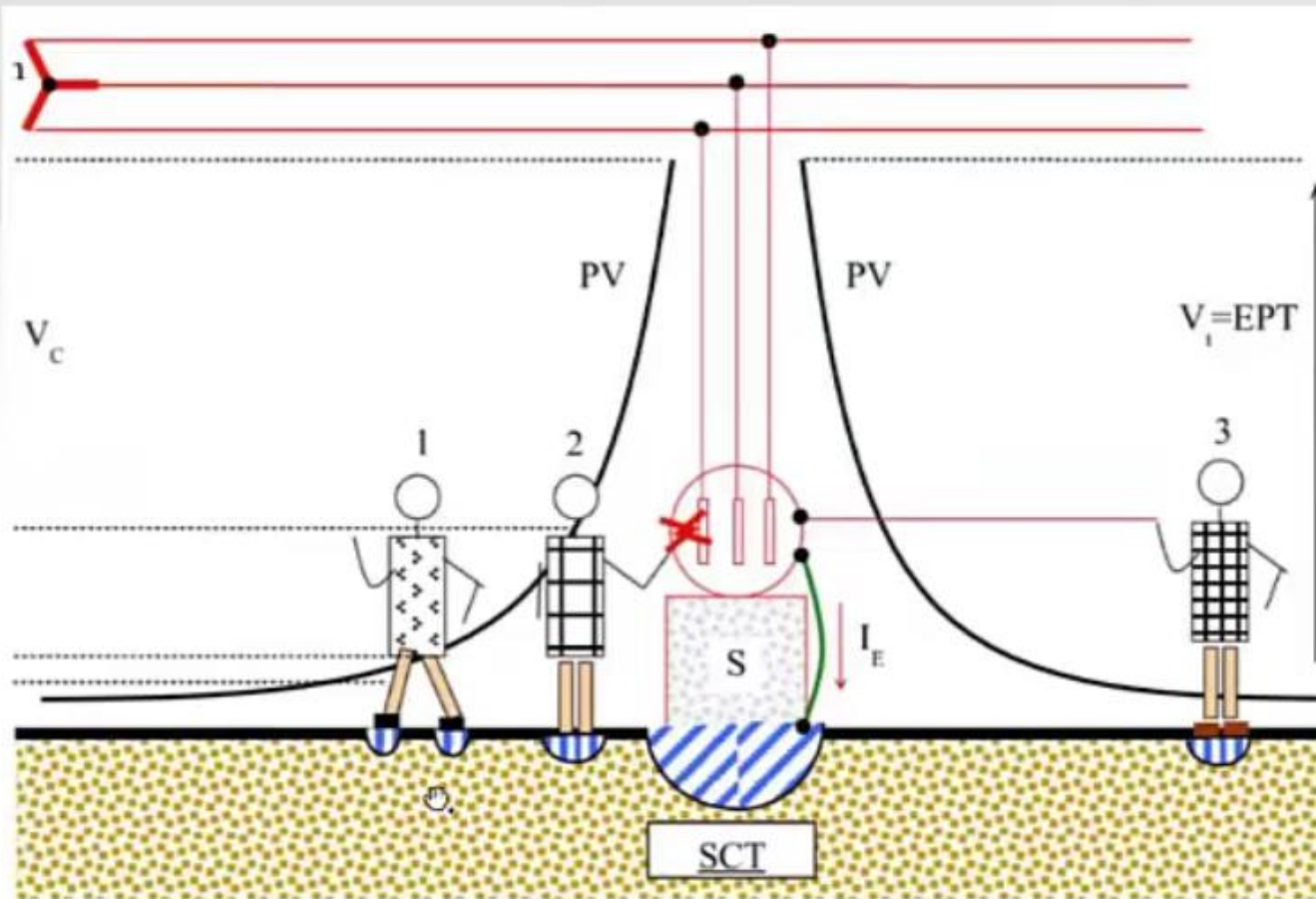
Table 1—Material constant

Description	Material ^a conductivity (% IACS)	α_r factor ^a at 20 °C (1/°C)	K_o at 0 °C (0°C)	Fusing ^a temperature T_m (°C)	Resistivity ^a at 20 °C ρ_r ($\mu\Omega$ -cm)	Thermal ^a capacity TCAP [J/(cm ³ · °C)]
Copper, annealed soft-drawn	100.0	0.003 93	234	1083	1.72	3.4
Copper, commercial hard-drawn	97.0	0.003 81	242	1084	1.78	3.4
Copper-clad steel wire	40.0	0.003 78	245	1084 ^c	4.40	3.8
Copper-clad steel wire	30.0	0.003 78	245	1084 ^c	5.86	3.8
Copper-clad steel rod	17.0	0.003 78	245	1084 ^c	10.1	3.8
Aluminum-clad steel wire	20.3	0.00360	258	657	8.48	3.561
Steel, 1020	10.8 ^b	0.003 77	245	1510	15.90	3.8
Stainless-clad steel rod ^c	9.8	0.003 77	245	1400 ^c	17.50	4.4
Zinc-coated steel rod	8.6	0.003 20	293	419 ^c	20.10	3.9
Stainless steel, 304	2.4	0.001 30	749	1400	72.00	4.0

