

INFORME TÉCNICO DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL Y CÁLCULO MALLA DE B.T. Y COMPUTACION

OBRA : **CESFAM VILLA ALEGRE TEMUCO.**
DIRECCIÓN : **ARGENTINA N° 0875, COMUNA DE VILLA ALEGRE
REGIÓN DE LA ARAUCANIA.**
POTENCIA TOTAL : **400 KVA.**

VICENTE GUAJARDO AGUIRRE
Ing. Ejec. Electricista

VICENTE GUAJARDO A.
ING. EJEC. ELECTRICISTA
AUT. S.E.C. CLASE "A"

1.- CONTENIDO

- DATOS GENERALES.
- NORMAS Y ESTÁNDARES.
- DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO EMPLEADO.
- CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.
- TABLA DE VALORES OBTENIDOS EN TERRENO.
- INTERPRETACIÓN DE CURVA GEOLECTRICA.
- GRÁFICO DE COMPARACIÓN ENTRE CURVA PATRÓN Y DE TERRENO.
- CURVA MOONEY-ORELLANA.

DATOS GENERALES

CALCULISTA : VICENTE GUAJARDO AGUIRRE.
LIC. S.E.C.6.229.254-7 (A)

SONDEADO : CLAUDIO RAMIREZ SEPULVEDA.

CÁLCULO : KARLA VÁSQUEZ BALTIERRA.
kvasquezb@gelchile.cl

ESTADO DEL TIEMPO : NUBLADO.

TEMPERATURA AMB. : 10 ° C.

FECHA DE SONDEO : 25 DE JULIO DE 2020.

FECHA DE INFORME : 10 DE AGOSTO DE 2020.

CONTACTO : PEDRO QUINTANILLA.

SOLICITANTE : INGENEL INGENIERIA ELECTRICA.

NORMAS Y ESTÁNDARES

NCH ELEC. 4/2003 Instalaciones de consumo en Baja Tensión (CHILE).

NSEG 5 E.n. 7 Superintendencia de Electricidad y Combustibles (CHILE).

INN Instituto Nacional de Normalización (CHILE).

IEEE 80 Guía de Seguridad para Puesta a Tierra de Subestaciones de Corriente Alterna (USA).

IEEE Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (USA).

IEEE 81 Mediciones de Puestas a Tierra (USA).

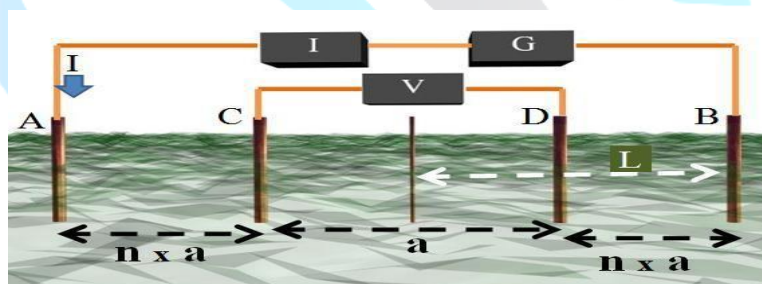
DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO EMPLEADO

Se empleó método de los cuatro (4) electrodos, en configuración de **SCHLUMBERGER**.

A_i : Separación del estrados fijos.

$D_{i/2}$: Distancia entre electrodo móvil y eje de medida (mts.)

$N_i * A_i$: Distancia entre electrodos móvil y fijo (mts.).



DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO



Modelo AEMC 6471 multifunción probador de resistencia de tierra es un instrumento de medición portátil diseñado para medir: la resistencia de tierra con 2 pinzas (sin barras auxiliares), vínculo/conexión de la resistencia (de 2 polos y 4 polos detección Kelvin), la resistencia del terreno (3 polos o 4 polos), la resistencia a tierra el acoplamiento y la resistencia de tierra selectiva, y la resistividad del terreno (Wenner o método de Schlumberger).

El modelo 6471 de AEMC medidas de 0,01 a 99,99 Ω y se escala automática, buscando automáticamente el rango de medición óptima, la frecuencia y la prueba actual. También es muy fácil de usar. Sólo tienes que conectar los cables, seleccionar el modo de prueba, pulse en "Inicio" y lea los resultados. Hasta 512 resultados de la prueba pueden ser almacenados en la memoria interna para su posterior recuperación a la pantalla o descargados a un PC mediante el software Data View.

