

CALCULO Y DISEÑO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA SUBESTACION CATAMAYO

Norma IEEE std 80-2000

DATOS DE DISEÑO

1.-Datos para el diseño de la malla de puesta a tierra

Duración de la falla	0,25 s
Voltaje nominal del sistema	69 KV
Corriente falla I_F RMS en kA	13,09 KA
Factor de división de la corriente de falla Sf:	0,80516
Resistividad capa superficial ρ_s :	3000 $\Omega \cdot m$
Profundidad de la capa superficial h_s :	0,15 m
Profundidad a la que están enterrados los conductores: h	0,6 m
Máxima longitud de la malla en la dirección x L_x	30 m
Máxima longitud de la malla en la dirección y L_y	60 m
Número de picas (nR)	10
Relación X/R	10
Frecuencia de red	60 Hz

CÁLCULO DE LA SECCIÓN CONDUCTOR

1.-Datos Generales

Tipo de cable para la malla	101 Copper, commercial hard-drawn
Temperatura ambiente	40,00 °C
Corriente de falla RMS en kA (I)	13,09 kA
Tiempo de duración de la falla (Tc)	0,25 s
Conductividad del material	97,00 %
Coeficiente térmico de resistividad a 20°C (α_r)	0,003810 °C ⁻¹
K ₀ :	242 °C
Temperatura de fusión	1.084 °C
Resistividad pr a 20°C	1,78 µΩ·cm
Capacidad térmica TCAP	3,42 J/(cm ³ ·°C)
Sección mínima:	23,43 mm ²
Sección mínima normalizada:	33,62 mm²

2.- DC Offset de la Corriente

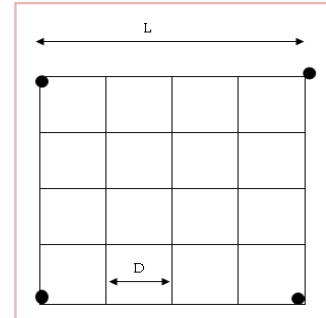
Frecuencia de red:	60 Hz
Tiempo de falta:	0,25 s
Relación X / R:	10,00
Constante tiempo del DC offset Ta	0,02653 s
Factor de reducción Df:	1,0517
Intensidad corriente asimétrica:	13,77 kA
Sección mínima:	24,64 mm ²
Sección mínima normalizada:	33,62 mm²
Calibre de conductor calculado	2 AWG
Calibre de conductor seleccionado	2/0 AWG
Dámetro del conductor seleccionado en mm	9,7000

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

DISEÑO INICIAL DE LA PUESTA A TIERRA

1.-Diseño Cuadrado

Longitud del lado de la malla L:	<input type="text" value="0,00"/>	m
Área total A:	<input type="text" value="0,00"/>	m ²
Número de conductores totales:	<input type="text" value="0,00"/>	m
Espacio entre conductores D:	<input type="text" value="0,00"/>	m
Perímetro Lp:	<input type="text" value="0,00"/>	m
Longitud total conductores Lc:	<input type="text" value="0,00"/>	m
Distancia máxima entre dos puntos Dm:	<input type="text" value="0,00"/>	m
Factor geométrico na:	<input type="text" value="#iDIV/0!"/>	
Factor geométrico nb:	<input type="text" value="#iDIV/0!"/>	
Factor geométrico nc:	<input type="text" value="#iDIV/0!"/>	
Factor geométrico nd:	<input type="text" value="#iDIV/0!"/>	
Factor geométrico n:	<input type="text" value="#iDIV/0!"/>	
Factor corrección geométrico Ki:	<input type="text" value="#iDIV/0!"/>	
Número de varillas n _R :	<input type="text" value="0"/>	
Longitud de la varilla Lr:	<input type="text" value="0,00"/>	m
Longitud total de varillas L _R :	<input type="text" value="#iDIV/0!"/>	m
Longitud total efectiva L _M :	<input type="text" value="0,0159"/>	m
Diámetro de la varilla 2b (m):	<input type="text" value="0,0159"/>	m



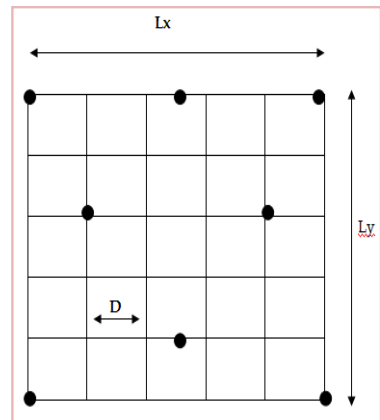
$$n_a = \frac{2L_c}{L_p} \quad n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 * \sqrt{A}}}$$

$$n_c = \left(\frac{L_x L_y}{A}\right)^{0.7 A / L_x L_y} \quad n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

$$n = n_a * n_b * n_c * n_d \quad K_i = 0.644 + 0.148 * n$$

2.-Diseño Rectangular:

Longitud del lado de la malla Lx:	<input type="text" value="30,00"/>	m
Longitud del lado de la malla Ly:	<input type="text" value="60,00"/>	m
Área total A:	<input type="text" value="1800,00"/>	m ²
Número de conductores en x:	<input type="text" value="11"/>	
Número de conductores en y:	<input type="text" value="21"/>	
Espacio entre conductores Dx:	<input type="text" value="3,00"/>	m
Espacio entre conductores Dy:	<input type="text" value="3,00"/>	m
Espacio medio entre conductores D:	<input type="text" value="3,00"/>	m
Perímetro Lp:	<input type="text" value="180,00"/>	m
Longitud total conductores Lc:	<input type="text" value="1.590,00"/>	m
Distancia máxima entre dos puntos Dm:	<input type="text" value="67,08"/>	m
Factor geométrico na:	<input type="text" value="17,67"/>	
Factor geométrico nb:	<input type="text" value="1,03"/>	
Factor geométrico nc:	<input type="text" value="1,00"/>	
Factor geométrico nd:	<input type="text" value="1,00"/>	
Factor geométrico n:	<input type="text" value="18,19"/>	
Factor corrección geométrico Ki:	<input type="text" value="3,3368"/>	
Número de varillas n _R :	<input type="text" value="8"/>	
Longitud de la varilla Lr:	<input type="text" value="2,4"/>	m
Longitud total de varillas L _R :	<input type="text" value="19,20"/>	m
Longitud total efectiva L _M :	<input type="text" value="1620,60"/>	m
Diámetro de la varilla 2b (m):	<input type="text" value="0,0159"/>	m

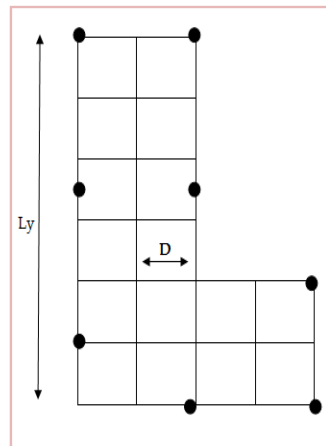


DISEÑO CORRECTO

RPT por conductor	0,97
RPT POR VARILLAS	212,95
RPT de la malla	0,97

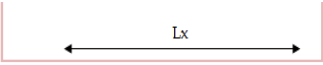
3.-Diseño en L:

Longitud del lado de la malla Lx:	<input type="text" value="0,00"/>	m
Longitud del lado de la malla Ly:	<input type="text" value="0,00"/>	m
Área total A:	<input type="text" value="0,00"/>	m ²
Número de conductores en x:	<input type="text" value="16"/>	
Espacio entre conductores Dx:	<input type="text" value="0,00"/>	m
Número de conductores en y:	<input type="text" value="11"/>	
Espacio entre conductores Dy:	<input type="text" value="0,00"/>	m
Espacio medio entre conductores D:	<input type="text" value="0,00"/>	m
Perímetro Lp:	<input type="text" value="0,00"/>	m
Longitud total conductores Lc:	<input type="text" value="0,00"/>	m
Distancia máxima entre dos puntos Dm:	<input type="text" value="0,00"/>	m
Factor geométrico na:	<input type="text" value="#iDIV/0!"/>	
Factor geométrico nb:	<input type="text" value="#iDIV/0!"/>	
Factor geométrico nc:	<input type="text" value="#iDIV/0!"/>	
Factor geométrico nd:	<input type="text" value="#iDIV/0!"/>	
Factor geométrico n:	<input type="text" value="#iDIV/0!"/>	
Factor corrección geométrico Ki:	<input type="text" value="#iDIV/0!"/>	
Número de picas n _R :	<input type="text" value="0"/>	
Longitud pica Lr:	<input type="text" value="0"/>	m



Longitud picas total L_R :
Longitud total efectiva L_M :
Diámetro de la pica 2b:

0,00 m
#iDIV/0! m
0,0142 m



CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE PASO Y CONTACTO ADMISIBLE