- ✓ La sección del conductor se calcula de acuerdo a lo establecido en la parte 11.3 de la IEEE 80.
- ✓ Los software comerciales lo calculan automáticamente, también puede usar esta pagina Web:
<https://elek.com/resources/free-electrical-calculators/earth-grid-conductor-size-calculator/>

8.1 Tensiones de toque, de paso y transferido

Voltaje de paso, de contacto y transferido: V_p , V_c , V_t



8.2 Tensiones de toque

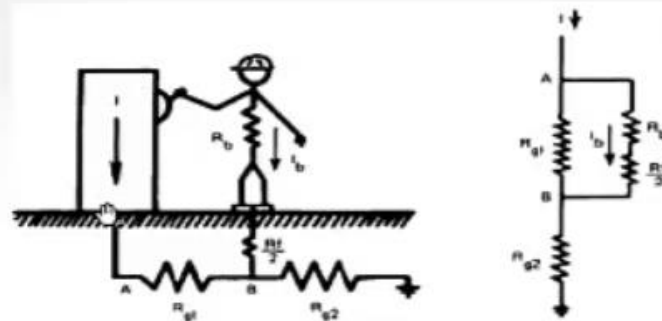
Tensión de contacto: Diferencia de **potencial** que durante una falla se presenta **entre** una **estructura** metálica puesta a tierra y un **punto** de la **superficie** del terreno a una distancia de un metro. Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que se puede alcanzar al extender un brazo.

Tensiones de Toque (50 kg y 70 kg)

Options

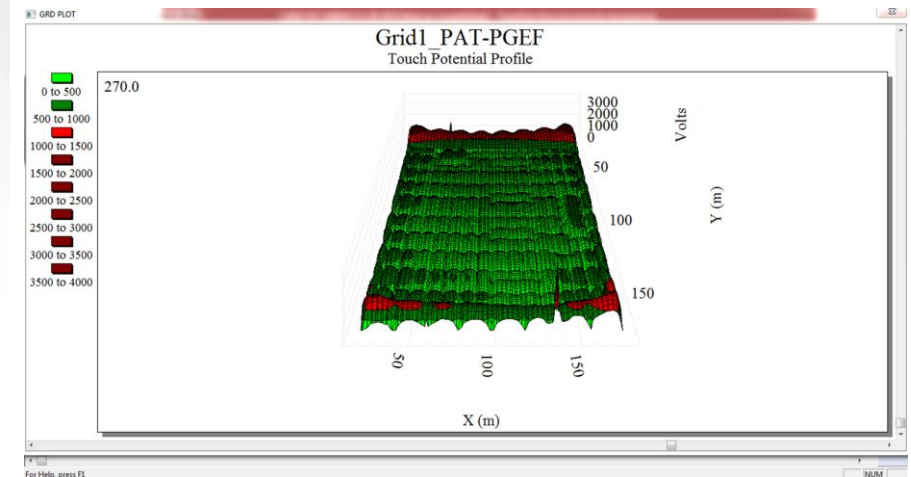
Weight ☒ 50 kg ☐ 70 kg

Ambient Temperature °C



$$E_{touch50} = (1000 + 1.5C_2\rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t_2}}$$

$$E_{touch70} = (1000 + 1.5C_2\rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_2}}$$



8.3 Tensiones de Paso

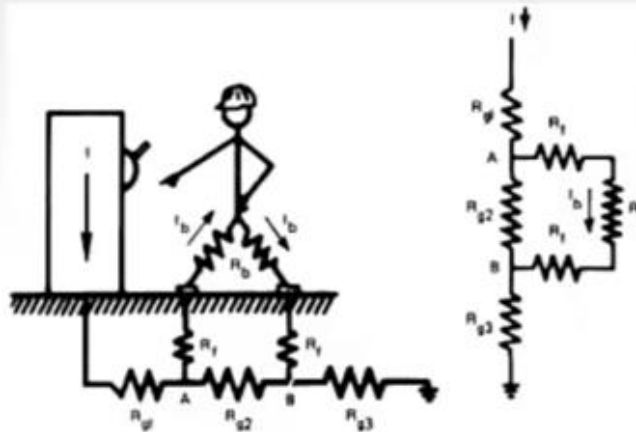
Tensión de paso: Diferencia de **potencial** que durante una falla se presenta **entre** dos **puntos** de la **superficie** del terreno, separados por una distancia de un paso (aproximadamente un metro).

