



ANEXO 1

PARTE I

- I.1 INTRODUCCION
- I.2 CONSIDERACIONES TECNICAS

PARTE II

- II.1 CALCULO DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR DE LA REJILLA PARA TIERRA
- II.2 DETERMINACION DE LA CORRIENTE MAXIMA DE LA REJILLA IG
- II.3 DETERMINACION DE TENSION DE PASO Y TENSION DE CONTACTO MAXIMAS PERMISIBLES POR EL CUERPO HUMANO
- II.4 DISEÑO PRELIMINAR DE LA MALLA DE TIERRA
- II.5 ESTIMACION DE LA RESISTENCIA DE TIERRA PRELIMINAR EN EL SISTEMA DE TIERRAS
- II.6 CALCULO DE TENSION DE MALLA
- II.7 CALCULO DE TENSION DE PASO DE MALLA

PARTE III

- III.1 CONCLUSIONES

PARTE IV

- IV.1 BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

- I ESTUDIO DE RESISTIVIDAD
- I.1 CERTIFICADO DE CALIBRACION DEL EQUIPO
- II RESISTIVIDAD DE SUPERFICIES TIPICAS
- III ESPECIFICACIONES PARTICULARES
- IV FACTOR DE DIVISION DE CORRIENTE
- V PLANO DE RED DE TIERRAS

PARTE I

I.1 INTRODUCCION

El objetivo de la presente propuesta del sistema de tierras, es el de corroborar que los valores de los voltajes de paso y de contacto de malla para la subestación se encuentren dentro de los valores tolerables por el ser humano.

Una segunda intencion de este mismo estudio, es el de comprobar que los valores de resistencia Ohmica a tierra, sean inferiores a los valores máximos permitidos por la Comisión Federal de Electricidad y la Norma Oficial Mexicana vigente

El desarrollo de este estudio, está basado en las recomendaciones técnicas establecidas en el estándar No. 80-2000 de la IEEE y la especificación NRF-011-CFE (Sistema de tierra para plantas y subestaciones eléctricas

I.2 CONSIDERACIONES TECNICAS

Por medio de la mediciones del terreno (ANEXO I) estamos considerando la resistividad del terreno, de:

$$\rho = 62.71 \Omega\text{-m}$$

Para efectos de cálculo se utilizará una capa superficial de grava, de:

$$\rho_s = 5000 \Omega\text{-m} \quad \text{VER ANEXO II}$$

La corriente de Corto Circuito máxima en el sistema, de acuerdo a las especificaciones particulares de este proyecto:

$$I = 25 \text{ KA} \quad \text{VER ANEXO III}$$

PARTE II

II.1 CALCULO DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR DE LA REJILLA PARA TIERRA

$$A_{mm^2} = I \sqrt{\frac{TCAP}{t_c} \times \frac{X}{\sigma} \times \frac{0.0001}{\rho} \times LN \left(\frac{K_o}{K_o} + \frac{T_m}{T_a} \right)}$$

EC. 1 DE CFE NRF-011-CFE

- I_o = CORRIENTE RCM EN KA (DEBE CONSIDERARSE EL INCREMENTO DE ESTE VALOR A FUTURO) = **25.00** KA
- C_p = FACTOR DE PROYECCION QUE TOMA EN CUENTA LOS INCREMENTOS RELATIVOS A LO LARGO DE LA VIDA UTIL = **1.05**

I_f	=	CORRIENTE RCM EN KA (CONSIDERANDO EL INCREMENTO DE VALOR A FUTURO)	=	26.25 KA
T_m	=	TEMPERATURA MAXIMA PERMISIBLE EN °C	=	1,084.00 °C
T_a	=	TEMPERATURA AMBIENTE °C	=	36.00 °C
T_r	=	TEMPERATURA DE REFERENCIA PARA LAS CONSTANTES DEL MATERIAL EN °C	=	20.00 °C
α_0	=	COEFICIENTE TERMICO DE RESISTIVIDAD A 0°C EN 1/°C	=	0.00600 1/°C
α_r	=	COEFICIENTE TERMICO DE RESISTIVIDAD A LA TEMPERATURA DE REFERENCIA T_r EN 1/°C	=	0.00381 1/°C
ρ_f	=	RESISTIVIDAD DEL CONDUCTOR DE TIERRA A LA TEMPERATURA DE REFERENCIA T_r	=	1.78 $\mu\Omega\text{-cm}$
t_c	=	TIEMPO DE DURACION DE LA CORRIENTE EN SEGUNDOS	=	1.00 seg
TCAP	=	FACTOR DE CAPACIDAD TERMICA POR UNIDAD DE VOLUMEN	=	3.42 J/(cm ³ /°C)
K_o	=		=	242.00 °C

$A_{mm^2} = 93.52 \text{ mm}^2$ SECCION TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR

CALIBRE DEL CONDUCTOR = **4/0 AWG**

LO ANTERIOS NOS MUESTRA QUE BASTA UNA SECCION TRANSVERSAL DE 93.52 mm² QUE CUENTA CON LA SECCION SUFICIENTE PARA DRENAR A TIERRA LA CORRIENTE DE FALLA SIN QUE EXISTA DAÑO POR ELEVACION DE TEMPERATURA EN LOS CONDUCTORES SIEMPRE QUE LAS PROTECCIONES ELIMINEN LA FALLA EN UN TIEMPO NO MAYOR A 1 SEGUNDO

POR LO TANTO SE USARA UN CALIBRE **4/0 AWG** PARA LA MALLA PRINCIPAL (EL CUAL TIENE UNA SECCION TRANSVERSAL DE 107 mm²)