El modelo 6471 de AEMC probador de resistencia se CATIV nominal de 50 V y está protegido contra sobre tensión es a más de 250 V de CA contra la conexión accidental a circuitos. La tensión también se muestra en la pantalla. En el caso de un fallo del sistema, el modelo 6471 puede soportar 250 V CA.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Centro de Instrumentación y Desarrollo Electrónico
Laboratorio de Calibración Magnitudes Eléctricas



SISTEMA NACIONAL
DE ACREDITACIÓN

Acreditación LC 067



FO-SC-17 v03

Certificado de Calibración : CCE 364-2020 Fecha de Emisión: 01 de MARZO de 2020 Página 1 de 5

Cliente : CLAUDIO MITCHEL RAMIREZ SEPULVEDA
Dirección : LAS ARTES N°1012, MAIPU - SANTIAGO
Descripción del ítem : MEDIDOR DE RESISTENCIA DE TIERRA
Marca : AEMC
Modelo : 6471
Serie / Código : 236598HHDV

Patrón utilizado	DÉCADA	DÉCADA	MULTÍMETRO DIGITAL
Marca	IET	IET	AGILENT
Modelo	RS-201W-2W	RS-RTD	34410A
Serie	D2-01221808	D2-01221807	MY45002261
Próxima calibración patrón	Agosto 2020	Agosto 2020	Agosto 2020
Certificado emitido por	CIDE USACH	CIDE USACH	CIDE USACH
Trazabilidad	LCPN-ME (UdeC)	LCPN-ME (UdeC)	LCPN-ME (UdeC)

Lugar de la calibración : CIDE-USACH, Alameda N° 3363, Estación Central - Santiago
Condiciones ambientales : $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ / $(45 \pm 25) \% \text{HR}$
Método de calibración : Comparación directa con patrones de referencia, según procedimiento PR-CA-31 v01
Fecha de calibración : 01 de MARZO de 2020

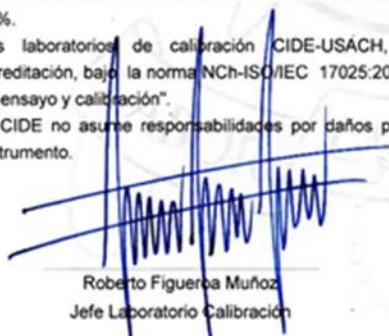
Los resultados expresados en el presente certificado de calibración son válidos solo para el instrumento identificado y para las condiciones establecidas en el momento de la calibración y que son documentadas en el presente certificado de calibración.

Los patrones utilizados en la presente calibración son trazables a patrones nacionales o internacionales, de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades SI.

La incertidumbre informada ha sido estimada multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. El valor del mensurando se encuentra dentro del intervalo indicado de valores con una probabilidad del 95%.

Los laboratorios de calibración CIDE-USACH, se encuentran acreditados por el Sistema Nacional de Acreditación, bajo la norma NCh-ISO/IEC 17025:2017 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración".

El CIDE no asume responsabilidades por daños posteriores a la calibración, ocasionados por el mal empleo del instrumento.



Roberto Figueroa Muñoz
Jefe Laboratorio Calibración



Flavio Torres Yáñez
Responsable Técnico

TABLA DE VALORES

Med. Nro.	a	N*A	Di/2	R	Ro
1	1	0,50	1,00	36,78	86,661
2	1	1,00	1,50	18,77	117,935
3	1	1,50	2,00	9,63	113,451
4	1	2,50	3,00	4,14	113,804
5	1	3,50	4,00	2,28	112,815
6	1	4,50	5,00	1,41	109,634
7	1	5,50	6,00	0,97	108,943
8	1	7,50	8,00	0,50	100,138
9	1	9,50	10,00	0,32	100,280
10	1	11,50	12,00	0,23	103,869
11	1	14,50	15,00	0,16	112,972
12	1	19,50	20,00	0,10	125,585
13	1	24,50	25,00	0,07	137,390
14	1	29,50	30,00	0,04	113,066