Tensiones de Paso (50 kg y 70 kg)

Options

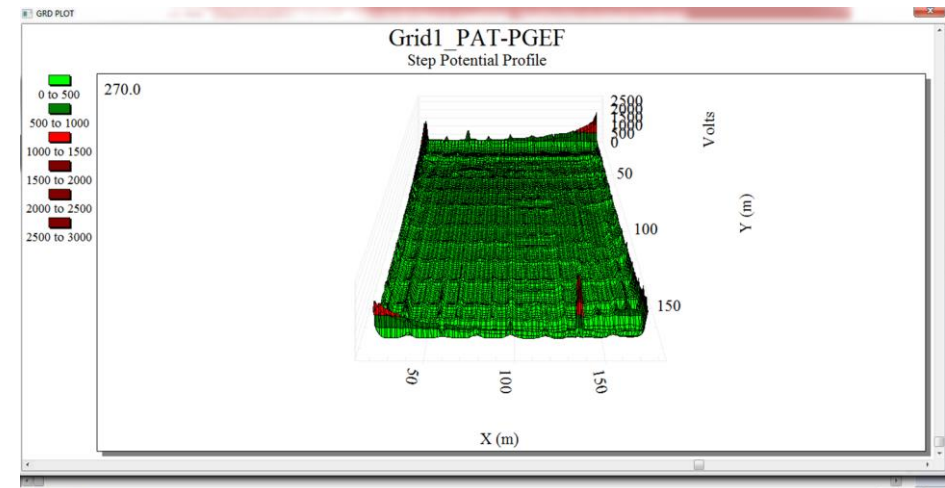
Weight ☒ 50 kg ☐ 70 kg

Ambient Temperature
40 °C



$$E_{step50} = (1000 + 6C_z \rho_z) \frac{0.116}{\sqrt{t_z}}$$

$$E_{step70} = (1000 + 6C_z \rho_z) \frac{0.157}{\sqrt{t_z}}$$



9.1 Normas, estándares, guías y prácticas recomendadas

IEEE 80-2013 – IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding.

IEEE 81-2012 – IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System.

IEEE 837-2014 IEEE Standard for Qualifying Permanent Connections Used in Substation Grounding.

IEEE SERIE 3003.1 -2019 IEEE Approved Draft Recommended Practice for the System Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.

IEEE SERIE 3003.2 -2014 IEEE Recommended Practice for Equipment Grounding and Bonding in Industrial and Commercial Power Systems.

IEEE 2778 - 2020 IEEE Guide for Solar Power Plant Grounding for Personnel Protection

IEEE 2760 - 2020 IEEE Guide for Wind Power Plant Grounding for Personnel Protection

10.1 Valores de referencia para sistemas de puesta a tierra

15.4 VALORES DE REFERENCIA DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

Un buen diseño de puesta a tierra debe garantizar el control de las tensiones de paso, de contacto y transferidas. En razón a que la resistencia de puesta a tierra es un indicador que limita directamente la máxima elevación de potencial, pueden tomarse como referencia los valores máximos de la Tabla 15.4, adoptados de las normas técnicas **IEC 60364-4-442**, **ANSI/IEEE 80**, **NTC 2050** y **NTC 4552**. El cumplimiento de estos valores, no exonera al diseñador y constructor de garantizar que las tensiones de paso, contacto y transferidas aplicadas al ser humano en caso de una falla a tierra, no superen las máximas permitidas.

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 Ω
Subestaciones de media tensión.	10 Ω
Protección contra rayos.	10 Ω
Punto neutro de acometida en baja tensión.	25 Ω
Redes para equipos electrónicos o sensibles	10 Ω

Tabla 15.4. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra

10.2 Valores de Diseño Vs Valores Reales

The following tabulation from Kinyon [B96] offers some idea of how the calculated and actual measured resistance for five different substations compare. Equation (56) was used to compute the grid resistance. See Table 9.