TABLA 1 - Constantes de materiales

Descripción	Conductividad del material (%)	Factor α a 20 °C	K_o al 0 °C (0 °C)	Temperatura de fusión T_m (°C)	ρ_r 20 °C ($\mu\Omega\text{-cm}$)	Factor de capacidad térmica por unidad de volumen (d) TCAP [J/(cm ³ ·°C)]
Cobre recocido suave – inmersión	100,0	0,00393	234	1083	1,72	3,42
Cobre comercial inmersión – dura	97,0	0,00381	242	1084	1,78	3,42
Cobre revestido alambre de acero	40,0	0,00378	245	1084	4,40	3,85
Cable revestido alambre de acero	30,0	0,00378	245	1084	5,86	3,85
Cable revestido barra de acero	20,0	0,00378	245	1084	8,62	3,85
Acero 1020	10,8	0,00160	605	1510	15,90	3,28
Acero revestido barra de acero	9,8	0,00160	605	1400	17,50	4,44
Zinc bañado barra de acero	8,6	0,00320	293	419	20,10	3,93
Acero inoxidable 304	2,4	0,00130	749	1400	72,00	4,03

TABLA 1 DE NRF-011-CFE

II.2 DETERMINACION DE LA CORRIENTE MAXIMA DE LA REJILLA I_G

$I_g = S_f \times I_f$ EC. 3 DE CFE NRF-011-CFE

$I_f = 3I_0$	EC. 4 DE CFE NRF-011-CFE
$S_f = I_g / 3I_0$	

$I_g = 12.60 \text{ KA}$ CORRIENTE SIMETRICA DE REJILLA

$I_G = D_f \times I_g$ EC. 5 DE CFE NRF-011-CFE

$D_f = \sqrt{1 + \frac{T_a}{T_f} \left[1 - e^{-\frac{-2f}{T_a}} \right]}$ EC. 6 DE CFE NRF-011-CFE

$D_f = 1.00$ FACTOR DE DECREMENTO PARA EL TIEMPO DE DURACION DE LA FALLA (t_c), QUE ESTA EN FUNCION DEL VALOR DE LA RELACION DE LA REACTANCIA (X) Y DE RESISTENCIA (R) EN EL PUNTO DE FALLA

$S_f = 0.48$	FACTOR DE DIVISION DE CORRIENTE QUE RELACIONA LA MAGNITUD DE LA CORRIENTE DE FALLA CON LA PARTE DE ESTA CORRIENTE QUE FLUYE DE LA REJILLA HACIA EL TERRENO	=	0.48	VER ANEXO IV.
$I_0 = 26.25$	CORRIENTE DE SECUENCIA CERO	=	26.25	KA
$t_f = 1.00$	DURACION DE LA FALLA	=	1.00	seg
$T_a = 20$	CONSTANTE DE TIEMPO SUBTRANSITORIA	=	20	seg

DEBIDO A QUE EL TIEMPO DE DURACION DE LA CORRIENTE ES IGUAL 1 s EL FACTOR DE DECREMENTO PUEDE DESPRECIARSE, ES DECIR D_f ES IGUAL A 1

$I_G = 12.60 \text{ KA}$ CORRIENTE MAXIMA DE REJILLA

TABLA 2 - Valores típicos de factor de decremento D_f

Duración de falla t_f		Factor de decremento D_f			
Segundos	Ciclos A 60 Hz	X/R = 10	X/R = 20	X/R = 30	X/R = 40
0,00833	0,5	1,576	1,648	1,675	1,688
0,05	3	1,232	1,378	1,462	1,515
0,10	6	1,125	1,232	1,316	1,378
0,20	12	1,064	1,125	1,181	1,232
0,30	18	1,043	1,085	1,125	1,163
0,40	24	1,033	1,064	1,095	1,125
0,50	30	1,026	1,052	1,077	1,101
0,75	45	1,018	1,035	1,052	1,068
1,00	60	1,013	1,026	1,039	1,052

II.3 DETERMINACION DE TENSION DE PASO Y TENSION DE CONTACTO MAXIMAS PERMISIBLES POR EL CUERPO HUMANO

CORRIENTE DE NO-FIBRILACION

$$I_B = \frac{K}{\sqrt{t_s}} \quad \text{EC. 7 DE CFE NRF-011-CFE}$$

$$I_B = 0.1161895 \text{ A} \quad \text{CORRIENTE DE NO-FIBRILACION RELACIONADA CON LA ENERGIA ABSORBIDA POR EL CUERPO}$$

$$K = (S_B)^{1/2} = 0.1161895$$

$$S_B = 0.0135 \quad \text{CONSTANTE EMPIRICA DEL IMPACTO DE ENERGIA TOLERADO POR EL CUERPO HUMANO}$$

$$t_s = \text{TIEMPO MAXIMO DE LIBERACION DE FALLA} = 1.00 \text{ seg}$$

TENSION DE PASO Y TENSION DE CONTACTO MAXIMAS PERMISIBLES POR EL CUERPO HUMANO

$$E_{\text{PASO(70KG)}} = \left(1000 + 6 C_s \rho_s \right) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} \text{ (VOLTS)} \quad \text{EC. 8 DE CFE NRF-011-CFE}$$

$$E_{\text{PASO(70KG)}} = 3,793.71 \text{ volts}$$

$$E_{\text{CONTACTO(70KG)}} = \left(1000 + 1.5 C_s \rho_s \right) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} \text{ (VOLTS)} \quad \text{EC. 9 DE CFE NRF-011-CFE}$$

$$E_{\text{CONTACTO(70KG)}} = 1,066.18 \text{ volts}$$

$$C_s = 0.77 \quad \text{FACTOR DE REDUCCION}$$

$$C_s = 1 - \left[\frac{0.09 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right)}{2 h_s + 0.09} \right]$$