Peso de la persona:	70 kg
Resistividad capa superficial ρ_s :	3000 $\Omega \cdot m$
Resistividad del terreno ρ :	900,00 $\Omega \cdot m$
Profundidad de la capa superficial h_s :	0,15 m
Factor reductor de la capacidad normal C_s :	0,77615
Tiempo de descarga t_s :	0,25 s
Corriente de descarga máxima admisible (Dalziel's):	314,00 mA
Corriente de descarga máxima admisible (Curva Z):	493,75 mA
Corriente de descarga máxima admisible:	314,00 mA
Tensión metal-metal E_{mm} :	314,00 V
Tensión de contacto admisible:	1.410,71 V
Tensión de paso admisible:	4.700,82 V

$$E_{Contacto} = (1000 + 1,5 * (C_s * \rho_s)) * \frac{0,157}{\sqrt[2]{t_s}}$$

$$E_{Contacto} = (1000 + 1,5 * (C_s * \rho_s)) * \frac{0,157}{\sqrt[2]{t_s}}$$

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

COMBINACIÓN DE MALLA Y PICAS

1.- Cálculo de resistencia puesta a tierra para conductores enterrados

Resistividad del terreno:	900,00 $\Omega \cdot m$
Diseño inicial Puesta a Tierra:	2 Rectangular
Longitud total de los conductores L_c :	1590,00 m
Profundidad de enterrado conductor h :	0,60 m
Diámetro del conductor d :	0,00970 m
Radio efectivo conductor a' :	0,07629 m
Área total del mallado A :	1800,00 m ²
1) Curvas de Schwarz	
Tipo de Curva:	1 CURVA A
Coefficiente k_1 :	1,39
Coefficiente k_2 :	5,58
2) Kercel	
Coefficiente Kercel k_1 :	1,33
Coefficiente Kercel k_2 :	6,41
Método de cálculo:	Kercel
k_1 :	1,33
k_2 :	6,41
Resistencia PAT conductor R_1 :	0,97 Ω

2.- Cálculo de resistencia de puesta a tierra de varillas

Resistividad del terreno:	900,00 $\Omega \cdot m$
Diseño inicial de puesta a tierra:	2 Rectangular
Longitud de cada pica L_r :	2,40 m
Diámetro pica $2b$:	0,015875 m
Número de varillas n_R :	8,00
Longitud total picas L_R :	19,20 m
Resistencia de puesta a tierra por las varillas (R_2):	212,95 Ω

3.- Cálculo de la resistencia mutua de puesta a tierra

Resistencia PAT mutua R_m :	0,93 Ω
-------------------------------	---------------

4.- Cálculo de la resistencia de puesta a tierra

Resistencia PAT R_g :	0,97 Ω
-------------------------	---------------

Sólo conductores, sin varillas

Diseño inicial Puesta a Tierra:	2 Rectangular
Área total A :	1800,00 m ²
Resistividad del terreno p :	90,00 $\Omega \cdot m$
Profundidad de enterrado conductor h :	0,60 m
Longitud total de los conductores L_c :	1590,00 m
Resistencia de PAT malla R_g :	0,98 Ω

CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE PUESTA A TIERRA

1.- Datos de Entrada

Corriente falta I_f : 13,090 kA
Factor de división de la corriente de falla S_f : 0,8052
Tipo de resistencia de puesta a tierra

1	Combinación de mallas y varillas
---	----------------------------------

Resistencia puesta a tierra R_{pat} : 0,97 Ω

Factor de reducción D_f : 1,0517

3.- Cálculo de la corriente máxima de la malla I_g

Considerar factor D_f :

1	Si
---	----

Considerar factor S_f :

1	Si
---	----

Corriente I_g : 11,08 kA

4.- Cálculo del margen de potencial a tierra (Ground Potential Rise GPR)

GPR: 10.791,16 V

¿GPR = 10.791,16 < Epaso= 4.700,82 ?

2	NO
---	----

CALCULAR	Em Y Es
----------	---------

CÁLCULO DE LA TENSION DE MALLA Y DE PASO

1.-Datos Generales

Resistividad del terreno ρ :	900,00 $\Omega \cdot m$
Diseño inicial puesta a tierra:	2 Rectangular
Distancia entre conductores D:	3,00 m
Diámetro del conductor d:	0,00970 m
Profundidad cable enterrado h:	0,600 m
Factor geométrico n:	18,19
Tipo de mallado:	4 Picas en el perimetro
Factor Kii:	1,000
Factor Kh:	1,265
Factor Km:	0,474
Factor geométrico Ki:	3,3368
Factor geométrico Ks:	0,460
Corriente de falla I_G :	11.084,59 A
Longitud total efectiva L_M :	1620,60 m
Longitud total conductores L_C :	1590,00 m
Longitud picas total L_R :	19,20 m
Longitud efectiva L_S :	1208,82 m
Tensión de malla E_m:	972,72 V
Tensión de paso E_S:	1.266,14 V

CALCULO DE LA TENSION DE MALLA Y DE PASO

$$\zeta E_m = 972,72 < E_{\text{contacto}} = 1.410,71 \quad ?$$

1 SI



COMPROBAR Epaso

$$\zeta E_s = 1.266,14 < E_{\text{paso}} = 4.700,82 \quad ?$$

1 SI



DISEÑO CORRECTO

DISEÑO CORRECTO