Table 9—Typical grid resistances

Parameter soil texture	Sub 1 sand and gravel	Sub 2 sandy loam	Sub 3 sand and clay	Sub 4 sand and gravel	Sub 5 soil and clay
Resistivity (Ω -m)	2000	800	200	1300	28.0
Grid area (ft^2)	15 159	60 939	18 849	15 759	61 479
Buried length (ft)	3120	9500	1775	3820	3000
R_g (calculated Ω)	25.7	4.97	2.55	16.15	0.19
R_g (measured Ω)	39.0	4.10	3.65	18.20	0.21

An average value of all measured resistivity values is frequently substituted for the uniform soil resistivity in Equation (56). If this average resistivity is used, Equation (56) usually produces a resistance that is higher than the value that would result from a direct resistance measurement. The calculated and measured resistance values shown in Table 9 do not reflect this trend, because Kinyon [B96] based his calculations on the “... lowest average value of resistivity measured on the site.” Readers are referred to Kinyon [B96] for further discussion on his choice of resistivity values used in Table 9.

10.3 Resistividad del suelo

4.1.4 Resistivity of soils

It is *strongly* recommended that the resistivity of the earth at the desired location of the connection be investigated. The resistivity of soils varies with the depth from the surface, the type and concentration of soluble chemicals in the soil, the moisture content, and the soil temperature. In other words, the resistivity is that of the electrolyte in the soil. The presence of surface water does not necessarily indicate low resistivity. Representative values of resistivity for general types of soils are given in Table 4-2 (see Cully, Jacoditis, and Middleton). The effects of moisture and temperature are shown in Table 4-3 (see Telford et al.) and Table 4-4 (see IEEE Std 81™).

IEEE 81

NORMA
INTERNACIONAL

¿Que dice la norma?

1. La resistividad del Suelo en el sitio de implantación debe ser medida.
2. La resistividad del suelo varia con: la profundidad, el tipo y concentración de químicos solubles en el suelo, el contenido de humedad, y la temperatura del suelo.

IEEE 80 y IEEE 81

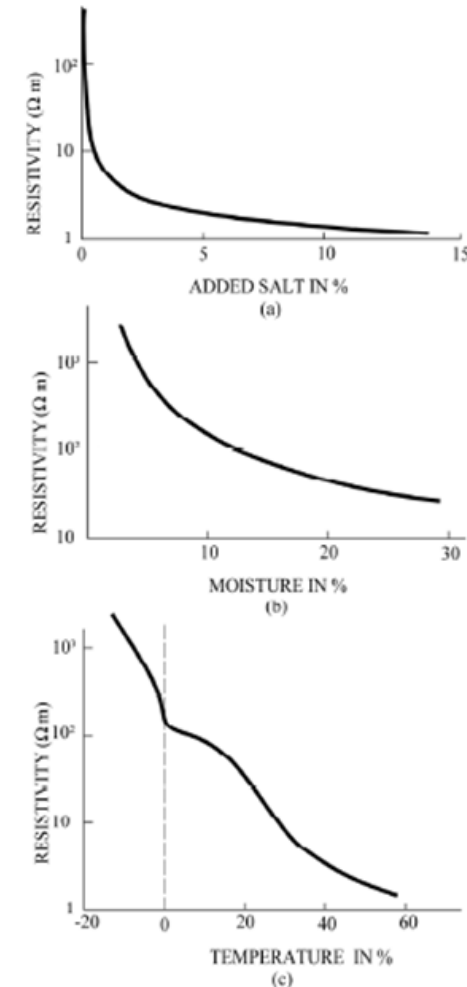


Figure 1 —Earth resistivity variations (Rudenberg [B55]):
(a) salt, (b) moisture, and (c) temperature

- [1] IEEE 81-2012 IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System.
- [2] IEEE 80-2013 IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding
- [3] CIGRE TB 290 A.C. Corrosion on Metallic Pipelines due to Interference from A.C. Power Lines
- [4] <https://www.gedisa.com.ve/Catalogo2022/Manual%20completo%20GEDIWELD%202022.pdf>
- [5] Catalogo producto KKK, <https://www.kkk.es/descargas/>
- [6] Catalogo Burndy <https://www.krimp-dsm.com/wp-content/uploads/2015/06/E1-E96-Grounding.pdf>
- [7] NFPA 70. National Electrical Code
- [8] IEEE 367-2012 Recommended Practice for Determining the Electric Power Station Ground Potential Rise and Induced Voltage from a Power Fault
- [9] RETIE https://www.minenergia.gov.co/documents/3809/Anexo_General_del_RETIE_vigente_actualizado_a_2015-1.pdf



GRACIAS

Contacto:

ingeniería@electroenergyc.com

www.electroenergyc.com



<https://www.facebook.com/groups/885477944863659>



[Cursos ElectroEnergy – YouTube](https://www.youtube.com/CursosElectroEnergy)



<https://www.instagram.com/electroenergyc/>



<https://t.me/joinchat/Gqb4Oio7IOHg0Uyo>