ρ_s	=	RESISTIVIDAD DE LA CAPA SUPERFICIAL	=	5000	Ω -m
ρ	=	RESISTIVIDAD DEL SUELO	=	62.71	Ω -m
h_s	=	ESPESOR DE LA CAPA SUPERFICIAL	=	0.15	m
t_s	=	TIEMPO MAXIMO DE LIBERACION DE FALLA	=	1.00	seg

PESO DE PERSONA = 70 KG

II.4 DISEÑO PRELIMINAR DE LA MALLA DE TIERRA

No. DE CONDUCTORES HORIZONTALES	=	13
No. DE CONDUCTORES VERTICALES	=	16
No. DE VARILLAS PROPUESTO	=	20

AREA DE LA MALLA = 4224 m²

LONGITUD TOTAL DE CONDUCTORES	=	1582	m
LONGITUD TOTAL DE VARILLAS	=	61	m

II.5 ESTIMACION DE LA RESISTENCIA DE TIERRA PRELIMINAR EN EL SISTEMA DE TIERRAS

$$R_g = \rho \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20} A} \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{h \sqrt{\frac{20}{A}}}} \right) \right]$$

EC. 12 DE CFE NRF-011-CFE

$R_g = 0.46 \Omega$ RESISTENCIA DE TIERRA SIN VARILLAS

$\rho = 62.71 \Omega$ -m RESISTIVIDAD PROMEDIO DEL SUELO

A	=	AREA OCUPADA POR LA REJILLA PARA TIERRA	=	4224	m ²
L _T	=	LONGITUD TOTAL DE LOS CONDUCTORES ENTERRADOS	=	1582	m
h	=	PROFUNDIDAD DE LA REJILLA PARA TIERRA	=	0.7	m

II.6 CALCULO DE TENSION DE MALLA

$$E_m = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_G}{L_m} \quad \text{EC. 17 DE CFE NRF-011-CFE}$$

$$E_m = \mathbf{684.85} \text{ volts}$$

ρ	=	RESISTIVIDAD PROMEDIO DEL SUELO	=	62.71	Ω-m
K _m	=	FACTOR GEOMETRICO	=	0.67	
K _i	=	FACTOR DE IRREGULARIDAD	=	2.17	
I _G /L _m	=	RELACION DE LA CORRIENTE PROMEDIO POR UNIDAD DE LONGITUD EFECTIVAMENTE ENTERRADO EN EL SISTEMA DE TIERRA	=	0.0079646	

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\text{Ln} \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \text{Ln} \left(\frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right]$$

EC. 18 DE CFE NRF-011-CFE

$$K_m = \mathbf{0.67}$$

D	=	ESPACIAMIENTO ENTRE CONDUCTORES PARALELOS	=	4	m
h	=	PROFUNDIDAD DE LOS CONDUCTORES EN LA REJILLA PARA TIERRA	=	0.7	m
d	=	DIAMETRO DEL CONDUCUTOR DE LA REJILLA PARA TIERRA	=	0.01340	m
K _h	=	FACTOR DE CORRECCION RELACIONADO CON LA PROFUNDIDAD DE LA MALLA	=	1.30	
n	=	NUMERO DE CONDUCTORES EQUIVALENTES EN CUALQUIER DIRECCION	=	10.28	

← SOLO EN EL AREA DONDE SE LOCALIZAN LOS EQUIPOS

$$K_{ii} = \frac{1}{(2n)^{2/n}}$$

$$K_{ii} = \mathbf{0.56}$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}} \quad \text{EC. 19 DE CFE NRF-011-CFE}$$

$$K_h = \mathbf{1.30}$$

h = PROFUNDIDAD A LA CUAL ESTA ENTERRADA LA REJILLA PARA TIERRA = **0.7** m
 h_o = PROFUNDIDAD DE REFERENCIA = **1** m

n = n_a n_b n_c n_d EC. 20 DE CFE NRF-011-CFE

n = **10.28**

n_a = $\frac{2L_c}{L_p}$

n_a = **10.36**

L_p = LONGITUD DE CONDUCTORES EN LA PERIFERIA DE LA REJILLA PARA TIERRA = **256** m

L_c = LONGITUD TOTAL DE LOS CONDUCTORES HORIZONTALES EN LA REJILLA PARA TIERRAS = **1326** m

n_b = $\sqrt{\frac{L_p}{4 \sqrt{A}}}$ n_b = **1** PARA REJILLAS PARA TIERRAS CUADRADAS

n_b = **0.99**

K_i = $0.644 + 0.148 n$ EC. 21 DE CFE NRF-011-CFE

K_i = **2.17**

L_m = $L_c + \left[1.55 + 1.22 \left[\frac{L_r}{\left[L_x^2 + L_y^2 \right]^{1/2}} \right] \right] L_R$ EC. 22 DE CFE NRF-011-CFE

