

## **CALCULO DEL SISTEMA DE TIERRAS PARA CONTROL**

REV. No.:	NOMBRE:		BO.VO:	FECHA:

**No. Proy:** 00-00-37  
**Depto:** Eléctrico  
**Elaboró** A. Higuareda  
**Revisó**  
**Aprobó**  
**Fecha:**

### CALCULO DEL SISTEMA DE TIERRAS PARA CONTROL.

EL PROCEDIMIENTO DE CALCULO PARA OBTENER LA RESISTENCIA DEL SISTEMA SE BASA EN LOS DISTINTOS METODOS DE CALCULO PRESENTADOS POR LA IEEE STD-142, "FORMULAS PARA CALCULAR LA RESISTENCIA A TIERRA (ANEXO)".

PARTIENDO DE LOS SIGUIENTES DATOS:

	ρ	98 OHMS/MT	
	L VARILLA	3.05 MTS	
	RØ VARILLA	0.008 MTS	
Separacion entre varillas		10 MTS	3
	RØ CABLE	0.007 MTS	
	Profundidad	0.3 MTS	
	L CABLE	50 MTS	16.1845971
	Largo de brazo	10 MTS	
	Diametro del anillo	20 MTS	

RADIOS DE CABLES		
1/0	2/0	4/0
0.0046	0.00515	0.0065

Para una sola varilla (pica) clavada en el terreno:

$$R = 32.37$$

Para 2 varillas clavadas con una separacion entre si mayor que su longitud:

$$R = 16.97$$

Para 2 varillas clavadas con una separacion entre si menor que su longitud:

$$R = 18.32$$

Para cable directamente enterrado horizontalmente en el terreno.:

$$R = 2.31$$

Para estrella de tres puntos:

$$R = 245.36$$

Para estrella de 4 puntas:

$$R = 184.73$$

Para estrella de 6 puntas:

$$R = 124.16$$

Para estrella de 8 puntas:

$$R = 93.91$$

Para un anillo:

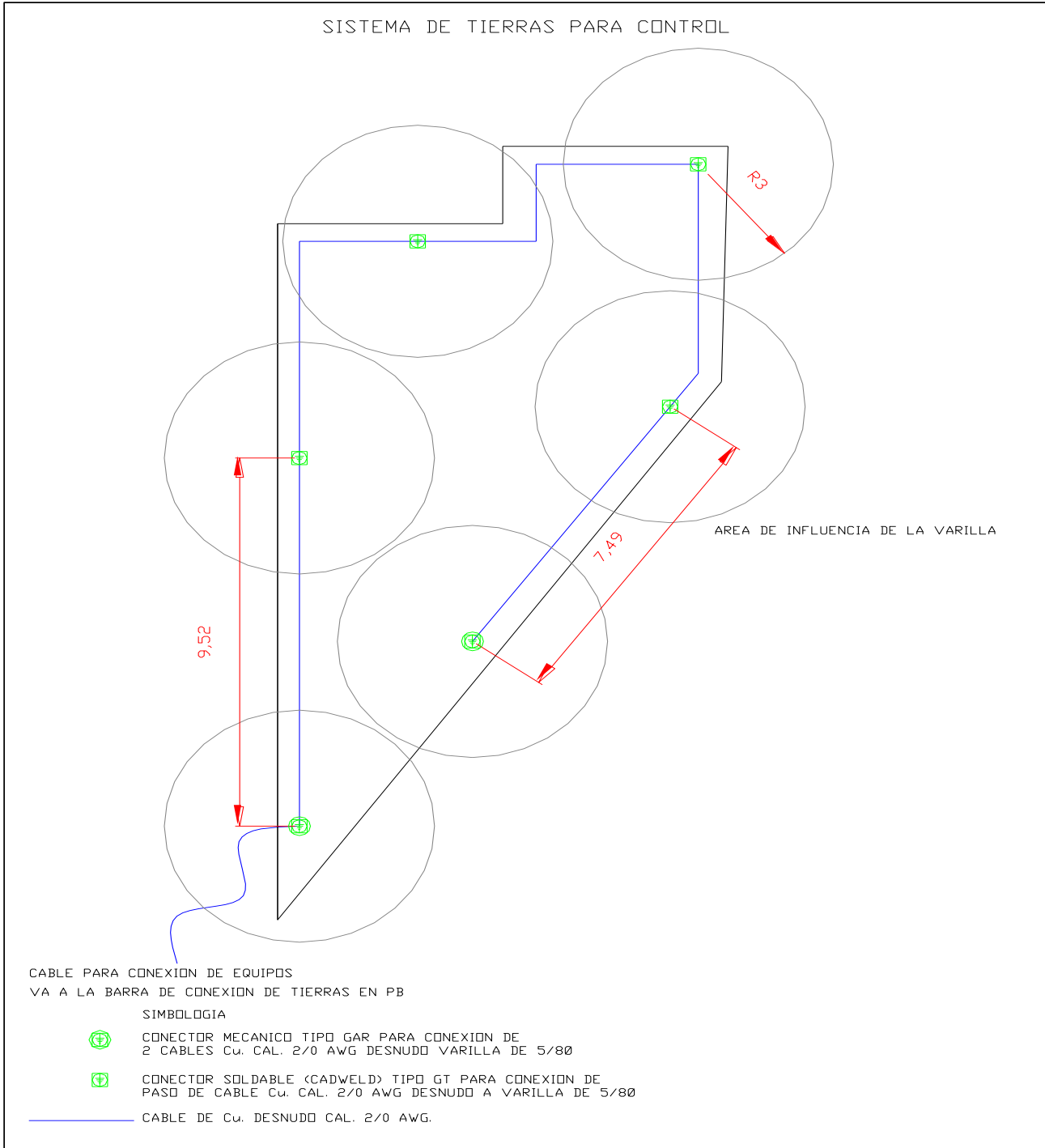
$$R = 100.54$$

Para una malla:

Ya que el sistema de cálculo para mallas se basa en (según Laurent Niemman) el area de una circunferencia igual al de la malla se considera igual que el cálculo realizado para un anillo.

**No. Proy:** 00-00-37  
**Depto:** Eléctrico  
**Elaboró** A. Higuera  
**Revisó**  
**Aprobó**  
**Fecha:**

Dado que el sistema de tierras de referencia para la instalaciones de control debe tener una muy baja resistencia y al elevado valor de resistividad del terreno (110 ohms/mt) se seleccionó el arreglo físico del conductor directamente enterrado en forma horizontal que tiene una resistividad calculada de: 2.38 ohms, reforzándose el sistema con 6 barras (picas) tipo cooper weld enterradas, 4 con conexiones soldables y en los extremos con conectores mecánicos según el siguiente arreglo:



**No. Proy:** 00-00-37  
**Depto:** Eléctrico  
**Elaboró** A. Higuera  
**Revisó**  
**Aprobó**  
**Fecha:**

Notas y consideraciones:

El presente cálculo se realizó de acuerdo a la NOM-001-SEDE-2005 y al STD-142 de la IEEE (anexo)

Todos los conectores soldables a utilizar serán de la marca CADWELD o THERMOWELD.

En todo momento se deberá seguir lo indicado en el art. 250 de la NOM-001-SEDE-2005

El cable desnudo será directamente enterrado al piso a una profundidad de 0.80 mts

Todos los conectores mecánicos a utilizar serán de la marca BURNDY

El presente sistema de tierras para control deberá conectarse al sistema de tierras general de la planta y a los demás sistemas de tierras.

En todo momento se deberá mantener una distancia entre electrodos según dibujo anexo.

Las varillas serán Cooper weld de acero revestido de cobre electrolíticamente puro.

La resistividad del terreno se determinó en base a las mediciones realizadas el ..... y al documento relativo a la resistividad del terreno fechado el ..... por el Ing. ....

