



# PROYECTO FINAL DE GRADO

DIAGNOSTICO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EXISTENTE EN EL LABORATORIO DEL CENTRO DE METROLOGÍA DEL EJÉRCITO ECUATORIANO

JAIME PILLAJO



## PUESTA A TIERRA

- Una instalación de puesta a tierra está formada por uno o varios conductores metálicos (electrodos) unidos entre sí, enterrados en contacto directo con el terreno y conectados con la instalación eléctrica a través de la línea de tierra de manera que se posibilite el paso, al y desde el terreno, de corrientes con diferentes orígenes, tales como desequilibrios eléctricos, sobretensiones de origen atmosférico, sobretensiones de maniobra o cargas estáticas, produciéndose en el terreno distribuciones de potencial que pueden afectar a la seguridad de las personas y bienes



## TIPOS DE SISTEMAS

- Sistema de varilla "Cooper Well"
- Sistema de plancha
- Sistema de red o malla
- Jaula de Faraday

## MATERIALES

- Conductores
- Varillas (Cooper Well)

# CONDUCTIVIDAD DE LOS MATERIALES

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD (%)	T <sub>m</sub> (°C)	K <sub>F</sub>
Cobre blando	100	1083	7
Cobre duro cuando se utiliza soldadura exotérmica.	97	1084	7,06
Cobre duro cuando se utiliza conector mecánico.	97	250	11,78
Alambre de acero recubierto de cobre	40	1084	10,45
Alambre de acero recubierto de cobre	30	1084	14,64
Varilla de acero recubierta de cobre	20	1084	14,64
Aluminio grado EC	61	657	12,12
Aleación de aluminio 5005	53,5	652	12,41
Aleación de aluminio 6201	52,5	654	12,47
Alambre de acero recubierto de aluminio	20,3	657	17,2
Acero 1020	10,8	1510	15,95
Varilla de acero recubierta en acero inoxidable	9,8	1400	14,72
Varilla de acero con baño de cinc (galvanizado)	8,5	419	28,96
Acero inoxidable 304	2,4	1400	30,05

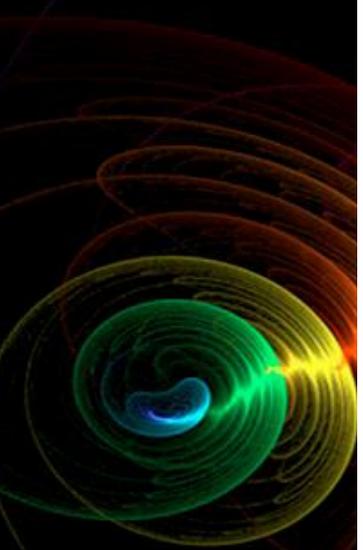
# CONDUCTORES

## Calibre mínimo del conductor de continuidad de tierra para ducterías y equipos (Norma NTC 2050, tabla 250-95)

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes del equipo, tubos conduit, etc. (Amperios)	Sección transversal	
	Conductor de cobre N°	
	<i>mm</i> <sup>2</sup>	AWG
15	2.08	14
20	3.3	12
30	5.25	10
40	5.25	10
60	5.25	10
100	8.36	8
200	13.29	6
300	21.19	4
400	26.66	3
500	33.62	2
600	42.20	1
800	53.50	1/0
1000	67.44	2/0
1200	85.02	3/0
1600	107.21	4/0

# VALORES DE RESISTITIDAD DEL TERRENO

Naturaleza del terreno	Resistividad en Ohmios · metro
Pantanosos	Menor de 30
Limo	20 a 100
Humos	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.000
Suelo pedregoso desnudo	1.500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