L_m = **1,676.60**

L_c = LONGITUD TOTAL DE LOS CONDUCTORES HORIZONTALES EN LA REJILLA PARA TIERRAS = **1582** m

L_r = LONGITUD DE UN SOLO ELECTRODO VERTICAL (VARILLA DE TIERRA) = **3.05** m

L_R = LONGITUD TOTAL DE LOS ELECTRODOS VERTICALES (VARILLAS PARA TIERRA) CONECTADOS A LA REJILLA = **61** m

L_x = LONGITUD MAXIMA DE LA REJILLA PARA TIERRA EN LA DIRECCION X = **88** m

L_y = LONGITUD MAXIMA DE LA REJILLA PARA TIERRA EN LA DIRECCION Y = **48** m

II.7 CALCULO DE TENSION DE PASO DE MALLA

$$E_{\text{PASO}} = \frac{\rho \quad l_G \quad K_S \quad K_i}{L_S} \quad \text{EC. 23 DE CFE NRF-011-CFE}$$

$$E_{\text{PASO}} = \boxed{357.10}$$

$$K_S = \text{FACTOR GEOMETRICO} = \boxed{0.26}$$

$$K_i = \text{FACTOR DE CORRECCION} = \boxed{2.17}$$

$$L_S = 0.75 L_c + 0.85 L_R \quad \text{EC. 24 DE CFE NRF-011-CFE}$$

$$L_S = \boxed{1,238.35}$$

$$K_S = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1-0.5^{(n-2)}) \right]$$

$$K_S = \boxed{0.26}$$

TABLA N. 3 COMPARACION DE POTENCIALES		
	TENSIONES MAXIMAS PERMISIBLES POR EL CUERPO HUMANO	TENSIONES DE MALLA
E_{CONTACTO}	1,066.18	684.85
E_{PASO}	3,793.71	357.10

PARTE III

III.1 CONCLUSIONES

LOS VALORES FINALES PARA LA RED DE TIERRAS SON LOS SIGUIENTES:

NUMERO DE CONDUCTORES HORIZONTALES	=	13.00	
NUMERO DE CONDUCTORES VERTICALES	=	16.00	
NUMERO DE VARILLAS	=	20.00	PZA
DIAMETRO DE VARILLAS	=	0.01600	M
CALIBRE DEL CONDUCTOR	=	0.01340	M
LONGITUD TOTAL DEL CONDUCTOR	=	1,582.00	M
LONGITUD TOTAL DE VARILLAS	=	61.00	M
POTENCIAL DE PASO TOLERABLE	=	3,793.71	VOLTS
POTENCIAL DE CONTACTO TOLERABLE	=	1,066.18	VOLTS
POTENCIAL DE PASO EN LA MALLA	=	357.10	VOLTS
POTENCIAL DE CONTACTO EN LA MALLA	=	684.85	VOLTS
RESISTENCIA A TIERRA DE LA RED DE TIERRA	=	0.46	OHMS

CON LO CUAL SE CONSIDERAN CORRECTOS LOS VALORES DE LOS VOLTAJES DE PASO Y MALLA (VER TABLA 3), ASI MISMO EL VALOR DE RESISTENCIA CALCULADA DE ACUERDO A NORMA.

PARTE IV

IV.1 BIBLIOGRAFIA

- ➡ ANSI/IEEE Std 80 – 2000
- ➡ NRF-011-CFE

PROYECTO: S.E SADEMEX
 FECHA: 29/06/2010
 EQUIPO UTILIZADO: AEMC 4500

SECCION	ENTERRADO DE LAS PROBETAS EN METROS (B)	SEPARACION ENTRE ELECTRODOS EN METROS (A)	VALOR DE RESISTENCIA MEDIDO	RELACION A/B	RESISTIVIDAD CALCULADA EN OHMS-METRO
	1.00	1.60	15.5	1.60	155.82
	1.00	3.20	4.7	3.20	94.50
	1.00	4.80	2.8	4.80	84.45
	1.00	6.40	1.5	6.40	60.32
	1.00	8.00	1.9	8.00	95.50
	1.00	9.60	1.9	9.60	114.61
	1.00	11.20	1.2	11.20	84.45
PROMEDIO	1.00	6.40	4.21	6.40	98.52

SECCION	ENTERRADO DE LAS PROBETAS EN METROS (B)	SEPARACION ENTRE ELECTRODOS EN METROS (A)	VALOR DE RESISTENCIA MEDIDO	RELACION A/B	RESISTIVIDAD CALCULADA EN OHMS-METRO
	1.00	1.60	15.9	1.60	159.84
	1.00	3.20	5.1	3.20	102.54
	1.00	4.80	3.2	4.80	96.51
	1.00	6.40	1.1	6.40	44.23
	1.00	8.00	1.2	8.00	60.32
	1.00	9.60	1.1	9.60	66.35
	1.00	11.20	1	11.20	70.37
PROMEDIO	1.00	6.40	4.09	6.40	85.74

NUMERO DE SECCIONES: 5 (CINCO)

ÁREA DE LAS SECCIONES: 100 m² (10X10 m)

FECHA: 14/09/2010

HORA: 16:00 HRS - 18:30 HRS

RESPONSABLE: ING. CÉSAR GONZÁLEZ

EQUIPO UTILIZADO: MEDIDOR DIGITAL DE RESISTENCIA DE TIERRA, ID: 120198BL DV

TEMPERATURA AMBIENTE: 25 (°C)

HUMEDAD RELATIVA %: 60%

SECCIÓN A

SECCION	ENTERRADO DE LAS PROBETAS EN METROS (B)	SEPARACION ENTRE ELECTRODOS EN METROS (A)	VALOR DE RESISTENCIA MEDIDO EN OHMS	RELACION A/B	RESISTIVIDAD CALCULADA EN OHMS-METRO *
SECCIÓN A.1	0.20	0.50	7.39	2.5	28.43
	0.20	1.00	4.57	5	30.61
	0.20	1.50	3.51	7.5	34.08
	0.20	2.00	2.62	10	33.49
	0.20	2.50	2.31	12.5	36.69
PROMEDIO	0.20	1.50	4.08	7.50	39.62
SECCIÓN A.2	0.20	0.50	7.31	2.5	28.12
	0.20	1.00	4.25	5	28.46
	0.20	1.50	3.76	7.5	36.51
	0.20	2.00	2.48	10	31.70
	0.20	2.50	2.19	12.5	34.78
PROMEDIO	0.20	1.50	4.00	7.50	38.82