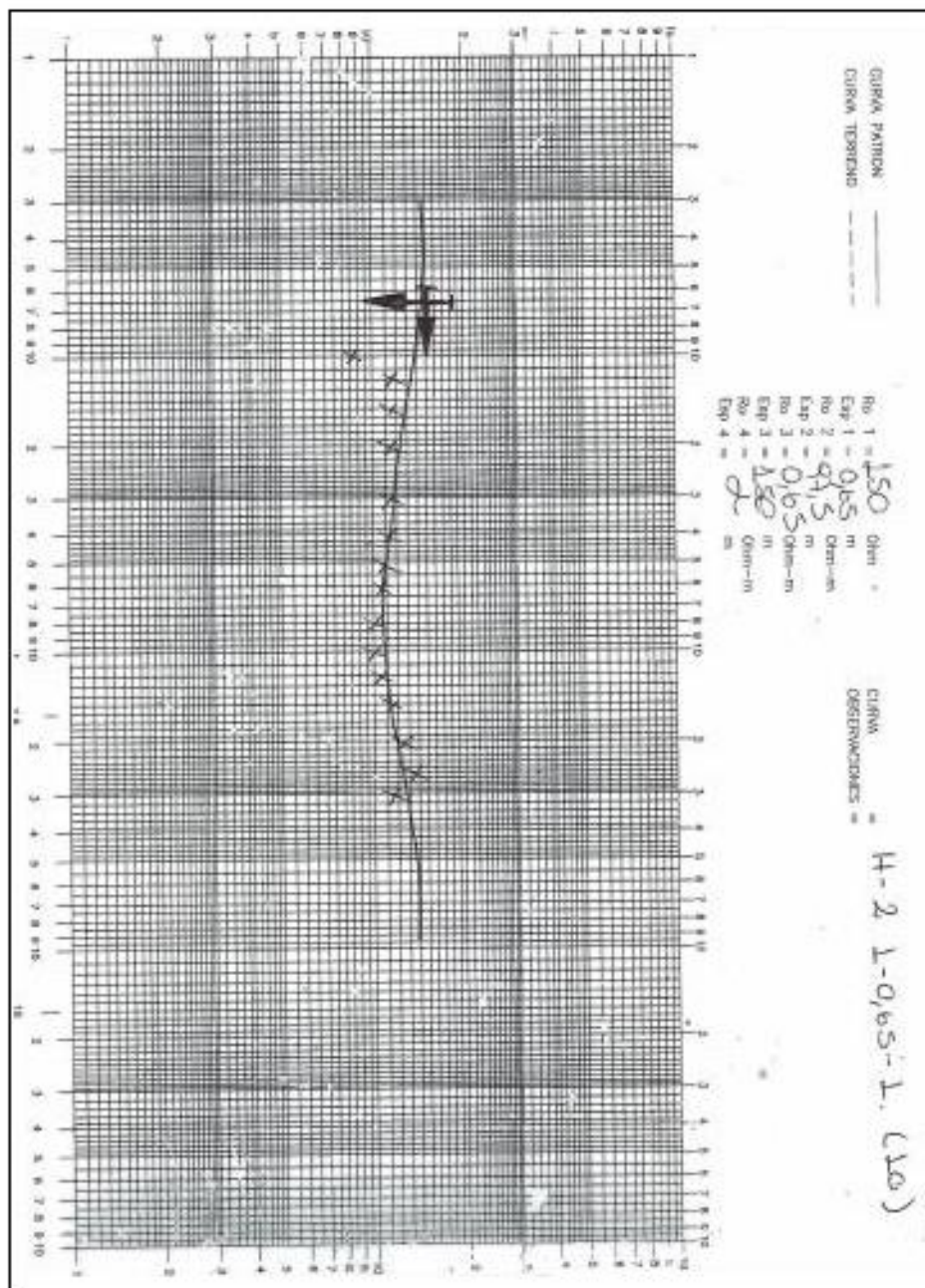
$$\text{Rho} = \pi \times n \times (n + 1) \times a \times R$$