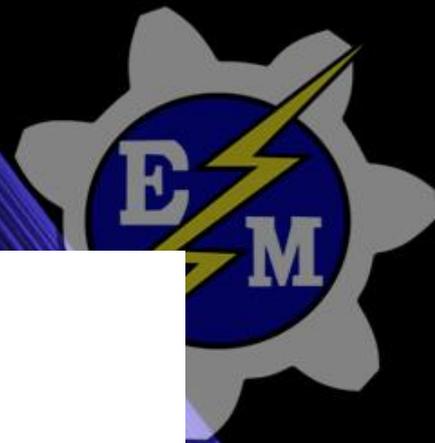




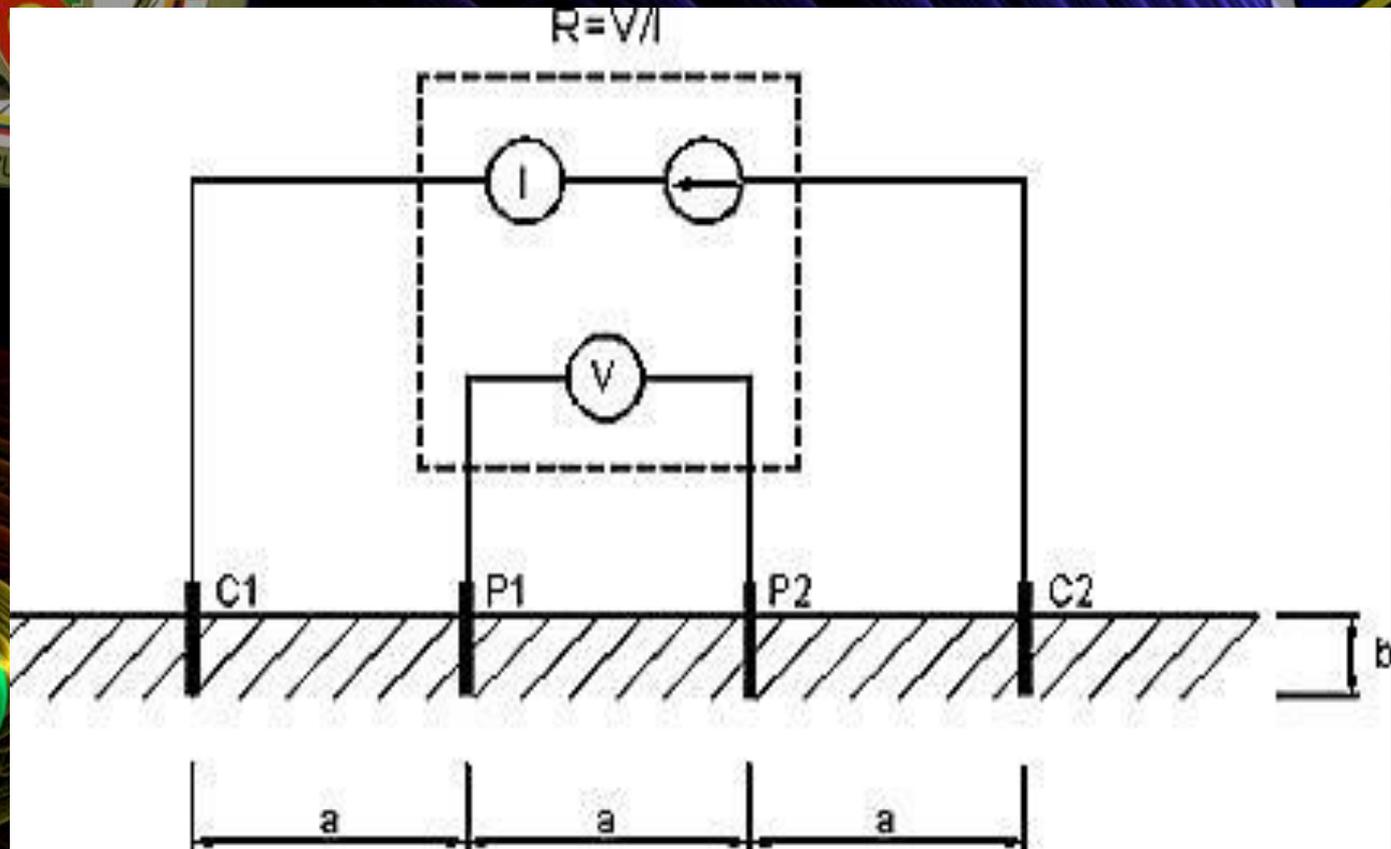
# FACTORES QUE INFLUYEN



- La composición.
- Las sales solubles y su concentración.
- El estado higrométrico.
- La temperatura.
- La granulometría.
- La compacidad.