SECCIÓN B

SECCION	ENTERRADO DE LAS PROBETAS EN METROS (B)	SEPARACION ENTRE ELECTRODOS EN METROS (A)	VALOR DE RESISTENCIA MEDIDO EN OHMS	RELACION A/B	RESISTIVIDAD CALCULADA EN OHMS-METRO *
SECCIÓN B.1	0.20	0.50	7.35	2.5	28.28
	0.20	1.00	4.65	5	31.14
	0.20	1.50	3.42	7.5	33.21
	0.20	2.00	2.70	10	34.51
	0.20	2.50	2.42	12.5	38.43
PROMEDIO	0.20	1.50	4.11	7.50	33.11
SECCIÓN B.2	0.20	0.50	8.55	2.5	32.89
	0.20	1.00	4.74	5	31.74
	0.20	1.50	3.34	7.5	32.43
	0.20	2.00	2.84	10	36.30
	0.20	2.50	2.44	12.5	38.75
PROMEDIO	0.20	1.50	4.38	7.50	34.42

SECCIÓN C

SECCION	ENTERRADO DE LAS PROBETAS EN METROS (B)	SEPARACION ENTRE ELECTRODOS EN METROS (A)	VALOR DE RESISTENCIA MEDIDO EN OHMS	RELACION A/B	RESISTIVIDAD CALCULADA EN OHMS-METRO *
SECCIÓN C.1	0.20	0.50	7.62	2.5	29.31
	0.20	1.00	4.20	5	28.13
	0.20	1.50	2.82	7.5	27.38
	0.20	2.00	2.30	10	29.40
	0.20	2.50	2.09	12.5	33.19
PROMEDIO	0.20	1.50	3.81	7.50	29.48
SECCIÓN C.2	0.20	0.50	8.31	2.5	31.97
	0.20	1.00	4.41	5	29.53
	0.20	1.50	2.96	7.5	28.74
	0.20	2.00	2.52	10	32.21
	0.20	2.50	2.02	12.5	32.08
PROMEDIO	0.20	1.50	4.04	7.50	30.91

SECCIÓN D

SECCION	ENTERRADO DE LAS PROBETAS EN METROS (B)	SEPARACION ENTRE ELECTRODOS EN METROS (A)	VALOR DE RESISTENCIA MEDIDO EN OHMS	RELACION A/B	RESISTIVIDAD CALCULADA EN OHMS-METRO *
SECCIÓN D.1	0.20	0.50	6.71	2.5	25.81
	0.20	1.00	3.92	5	26.25
	0.20	1.50	2.93	7.5	28.45
	0.20	2.00	2.68	10	34.26
	0.20	2.50	2.51	12.5	39.86
PROMEDIO	0.20	1.50	3.75	7.50	30.93
SECCIÓN D.2	0.20	0.50	7.93	2.5	30.51
	0.20	1.00	4.00	5	26.79
	0.20	1.50	3.39	7.5	32.92
	0.20	2.00	2.67	10	34.13
	0.20	2.50	2.42	12.5	38.43
PROMEDIO	0.20	1.50	4.08	7.50	32.56

SECCIÓN E

SECCION	ENTERRADO DE LAS PROBETAS EN METROS (B)	SEPARACION ENTRE ELECTRODOS EN METROS (A)	VALOR DE RESISTENCIA MEDIDO EN OHMS	RELACION A/B	RESISTIVIDAD CALCULADA EN OHMS-METRO *
SECCIÓN E.1	0.20	0.50	6.89	2.5	26.51
	0.20	1.00	3.97	5	26.59
	0.20	1.50	2.78	7.5	26.99
	0.20	2.00	2.42	10	30.93
	0.20	2.50	2.05	12.5	32.56
PROMEDIO	0.20	1.50	3.62	7.50	28.72
SECCIÓN E.2	0.20	0.50	7.03	2.5	27.04
	0.20	1.00	4.46	5	29.87
	0.20	1.50	3.38	7.5	32.82
	0.20	2.00	2.90	10	37.07
	0.20	2.50	2.84	12.5	45.11
PROMEDIO	0.20	1.50	4.12	7.50	34.38

PROMEDIO DE RESISTIVIDAD EN TIEMPO DE LLUVIA = **33.30**

PROMEDIO DE RESISTIVIDAD EN TIEMPO DE ESTIAJE = **92.13**

RESISTIVIDAD PROMEDIO = **62.71**



CALIBRACION E INSTRUMENTACION PROFESIONAL, S.A. DE C.V.

Retorno 4 de Sur 16 No. 12, Col. Agricola Oriental, México, D.F. 08500
Tel. 57563312; Fax 57001784; www.calibracionip.com.mx E.mail: cipfhc@prodigy.net.mx
>>Solución integral a los problemas de la Industria<<

I.- REPORTE

I. Datos Generales

Certificado de Calibración (Calibration Certificate)

E-29/10

Hoja 1/5

Nombre del Cliente:

Customer's name

SADEMEX Ingeniería y Construcción S.A. de C.V.