La primera varilla (con conector mecánico) deberá quedar registrable para futuras mediciones con tapa de concreto pintada color verde y marcada de acuerdo al art.250-119 de la NOM.

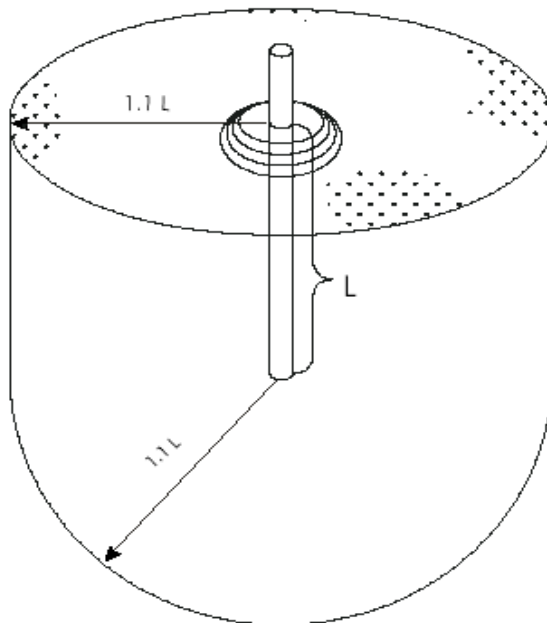







Figure 6: The interfacing hemisphere

No. Proy: 00-00-37  
 Depto: Eléctrico  
 Elaboró: A. Higuera  
 Revisó:  
 Aprobó:  
 Fecha:

Table 13—Formulas for the Calculation of Resistances to Ground

	Hemisphere radius $a$	$R = \frac{\rho}{2\pi a}$
•	One ground rod length $L$ , radius $a$	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$
• •	Two ground rods $s > L$ ; spacing $s$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left( 1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4} \dots \right)$
• •	Two ground rods $s < L$ ; spacing $s$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
—	Buried horizontal wire length $2L$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
L	Right-angle turn of wire length of arm $L$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 0.2373 + 0.2146 \frac{s}{L} + 0.1035 \frac{s^2}{L^2} - 0.0424 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
	Three-point star length of arm $L$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{6\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 1.071 - 0.209 \frac{s}{L} + 0.238 \frac{s^2}{L^2} - 0.054 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
+	Four-point star length of arm $L$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 2.912 - 1.071 \frac{s}{L} + 0.645 \frac{s^2}{L^2} - 0.145 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
	Six-point star length of arm $L$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{12\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 6.851 - 3.128 \frac{s}{L} + 1.758 \frac{s^2}{L^2} - 0.490 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
	Eight-point star length of arm $L$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{16\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 10.98 - 5.51 \frac{s}{L} + 3.26 \frac{s^2}{L^2} - 1.17 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
○	Ring of wire diameter of ring $D$ , diameter of wire $d$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \left( \ln \frac{8D}{d} + \ln \frac{4D}{s} \right)$
—	Buried horizontal strip length $2L$ , section $a$ by $b$ , depth $s/2$ , $b < a/8$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} + \frac{a^2 - \pi ab}{2(a+b)^2} + \ln \frac{4L}{s} - 1 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
	Buried horizontal round plate radius $a$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s} \left( 1 - \frac{7}{12} \frac{a^2}{s^2} + \frac{33}{40} \frac{a^4}{s^4} \dots \right)$
	Buried vertical round plate radius $a$ , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s} \left( 1 + \frac{7}{24} \frac{a^2}{s^2} + \frac{99}{320} \frac{a^4}{s^4} \dots \right)$

\*See Reference [16].

†Approximate formulas, including effects of images. Dimensions must be in centimeters to give resistance in ohms.

$\rho$  = resistivity of earth in ohm-centimeters.

For 10 ft (3 m) rods of 1/2, 5/8, and 3/4 in (12.7, 15.88, and 19.05 mm) diameters, the grounding resistance may be quickly determined by dividing the soil resistivity  $\rho$ ,  $\Omega$ -cm, by 288, 298, and 307, respectively.