INTERPRETACION DE LA CURVA GEOELECTRICA

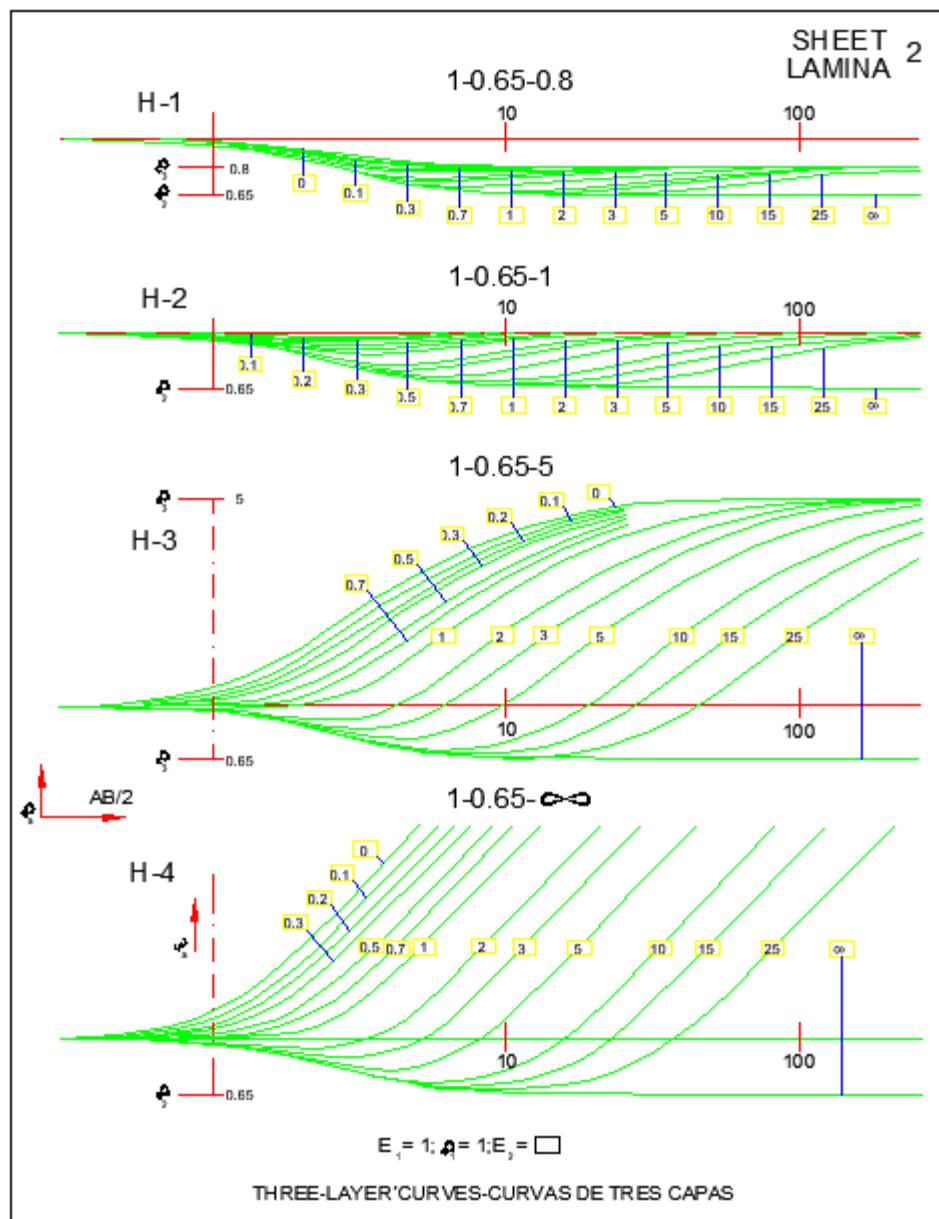
Del análisis comparativo entre las Curvas Patrones de MOONEY-ORELLANA y curva de terreno se obtiene como resultado la siguiente configuración Geo-eléctrica.

CONFIGURACION	H-2	1-0,65-5	C A P A S (1 0)
CAPA Nro. 1:	Resistividad	= 150.00 [OHM*MTR]	
	Profundidad	= 0.65 [MTR]	
CAPA Nro. 2:	Resistividad	= 97.50 [OHM*MTR]	
	Profundidad	= 0.65 [MTR]	
CAPA Nro. 3:	Resistividad	= 150.00 [OHM*MTR]	
	Profundidad	= INFINI [MTR]	

GRAFICO DE COMPARACION ENTRE CURVA PATRON Y DE TERRENO



CURVA MOONEY-ORELLANA



2.- CONTENIDO:

- ANTECEDENTES.
- CÁLCULO DE LA SECCIÓN MINIMA DEL CONDUCTOR.
- CÁLCULO DEL RO-EQUIVALENTE.
- CÁLCULO DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA.
- MEJORAMIENTO DE TERRENO.
- CONCLUSIÓN.
- ESQUEMA DE MALLA.
- REGISTRÓ FOTOGRÁFICO.