Dirección:

Address

Av. Patriotismo No. 889, 5° piso, Col. Insurgentes Mixcoac
Deleg. Benito Juárez, C.P. 03920, México, D.F

No. Certificado:

Certificate number

E-29/10

Instrumento:

Instrument

Medidor digital de resistencia de tierra

Marca:

Manufacturer

AEMC

Modelo:

Model/Type

4500

No. de serie:

Serial number

ID: 120198BL DV

Clave:

Code

S/C

Cantidad:

Quantity

Resistencia Eléctrica

Intervalo de la cantidad:

Quantity Range

2Ω, 20Ω, 200Ω, 2KΩ, 20KΩ

Resultados de la calibración:

Calibration Results

Ver hojas anexas

Incertidumbre:

Uncertainty

Ver hojas anexas

Nivel de confianza:

Confidence level

2 Sigma (95%)

Procedimiento utilizado:

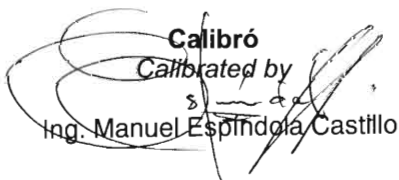
Calibration method

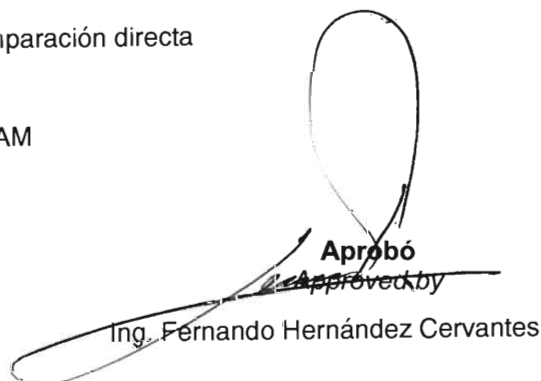
Por comparación directa

Trazabilidad:

Traceability

Al CENAM

Calibró
Calibrated by

Ing. Manuel Espindola Castillo

Aprobó
Approved by

Ing. Fernando Hernández Cervantes

Fecha
Date
Fecha de Calibración
07/05/2010

Table 7—Typical surface material resistivities

Number	Description of surface material (U.S. state where found)	Resistivity of sample $\Omega \cdot m$	
		Dry	Wet
1	Crusher run granite with fines (N.C.)	140×10^6	1300 (ground water, 45 $\Omega \cdot m$)
2	1.5 in (0.04 m) crusher run granite (Ga.) with fines	4000	1200 (rain water, 100 W)
3	0.75–1 in (0.02–0.025 m) granite (Calif.) with fines	—	6513 (10 min after 45 $\Omega \cdot m$ water drained)
4	#4 (1–2 in) (0.025–0.05 m) washed granite (Ga.)	1.5×10^6 to 4.5×10^6	5000 (rain water, 100 $\Omega \cdot m$)
5	#3 (2–4 in) (0.05–0.1 m) washed granite (Ga.)	2.6×10^6 to 3×10^6	10 000 (Rain water, 100 $\Omega \cdot m$)
6	Size unknown, washed limestone (Mich.)	7×10^6	2000–3000 (ground water, 45 $\Omega \cdot m$)
7	Washed granite, similar to 0.75 in (0.02 m) gravel	2×10^6	10 000
8	Washed granite, similar to pea gravel	40×10^6	5000
9	#57 (0.75 in) (0.02 m) washed granite (N.C.)	190×10^6	8000 (ground water, 45 $\Omega \cdot m$)
10	Asphalt	2×10^6 to 30×10^6	10 000 to 6×10^6
11	Concrete	1×10^6 to 1×10^9 ^a	21 to 100

^aOven dried concrete (Hammond and Robson [B78]). Values for air-cured concrete can be much lower due to moisture content.

13.2 Classification of soils and range of resistivity

A number of tables exist in the literature showing the ranges of resistivity for various soils and rocks. The tabulation from Rüdénberg [B125] has the advantage of extreme simplicity. More detailed data are available in engineering handbooks and publications (for instance, Sunde [B130] and Wenner [B150]). See Table 8.

13.3 Resistivity measurements

Estimates based on soil classification yield only a rough approximation of the resistivity. Actual resistivity tests therefore are imperative. These should be made at a number of places within the site. Substation sites where the soil may possess uniform resistivity throughout the entire area and to a considerable depth are seldom found. Typically, there are several layers, each having a different resistivity. Often, lateral changes also occur, but in comparison to the vertical ones, these changes usually are more gradual. Soil resistivity tests should be made to determine if there are any important variations of resistivity with depth. The number of such readings taken should be greater where the variations are large, especially if some readings are so high as to suggest a possible safety problem.

2. INGENIERÍA BÁSICA Y ALCANCES DE CONSTRUCCIÓN

 SUBESTACION:
 No. DE OBRA:
 DIVISIÓN:
 PROYECTO:

 REVISIÓN: 0
 FECHA REV: ABRIL/2009

HOJA 1 DE 1

2.1 Parámetros Eléctricos de la Obra.

TENSIONES DE SISTEMA Y NIVELES DE AISLAMIENTO		
Tensión nominal del sistema [kV]	Tensión máxima del sistema [kV]	Tensión de aguante al impulso por rayo [kV]
115	123	550
13,8	15,5	110

La tensión de aguante al impulso por rayo y otros valores de aislamiento asociados deben cumplirse a la altitud especificada de esta instalación. Estos valores servirán de base para el diseño de los diferentes elementos constitutivos de la subestación, más no para los equipos primarios cuyos valores de pruebas dieléctricas establecidos en sus correspondientes Características Particulares, han sido especificados considerando ya la reducción de aislamiento por efecto de la altitud.

Para el nivel de tensión de 115 kV, los sistemas son en conexión estrella con neutro sólidamente aterrizado, operando a una frecuencia nominal de 60 Hz.

NIVELES DE CORTOCIRCUITO		
Nivel de tensión [kV]	Falla monofásica [kA]	Falla trifásica [kA]
115	25	25
13,8	25	25

Los valores de corrientes de cortocircuito mostrados servirán para el diseño de los diferentes elementos constitutivos de la subestación y no deberán relacionarse con los valores de capacidades interruptivas ni corrientes de corta duración asociados a los equipos, mismos que se indican en las características particulares correspondientes a cada equipo.