# METODO WENNER



$$\rho = 2\pi a R$$

$$b \ll a$$



## METODO DE LA PINZA

Este método de medida es innovador y único. Ofrece la habilidad de medir la resistencia sin desconectar la toma de tierra. Este tipo de medida también ofrece la ventaja de incluir las resistencias de enlace con la tierra y de conexión de toma de tierra total.



## Datos de campo del Transformador:

- $P = 127 \text{ KVA}$
- $V_{L-L \text{ en AV}} = 23 \text{ KV}$
- $V_{L-L \text{ en BV}} = 220 \text{ V}$
- $Z = 4\%$

## Datos para la malla:

- $\rho = 76,84 \Omega\text{-m}$
- $A = 6 \times 6 \text{ m.}$
- $h = 0,5 \text{ m.}$
- $t_s = 0.5 \text{ seg.}$



## ***PORCENTAJE DE REDUCCION***

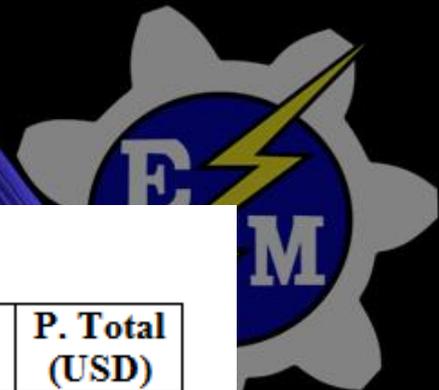
<b>RESISTENCIA INICIAL EN <math>\Omega</math></b>	<b>% DE REDUCCIÓN</b>	<b>RESISTENCIA FINAL EN <math>\Omega</math></b>
600	95	30
300	85	45
100	70	30
50	60	20
20	50	10
10	40	6



## **SUELDA EXOTÉRMICA.**

El proceso de la soldadura exotérmica es un método de hacer conexiones eléctricas de cobre a cobre o de cobre a acero sin requerir ninguna fuente exterior de calor o de energía.

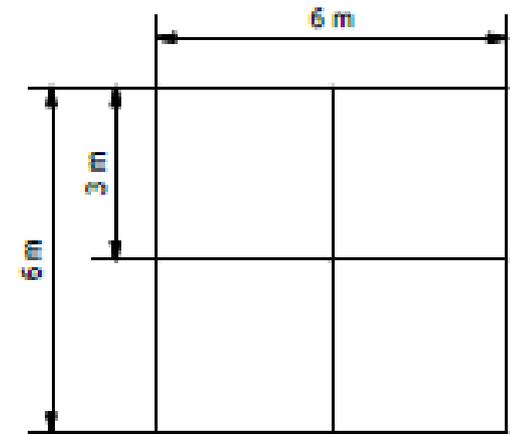
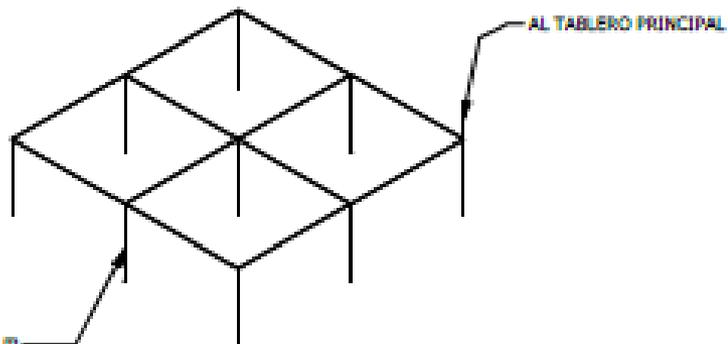




**Tabla 13.- Rubros de la instalación.**

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario (USD)</b>	<b>P. Total (USD)</b>
<b>Materiales</b>				
Cable de cobre desnudo semiduro #2 AWG 7 hilos	m	53	6,843	362,68
Varillas de <u>cooper well</u> de 1,8 m. de longitud	u	9	7,48	67,32
Caja de revisión (0.35x0.35x1)	m <sup>3</sup>	1	40	40
Punto de suelda exotérmica	u	9	25	225
Compuesto de aterramiento	dosis	7	28,94	202,58
Carbón vegetal	m <sup>3</sup>	1,5	39	58,5
Conexión al tablero	u	1	50	50
<b>Mano de obra</b>				
Instalación del sistema	-	1	600	800
Mediciones del sistema	-	1	200	200
<b>Subtotal:</b>				<b>2006,08</b>
<b>12%</b>				<b>140,72</b>
<b>Total:</b>				<b>2246,80</b>