MEMORIA DE CÁLCULO PARA MALLA TIERRA DE B.T. Y COMPUTACION

(PROTECCIÓN Y SERVICIO)

ANTECEDENTES.

En el cálculo de la malla de tierra para B.T. y COMPUTACION. De Protección y Servicio, para la instalación eléctrica, Ubicada en **ARGENTINA N° 0875, COMUNA DE VILLA ALEGRE- REGIÓN DE LA ARAUCANIA**. Se han considerado los antecedentes que se indican a continuación:

- 1.1. Medición de Resistividad de terreno y cálculo de puesta a tierra, realizada por el Ingeniero calculista. Según lo exigido por la SEC, cuyo informe técnico se inserta en Esta memoria.
- 1.2. Posibilidad real de construir un sistema de puesta a tierra, en el terreno disponible.
- 1.3. Valor de Resistencia de la puesta a tierra inferior a 5 Ohms.
Los valores de resistencia de las tierras de protección y de servicio están definidos En los puntos 9.2.7.4, de la [norma NCh Elec. 4/2003](#),
Complementado con las exigencias señaladas en los puntos 10.1.6.3. Y 10.1.6.2 de la referida norma.

2. MALLA DE TIERRA EN B.T. y COMPUTACION.

2.1. Malla calculada

Dadas las condiciones del terreno, se propone construir una malla rectangular reticulada de **14m x 6m**. Enterrada a 0,6m. de profundidad, de las siguientes características:

CÁLCULO DE LA SECCIÓN MÍNIMA DEL CONDUCTOR

El IEEE Std.80-1976, Guide for Safety in Substation Grounding, la norma aceptada por la industria eléctrica, usa la ecuación de **Onderdonk** como base para seleccionar el mínimo tamaño del conductor que se funda bajo condiciones de falla.

Para conductores de cobre esta ecuación es:

$$S_{MIN} = \frac{I_F}{1973 \times \sqrt{\frac{\log_{10} \left(\frac{T_m - T_A}{234 + T_A} + 1 \right)}{33 \times Top}}}$$

S = Sección del conductor en mm².

If = Intensidad máxima de cortocircuito que se espera alcance o recorra la toma de tierra
1367,409 Amp (Pot. Utilizada = 400 KVA.)

Top= Tiempo en segundos que dura la circulación de la intensidad anterior 0,3 Seg.

Tm = Temperatura máxima admisible en el conductor en ° C, por efectos de seguridad se
Consideran 450° C para mallas con uniones soldadas (Reacción Exotérmica).

T_A =Temperatura ambiente de 10° C.

Mínima Sección S/Onderdonk = 33,49 mm²

Considerando eventuales problemas de corte accidental por esfuerzo mecánico ante fallas;
la sección mínima que se deberá utilizarse es:

67,4 mm² - 2/0 AWG.

Diámetro del conductor = 0,00926 m.

Profundidad de enterramiento	=	0,6	m.
Superficie de la malla	=	84	m ²
Largo del conductor	=	104	m.
Tipo de Unión		EXOTERMICA	
Cantidad de Barras	=	1	un.
Tiempo mínimo de operación	=	0,3	seg.
De la protección			
Lado mayor de la malla (A)	=	14	m.
Lado menor de la malla (B)	=	6	m.
Relación A/B	=	2,3	

2.2. Esquema de la malla

Ver hoja adjunta

La forma dispuesta de la malla en el terreno permite hacer la toma de tierra.

CÁLCULO DEL R0 - EQUIVALENTE

El valor de la resistividad equivalente, se determinará utilizando el método de Burgsdorf-Yacobs, el cual establece que el valor de la resistividad equivalente de un terreno (ρ_e) está dado por la siguiente expresión:

$$\rho_e = \frac{1}{\frac{1}{\rho_1} \times (F_1 - F_0) + \frac{1}{\rho_2} \times (F_2 - F_1) + \frac{1}{\rho_3} \times (F_3 - F_2)} \quad (\Omega - m)$$

El área o superficie encerrada por un perímetro de la malla, que corresponde a un círculo de radio r , y el valor que se calcula mediante la expresión:

Radio equivalente de la malla:

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

Donde:

- r : Radio medio o equivalente de la malla (m).
- s : Superficie de la puesta a tierra (m²)