DISTANCIAS DE FUGA MÍNIMAS PARA AISLAMIENTOS		
CONCEPTO	Nivel de tensión	
	115 kV	13,8 kV
Distancia de fuga unitaria [mm/kV _{f-i}]	20	20
Distancia de fuga total de fase a tierra [mm]	2460	310
Concentración de Contaminación Método de Niebla Salina [kg/m ³]	40-112	40-112

Los valores de distancia de fuga unitaria [mm/kV_{f-i}] están referenciados a la tensión máxima del sistema entre fases [kV_{f-i}]. Los valores de distancia de fuga total especificados [mm] corresponden a la distancia mínima que deberán tener los aislamientos externos de la instalación sujetos al potencial del sistema en un extremo y a tierra en otro, independientemente de que éstos estén formados por uno o más elementos en serie, o bien, formados por varios aisladores tipo disco.

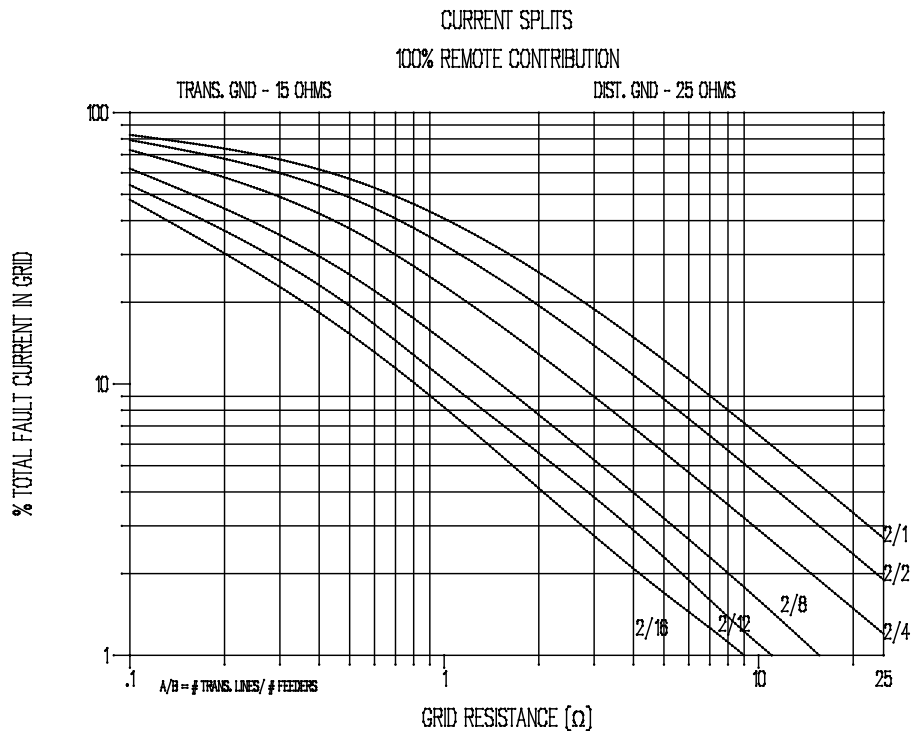


Figure C.3—Curves to approximate split factor S_f

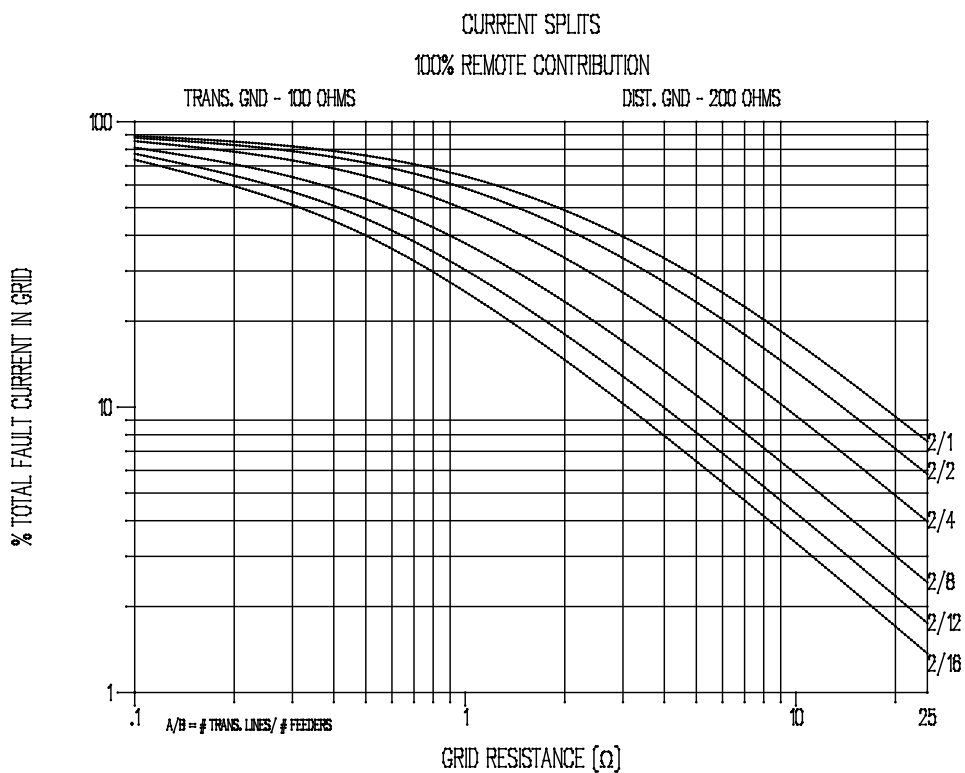


Figure C.4—Curves to approximate split factor S_f



ANEXO 2

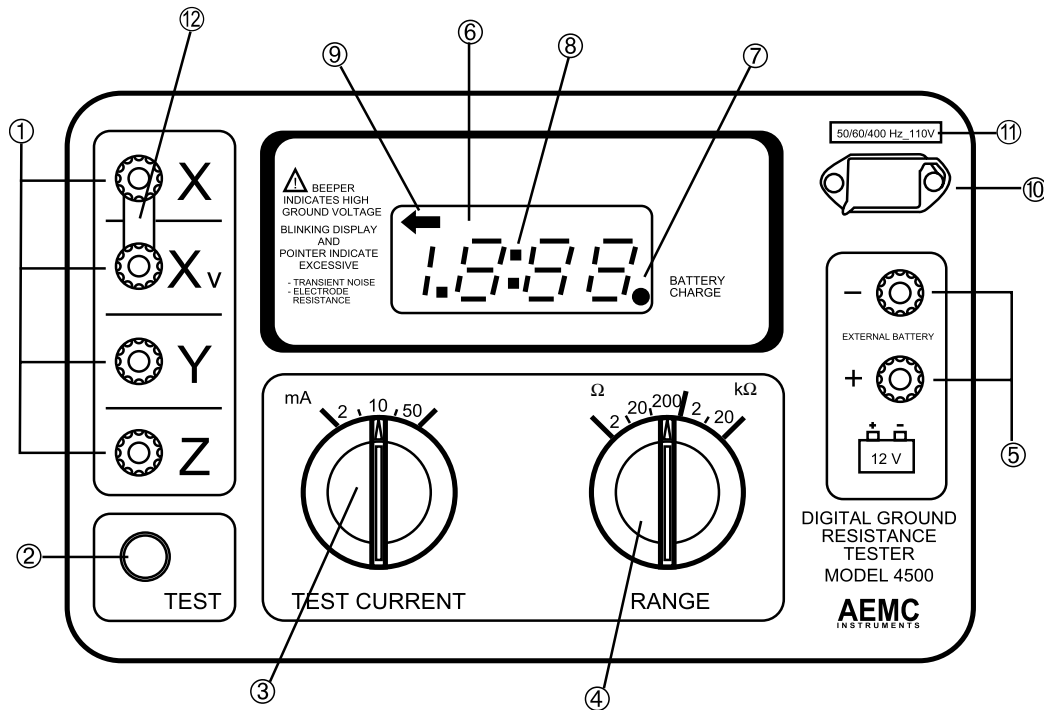
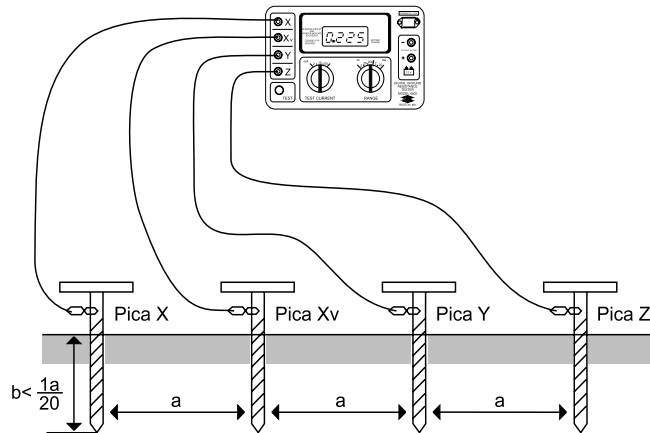
DESCRIPCION

Figura 2

1. Bornes de entrada de medida.
2. Botón-pulsador de medida.
3. Conmutador para selección corriente de medida.
4. Conmutador para selección del calibre.
5. Bornes de conexión para alimentación por baterías.
6. Visualización.
7. Testigo carga batería internas.
8. Indicación batería bajas.
9. Indicación medida no válida.
10. Toma conexión cable de red.