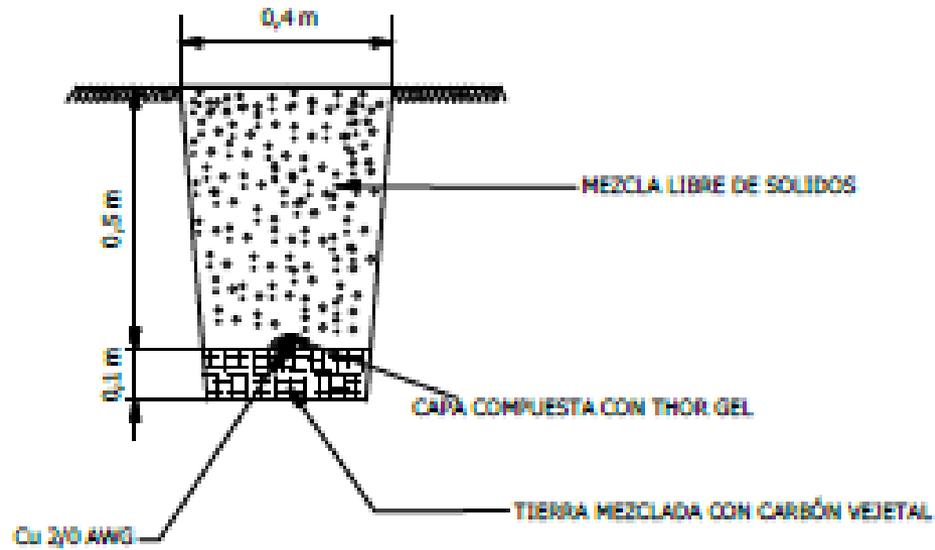
MALLA DE 6 x 6 CON 9 ELECTRODOS A TIERRA



DETALLE DE LA MALLA

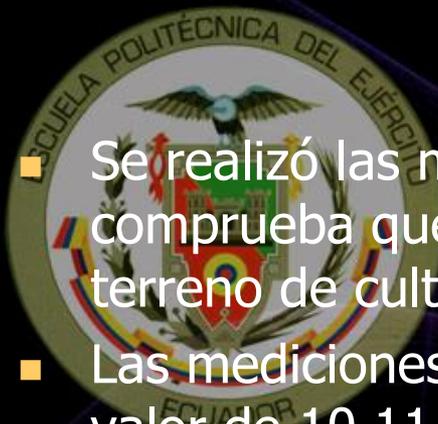


### DETALLE CONSTRUCCIÓN MALLA



# CONCLUSIONES

- Se realizó las mediciones de las tierras a campo abierto y se comprueba que la resistividad es de  $76,84 \Omega\text{-m}$  que corresponde a un terreno de cultivo.
- Las mediciones efectuadas en el CMEE. Dieron como resultado un valor de  $10,11 \Omega$ , valor que se encuentra por encima del recomendado para este tipo de instalaciones, y que debe ser menor a  $5 \Omega$
- El método para el mejoramiento de la resistencia de puesta a tierra, es la instalación de una malla a tierra de  $6 \times 6$  con 9 varillas de Copper Wall de 1,8m de longitud unidas a la malla con suelda exotérmica y enterrada a 0,5m de profundidad, con un tratamiento de relleno del suelo, para así de esta manera obtener una resistencia inferior a  $5\Omega$ .
- Las disposiciones recomendadas en la propuesta, son analizadas bajo las normas vigentes de sistemas de puesta a tierra nacional, NEC-10 Normas Ecuatorianas de Construcción, Normas INEN e internacional como las IEEE 80-2000, IEEE Std 81-1962, IEEE Std 141-1986, IEEE Std 1100-2005.





GRACIAS