Valores Intermedios Variable auxiliar r_0^2 y q_0^2 de la malla:

$$r_0^2 = (r)^2 - (h)^2 \quad q_0^2 = 2 \times r \times (r + h)$$

$$V_{(1)}^2 = \frac{1}{2} \times \left(u_{(1)} - \sqrt{(u_{(1)}^2)^2 - 4 \times q_0^2 \times r_0^2} \right)$$

$$V_{(2)}^2 = \frac{1}{2} \times \left(u_{(2)} - \sqrt{(u_{(2)}^2)^2 - 4 \times q_0^2 \times r_0^2} \right)$$

$$V_{(3)}^2 = \frac{1}{2} \times \left(u_{(3)} - \sqrt{(u_{(3)}^2)^2 - 4 \times q_0^2 \times r_0^2} \right)$$

PARA UN TERRENO DE TRES ESTRATOS, SE TIENE:

$$F_1 = \sqrt{1 - \frac{v^2(1)}{r^2(0)}}$$

$$F_2 = \sqrt{1 - \frac{v^2(2)}{r^2(0)}}$$

$$F_3 = \sqrt{1 - \frac{v^2(3)}{r^2(0)}}$$

Reemplazando los valores de las resistividades y profundidades de los estratos presentes, obtenidos mediante el estudio geo-eléctrico del suelo, la ecuación anteriormente descrita. Se obtiene el siguiente resultado:

Ro. Equiv. = 85,20 Ohms-m.

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

Resistencia de la Malla por el **Método de Schwarz**

Para el cálculo de la resistencia de la malla se establece que la resistencia de una malla rectangular (reticulada) se obtiene mediante las siguientes expresiones:

$$R_M = \frac{\rho_e}{\pi \times L} \times \left[\ln \left(\frac{2 \times L}{\sqrt{h \times d}} \right) + \frac{K_1 \times L}{\sqrt{S}} - K_2 \right] [\Omega]$$

Coeficientes de Irregularidad:

$$K_1 = 1,43 - \frac{2,3 \times h}{\sqrt{S}} - 0,044 \times \left[\frac{A}{B} \right]$$

$$K_2 = 5,5 - \frac{8 \times h}{\sqrt{S}} + \left\{ 0,15 - \frac{h}{\sqrt{S}} \right\} \times \left[\frac{A}{B} \right]$$

$$K_1 = 1,18$$

$$K_2 = 5,17$$

Donde:

- ρ_e Resistividad equivalente del terreno ($\Omega \cdot m$).
- L Largo total del conductor de la malla (m)
- h Profundidad de enterramiento de la malla (m)
- S Área total de la malla (m^2)
- A Lado mayor del reticulado (m)
- B Lado menor del reticulado (m)

Aplicando el cálculo para malla rectangular reticulada, se obtiene el siguiente valor:

Resistencia malla= 4,21 Ohms.

Luego se cumple lo establecido en el punto 1.3, en el cual la Resistencia de puesta a tierra debe ser inferior a 5 Ohms.

TOMA DE TIERRA

La toma de tierra para el sistema de Malla B.T. ejecutará en ducto y conductores, de acuerdo a la norma vigente, además se dejará camarilla de inspección.

MEJORAMIENTO DEL TERRENO

Se **debe** considerar para el mejoramiento del terreno la aplicación del siguiente compuesto Químico para la reducción de resistencia de puesta a tierra, se considera el aditivo.

POWER GEL O SIMILAR.

- El Aditivo se emplea de la siguiente manera.
- Cantidad de aditivo a utilizar **35** sacos.
- Se Considera 7Kg. de POWER GEL, por cada 3Mts. Lineales de conductor enterrado.
- Desarrolle excavación a 0.60 mts. de profundidad.
- Limpiar zanja de piedras y escombros.
- Instale el conductor dentro de la zanja bien enterrado.
- Aplique dosis ya mencionada de POWER GEL, sobre los electrodos.
- Agregué 20Lt. (aprox.) de agua por cada 7Kg. De POWER GEL, Aplicado.
- Deje reposar.
- Recubra malla con tierra libre de piedras y basura.
- La construcción de la malla de tierra debe ser cuidadosamente inspeccionada con el Objetivo de obtener los resultados expresados en esta memoria de cálculo.