11. Plaquita indicadora de la tensión de red.
12. Puente para medidas de tierra

MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO

- Retirar el puente ⑫ (fig. 2) de los bornes X y Xv.
- Colocar las picas X, Xv y Z en línea, procurando que la distancia entre cada pica sea igual, por ejemplo, 3 metros entre cada una (fig. 7.)



- Clavar las picas a una profundidad de 150 mm., aproximadamente, de tal manera que ésta sea inferior a 1/20 de la distancia entre picas.
- Conectar las picas X, Xv, Y, Z a sus respectivos bornes del 4500 mediante cables.
- Situar el conmutador ④ en una escala tanto más reducida cuanto mayor sea la distancia «a».
- Pulsar el botón «TEST»
- Anotar el valor de la resistencia R indicada sobre el display.
- En caso de dificultades de medida, volver a las indicaciones concernientes a la medida de una toma de tierra.
- Aplicar la fórmula siguiente para conocer la resistividad ρ

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

ρ : Resistividad en Ωm

a: Distancia entre picas en metros

R: Valor en ohmios leído en el display

Ejemplo: Para una medida efectuada en un terreno alcalino el valor leído es $R = 0.225 \text{ k}\Omega$, sobre el calibre $2 \text{ K}\Omega$ y $a = 3 \text{ m}$.

$$\rho: 2 \pi \times 255 \Omega \times 3\text{m}$$

$$\rho: 4.250 \Omega\text{m}$$

Nota: Para más información sobre medidas de resistividad consultar con el folleto técnico que se suministra con el aparato.