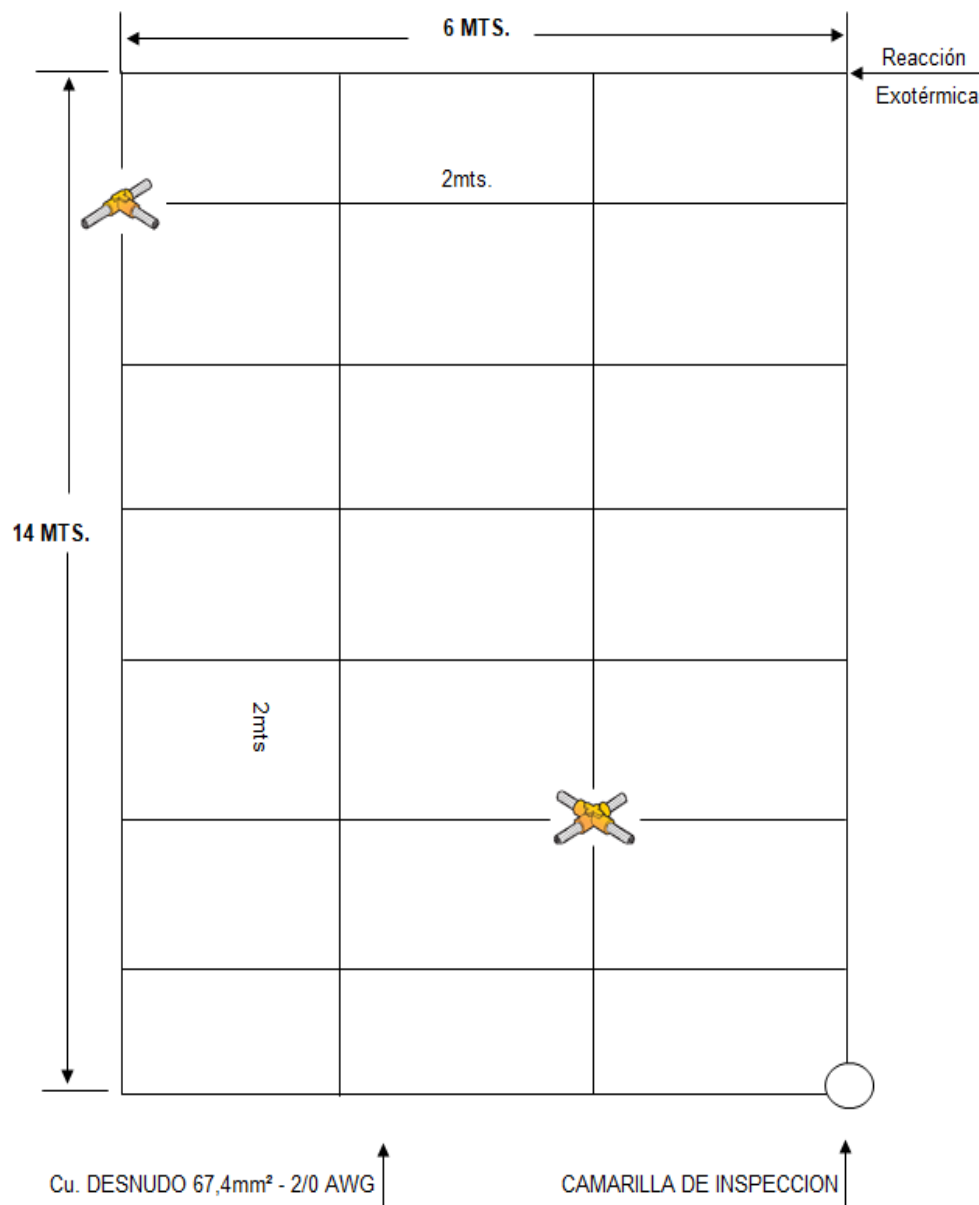
NOTA:

- Estos valores son teóricos en terreno pueden variar por lo tanto, se recomienda efectuar la malla de la forma indicada sin modificaciones de tamaño ni sección. Además, se debe realizar una Medición de Resistencia para verificar el valor obtenido.

CONCLUSIÓN:

Se determina, el análisis realizado a través de los cálculos interpretados en este informe, nos indica que el valor de resistencia del sistema de puesta a tierra propuesto es inferior al máximo permitido; por lo tanto, el diseño de la malla y su sección cumple con las condiciones exigidas por la normativa eléctrica vigente NCHec4/2003. Instalaciones de consumos en baja tensión.

ESQUEMA DE MALLA DE B.T. Y COMPUTACION



REGISTRÓ FOTOGRAFICO:



