
 SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS FACILIDADES ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DEL TERCER TREN DE PROCESAMIENTO DE LA CENTRAL DE PROCESOS EDÉN (EPF) DEL BLOQUE 12 DE PETROAMAZONAS EP 	
Departamento:	Gerencia de Proyectos
Documento:	MEMORIA DE CÁLCULO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
Código Documento:	del 12OS146711-EPF-70-MDC-002



Revisión:	Fecha:	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
0	19-08-2020	L. Pedraza	T. Martinez	R. Jimenez



Historial de Revisiones



No	Fecha:	Páginas Revisadas:	Motivo de la revisión:
A	16-03-2020	Todas	Para Revisión Interna
B	18-03-2020	Todas	Para Revisión interdisciplinaria
C	03-08-2020	Todas	Para Aprobación
0	19-08-2020	Todas	Para Construcción

Control de Distribución		
Ubicación del Documento:	Controlada	No Controlada
Gerencia de Proyectos		X
Asistentes Departamentales y Coordinadores		X
Sistema de Información Electrónica	X	

SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS FACILIDADES ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DEL TERCER TREN DE PROCESAMIENTO DE LA CENTRAL DE PROCESOS EDÉN (EPF) DEL BLOQUE 12 DE PETROAMAZONAS EP   MEMORIA DE CÁLCULO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	Departamento:	GERENCIA DE PROYECTOS
	Código No.:	12OS146711-EPF-70-MDC-002
	Revisión:	0
	Página No.:	2 de 15

Índice

1.	OBJETIVO	3
2.	ALCANCE	3
3.	CONDICIONES DE SERVICIO	3
3.1.	AMBIENTALES	3
3.2.	GEOGRÁFICA	3
3.3.	NIVELES DE VOLTAJE	4
3.4.	NORMAS APLICABLES	4
3.5.	GLOSARIO DE TÉRMINOS	4
4.	CRITERIOS DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	5
5.	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	6
6.	METODOLOGÍA DE CÁLCULO	7
6.1.	DIMENSIONAMIENTO DEL CABLE DE MALLA DE PUESTA A TIERRA	7
6.2.	MODELADO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	11
6.3.	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	13
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	15
7.1.	ANEXO 1 Resultado de simulación	15

SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS FACILIDADES ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DEL TERCER TREN DE PROCESAMIENTO DE LA CENTRAL DE PROCESOS EDÉN (EPF) DEL BLOQUE 12 DE PETROAMAZONAS EP   MEMORIA DE CÁLCULO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	Departamento:	GERENCIA DE PROYECTOS
	Código No.:	12OS146711-EPF-70-MDC-002
	Revisión:	0
	Página No.:	3 de 15

1. OBJETIVO

Establecer el arreglo de electrodos verticales (varillas) y horizontales (cables), que salvaguarden la integridad del personal y de las instalaciones existentes y proyectadas para los casos de descargas eléctricas a tierra del sistema de distribución eléctrico interno de la locación EDEN.

2. ALCANCE

Establecer el arreglo de electrodos verticales, horizontales y elementos necesarios del sistema de puesta a tierra, que cumplan con los requerimientos de resistencia, voltajes de toque y paso definidos en el ítem 5 correspondiente a criterio de aceptabilidad, para las siguientes áreas:

- Área de tanques.
- Área de Químicos.
- Área de Planta de tratamiento de agua.
- Área de bombas slop.
- Área de Rio 48300/48300A.
- Medidor de flujo FIT-312, FIT-313, AIT-312.
- Bandejas, poste de iluminación y soportes.

Actualmente las siguientes áreas ya disponen de malla de tierra con salidas de cable listas para su conexionado.

- Área de PCR-004.
- Área de PCR-005.
- Área de transformadores XFM-48200, XFM-48400, XFM-48100
- Área de bombas P-48191A/B; P-48193A/B; P-431/432; P-229A/B
- Área de tanques, V-48410 y T48410

3. CONDICIONES DE SERVICIO



A continuación, se reproducen las condiciones ambientales promedio y/o prevalecientes a ser tomadas en cuenta para el diseño eléctrico:

3.1. AMBIENTALES

Temperatura ambiente máxima	43 C
Temperatura ambiente mínima	-11 C
Humedad Ambiente máxima	100%
Humedad Ambiente mínima	18%

3.2. GEOGRÁFICA

Altitud en metros sobre nivel del mar	324 m
Zona sísmica (UBC)	Zona 2

SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS FACILIDADES ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DEL TERCER TREN DE PROCESAMIENTO DE LA CENTRAL DE PROCESOS EDÉN (EPF) DEL BLOQUE 12 DE PETROAMAZONAS EP   MEMORIA DE CÁLCULO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	Departamento:	GERENCIA DE PROYECTOS
	Código No.:	12OS146711-EPF-70-MDC-002
	Revisión:	0
	Página No.:	4 de 15

3.3. NIVELES DE VOLTAJE

Los niveles de voltaje en el presente trabajo para los sistemas de fuerza son:

- 220/127 VCA, 60 Hz.
- 480 VCA, 60 Hz.
- 4160 VCA, 60 Hz.
- 13800 VCA, 60 Hz.

3.4. NORMAS APLICABLES

El estudio de iluminación se basa en los niveles requeridos en las siguientes normas:



- IEEE Std. 80 Guide for Safety in AC substation Grounding.
- IEEE Std. 142 Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.
- IEEE Std. 1100 Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment.
- IEEE Std. 81 Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of Ground System.
- NFPA 70 National Electrical Code.
- ANSI C2.87 National Electrical Safety Code.

En caso de conflicto entre las normas y códigos antes citados, se aplicará la más severa, o se contactará al Cliente para su resolución.

3.5. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Las abreviaciones, siglas y/o términos utilizados en el desarrollo del cálculo del sistema de puesta a tierra son los siguientes:

AWG	American Wire Gauge.
Amm ²	Sección del conductor en [mm ²].
Cp	Factor de seguridad por crecimiento del sistema.
Df	Factor de decremento.
Sf	Factor de dispersión de la corriente.
V	Voltio.
kV	Kilovoltio.
Em	Voltaje toque.
Es	Voltaje paso.
A	Amperio
kA	Kiloamperio.
I _{fg}	Corriente de cortocircuito fase a tierra.

SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS FACILIDADES ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DEL TERCER TREN DE PROCESAMIENTO DE LA CENTRAL DE PROCESOS EDÉN (EPF) DEL BLOQUE 12 DE PETROAMAZONAS EP   MEMORIA DE CÁLCULO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	Departamento:	GERENCIA DE PROYECTOS
	Código No.:	12OS146711-EPF-70-MDC-002
	Revisión:	0
	Página No.:	5 de 15

Rg	Resistencia de puesta a tierra.
Ω	Ohmio.
ρ	Resistividad del suelo (Ωm).
GPR	Ground Potential Rise (Potencial de la malla).
h	Profundidad de la malla con respecto a la superficie.
kg	Kilogramo.
m	Metro.
$^{\circ}\text{C}$	Grado Centígrado.
Tm	Máxima temperatura admisible del conductor en [$^{\circ}\text{C}$].
Ta	Temperatura ambiente en [$^{\circ}\text{C}$].
Tr	Temperatura de referencia para constantes del material en [$^{\circ}\text{C}$].
tf	Duración en segundos de la corriente de falla para determinar el factor de decremento (Df).
tc	Duración en segundos de la corriente de falla para el dimensionamiento de los conductores de tierra.
ts	Duración en segundos de la corriente de choque eléctrico para determinar los niveles de voltaje permitidos por el cuerpo humano (voltajes de toque y paso).
X/R	Relación Reactancia / Resistencia del sistema.
α_r	Coefficiente térmico de resistividad a la temperatura de referencia Tr en [$1/^{\circ}\text{C}$].
TCAP	Capacidad térmica por unidad de volumen en [$\text{J}/(\text{cm}^3\text{ }^{\circ}\text{C})$].



4. CRITERIOS DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Dentro de la ampliación en curso, se implementarán sistemas de puesta a tierra del sistema de control y de fuerza eléctrica, por tanto, el sistema de puesta a tierra se propondrá para cubrir las siguientes condiciones:

APLICACIÓN	RESISTENCIA [Ω]
SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA	≤ 5
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	≤ 1

TABLA 1 Valores de resistencia permitidos IEEE 80

La malla de tierra ha de prevenir la existencia de voltajes peligrosos; los límites en donde se delimita los voltajes de toque y paso tolerables, se los obtiene por cálculo y dependen de las condiciones de cada sistema.

SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS FACILIDADES ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DEL TERCER TREN DE PROCESAMIENTO DE LA CENTRAL DE PROCESOS EDÉN (EPF) DEL BLOQUE 12 DE PETROAMAZONAS EP   MEMORIA DE CÁLCULO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	Departamento:	GERENCIA DE PROYECTOS
	Código No.:	12OS146711-EPF-70-MDC-002
	Revisión:	0
	Página No.:	6 de 15

En función de lo prestablecido, la malla de tierra trabajará y operará como un todo, siendo peligrosa la operación de mallas tipo isla, con lo cual se establecen los siguientes criterios:

La malla de tierra se diseñará en función de la malla existente a una profundidad de 0,7 metros.

La malla de tierra se calculará en conjunto con la malla existente, como un todo.

La malla de tierra se evaluará en conjunto con la malla existente, como un todo.

La malla de tierra de la ampliación se evaluará con la máxima potencia de cortocircuito posible en el área de ampliación.

La malla de tierra global deberá tener una resistencia ≤ 1 ohm.

Las tensiones de toque y paso existentes con la máxima corriente de cortocircuito, serán inferiores a las tolerables.

Los valores de resistividad provenientes del estudio 2OS144481-EPF-70-INF-003 información recibida del cliente, se establece en 45,08 ohm-metro para un metro de profundidad y 46,86 ohm-metro para dos metros de profundidad, para la capa superficial se encuentra que se dispone de una capa de material clase 3, según la tabla 7 de la IEEE 80-2000, el material clase 3 tiene un valor de 2×10^6 ohm-metro seco y 10.000 ohm-metro mojado, por lo que se utiliza el valor recomendado por el programa, el cual es inferior a la recomendación de la IEEE y por tanto brinda un valor de salvaguarda, los valores se resume en la siguiente tabla:

NIVEL	PROFUNDIDAD [m]	RESISTIVIDAD PROMEDIO [Ω-m]
Material clase 3	0.3	8534.4
Primera capa	2	45.08
Segunda capa	4	46.86

TABLA 2 Valores de resistividad



El análisis se efectuará para las peores condiciones en las que pueda intervenir una persona con un peso de hasta 50 kg, para un tiempo de duración de falla de 0.5 segundos, en condiciones de ruptura del lazo de tierra, entendiendo lazo como la puesta a tierra de un determinado paquetizado o "Skid" en por lo menos dos puntos (El diseño exige la puesta a tierra en por lo menos dos puntos para cada paquetizado o "Skid").

Todo paquetizado o "Skid" deberá interconectar por medio de cable eléctrico el motor con la estructura metálica que lo soporte, el calibre será como mínimo el determinado para el mínimo conductor permitido.

5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Los parámetros que se evaluarán en la etapa de diseño serán:

Nivel de tensión de toque, definido por cálculo.

<p style="text-align: center;">SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS FACILIDADES ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DEL TERCER TREN DE PROCESAMIENTO DE LA CENTRAL DE PROCESOS EDÉN (EPF) DEL BLOQUE 12 DE PETROAMAZONAS EP</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">MEMORIA DE CÁLCULO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</p>	Departamento:	GERENCIA DE PROYECTOS
	Código No.:	12OS146711-EPF-70-MDC-002
	Revisión:	0
	Página No.:	7 de 15

Nivel de tensión de paso, definido por cálculo.

Resistencia de la malla total de la localidad, deberá ser no mayor de 1 ohm, en función de las buenas prácticas de ingeniería, y de los criterios preestablecidos del acápite 4, este valor no podrá ser el de una malla aislada, y será correspondiente a la malla final general de toda la localidad. De la teoría de reducción de mallas de impedancias resistivas en paralelo, se establece que, al colocar dos impedancias resistivas en paralelo, la resultante será siempre inferior a la de menor valor, con lo que se establece lo infructuoso del análisis por separado de la nueva malla de tierra ya que está nunca incrementará al valor de la malla existente, al contrario, un análisis de ese estilo si va en contra de un adecuado estudio de las tensiones de toque y paso.

6. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

El cálculo de la malla de puesta a tierra es un cálculo iterativo, con condicionantes tales como tipo de suelo, uso de la malla de puesta a tierra, etc, por estas razones y con el fin disminuir tiempos de diseño, se ha definido realizar el cálculo del cable de forma manual, para luego realizar el modelamiento y validación de la malla.

6.1. DIMENSIONAMIENTO DEL CABLE DE MALLA DE PUESTA A TIERRA

Cada elemento del sistema de tierra, en especial los conductores o electrodos horizontales de la malla de puesta a tierra, deben ser debidamente seleccionados para que satisfagan la vida útil esperada, en tal sentido, los elementos deben:

- Tener la suficiente conductividad, para evitar diferencias de voltaje sustanciales
- Ser resistentes a la fusión y al deterioro mecánico bajo las más severas condiciones de magnitud y duración de corriente de falla.
- Ser mecánicamente fuertes y seguros.
- Tener la capacidad de mantener su funcionalidad aun cuando fueran expuestos a corrosión o esfuerzo físico.

Materiales.

Existen materiales variados que pueden ser usados según el caso y las circunstancias:

Cobre. –



Material comúnmente usado para aterramiento, los conductores de cobre, en adición a su alta conductividad tiene la ventaja de ser resistente a la corrosión debido a que actúa como cátodo con respecto a otros metales que estén enterrados en el área circundante.

Acero revestido de cobre. –

Se usa habitualmente en las varillas de puesta a tierra, utilizado normalmente para acceder hasta estratos profundos, con valores de resistividad menores a la de las capas superficiales.

Aluminio. –

Es usado menos frecuentemente en mallas de puesta a tierra porque es auto corrosivo en ciertos suelos y porque el paso de corriente alterna produce cierto grado de corrosión; la capa de óxido de aluminio producida por la corrosión o auto corrosión es no conductiva e incrementa la posibilidad de presentarse diferencias de potencial inaceptables en la malla.

SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS FACILIDADES ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DEL TERCER TREN DE PROCESAMIENTO DE LA CENTRAL DE PROCESOS EDÉN (EPF) DEL BLOQUE 12 DE PETROAMAZONAS EP   MEMORIA DE CÁLCULO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	Departamento:	GERENCIA DE PROYECTOS
	Código No.:	12OS146711-EPF-70-MDC-002
	Revisión:	0
	Página No.:	8 de 15

Acero inoxidable. –

Al ser eléctricamente neutro, es un material altamente útil en los sistemas de puesta a tierra, pero poco utilizado por sus costos, sin embargo, se ha de preferir su uso para unión entre diferentes tipos de materiales.

Factores de dimensionamiento de los conductores de tierra.

El corto período de tiempo de incremento de temperatura en un conductor de tierra o la capacidad requerida del conductor de tierra en función de la corriente esperada puede ser obtenido de la ecuación:

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



(Ecuación 40, IEEE Std 80-2000 P: 43)

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

materiales conocidos, tales como los tabulados en las Tablas 3 y 4.

La corriente de cortocircuito utilizada corresponde a la máxima corriente de falla producida por la aportación simultánea de los tres transformadores principales de distribución de 5 y 1 MVA, sin la intervención de cables para maximizar sus condiciones, con todo lo establecido se definen los siguientes valores.

VARIABLE	VALOR	UNIDAD
I Corriente de falla RMS en [Ka]	18.98	kA
T_m Máxima temperatura admisible del conductor en [°C]	250	°C
T_a Temperatura ambiente en [°C]	40	°C
T_r Temperatura de referencia para constantes del material en [°C]	20	°C
α_r Coeficiente térmico de resistividad a la temperatura de referencia T _r en [1/°C]	0.00381	
ρ_r Resistividad del conductor de tierra a la temperatura de referencia T _r en [μΩ.cm]	1.78	
K_o 1/α _o o [(1/α _r)-T _r] en (°C)	242	°C
t_c Duración de la corriente de falla para el cálculo del conductor en (s)	0.2	s
TCAP Capacidad térmica por unidad de volumen en [J/(cm ³ *°C)]	3.42	J/(cm ³ *°C)



SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS FACILIDADES ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DEL TERCER TREN DE PROCESAMIENTO DE LA CENTRAL DE PROCESOS EDÉN (EPF) DEL BLOQUE 12 DE PETROAMAZONAS EP  	Departamento:	GERENCIA DE PROYECTOS
	Código No.:	12OS146711-EPF-70-MDC-002
	Revisión:	0
	Página No.:	9 de 15

MEMORIA DE CÁLCULO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

TABLA 3. Valores para la ecuación 40

Description	Material conductivity (%)	α_r factor at 20 °C (1/°C)	K_o at 0 °C (0 °C)	Fusing ^a temperature T_m (°C)	ρ_r 20 °C ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	TCAP thermal capacity [J/(cm ³ ·°C)]
Copper, annealed soft-drawn	100.0	0.003 93	234	1083	1.72	3.42
Copper, commercial hard-drawn	97.0	0.003 81	242	1084	1.78	3.42
Copper-clad steel wire	40.0	0.003 78	245	1084	4.40	3.85
Copper-clad steel wire	30.0	0.003 78	245	1084	5.86	3.85
Copper-clad steel rod ^b	20.0	0.003 78	245	1084	8.62	3.85
Aluminum, EC grade	61.0	0.004 03	228	657	2.86	2.56
Aluminum, 5005 alloy	53.5	0.003 53	263	652	3.22	2.60
Aluminum, 6201 alloy	52.5	0.003 47	268	654	3.28	2.60
Aluminum-clad steel wire	20.3	0.003 60	258	657	8.48	3.58
Steel, 1020	10.8	0.001 60	605	1510	15.90	3.28
Stainless-clad steel rod ^c	9.8	0.001 60	605	1400	17.50	4.44
Zinc-coated steel rod	8.6	0.003 20	293	419	20.10	3.93
Stainless steel, 304	2.4	0.001 30	749	1400	72.00	4.03

TABLA 4. Material constants (IEEE Std 80-2000 TABLA 2 P: 42)

SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS FACILIDADES ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DEL TERCER TREN DE PROCESAMIENTO DE LA CENTRAL DE PROCESOS EDÉN (EPF) DEL BLOQUE 12 DE PETROAMAZONAS EP   MEMORIA DE CÁLCULO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	Departamento:	GERENCIA DE PROYECTOS
	Código No.:	12OS146711-EPF-70-MDC-002
	Revisión:	0
	Página No.:	10 de 15



Material	Conductivity (%)	T_m^a (°C)	K_f
Copper, annealed soft-drawn	100.0	1083	7.00
Copper, commercial hard-drawn	97.0	1084	7.06
Copper, commercial hard-drawn	97.0	250	11.78
Copper-clad steel wire	40.0	1084	10.45
Copper-clad steel wire	30.0	1084	12.06
Copper-clad steel rod	20.0	1084	14.64
Aluminum EC Grade	61.0	657	12.12
Aluminum 5005 Alloy	53.5	652	12.41
Aluminum 6201 Alloy	52.5	654	12.47
Aluminum-clad steel wire	20.3	657	17.20
Steel 1020	10.8	1510	15.95
Stainless clad steel rod	9.8	1400	14.72
Zinc-coated steel rod	8.6	419	28.96
Stainless steel 304	2.4	1400	30.05

TABLA 5. Material constants (IEEE Std 80-2000 TABLA 3 P: 44)

De la Ecuación 40 y los valores correspondientes de las Tablas citadas se obtiene el área del conductor de la malla de tierra debe tener un valor igual o superior a:

$$A = 50,66 \text{ mm}^2 \quad \text{Equivalente: } 1/0 \text{ AWG.}$$

AWG	kcmil	mm ²	mm ²
750		380,03	400
500		253,35	300
450		228,02	240
400		202,68	
350		177,35	185
300		152,01	
250		126,68	150
4/0		107,22	120
3/0		85,01	95
2/0		67,43	70
1/0		53,49	
1		42,41	50
2		33,62	35
3		26,67	
4		21,15	25
5		16,77	
6		13,30	16
7		10,55	
8		8,37	10

SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS FACILIDADES ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DEL TERCER TREN DE PROCESAMIENTO DE LA CENTRAL DE PROCESOS EDÉN (EPF) DEL BLOQUE 12 DE PETROAMAZONAS EP  	Departamento:	GERENCIA PROYECTOS DE
	Código No.:	12OS146711-EPF-70-MDC-002
	Revisión:	0
	Página No.:	11 de 15

MEMORIA DE CÁLCULO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Factores Constructivos. -

Difícil acceso para mantenimiento.

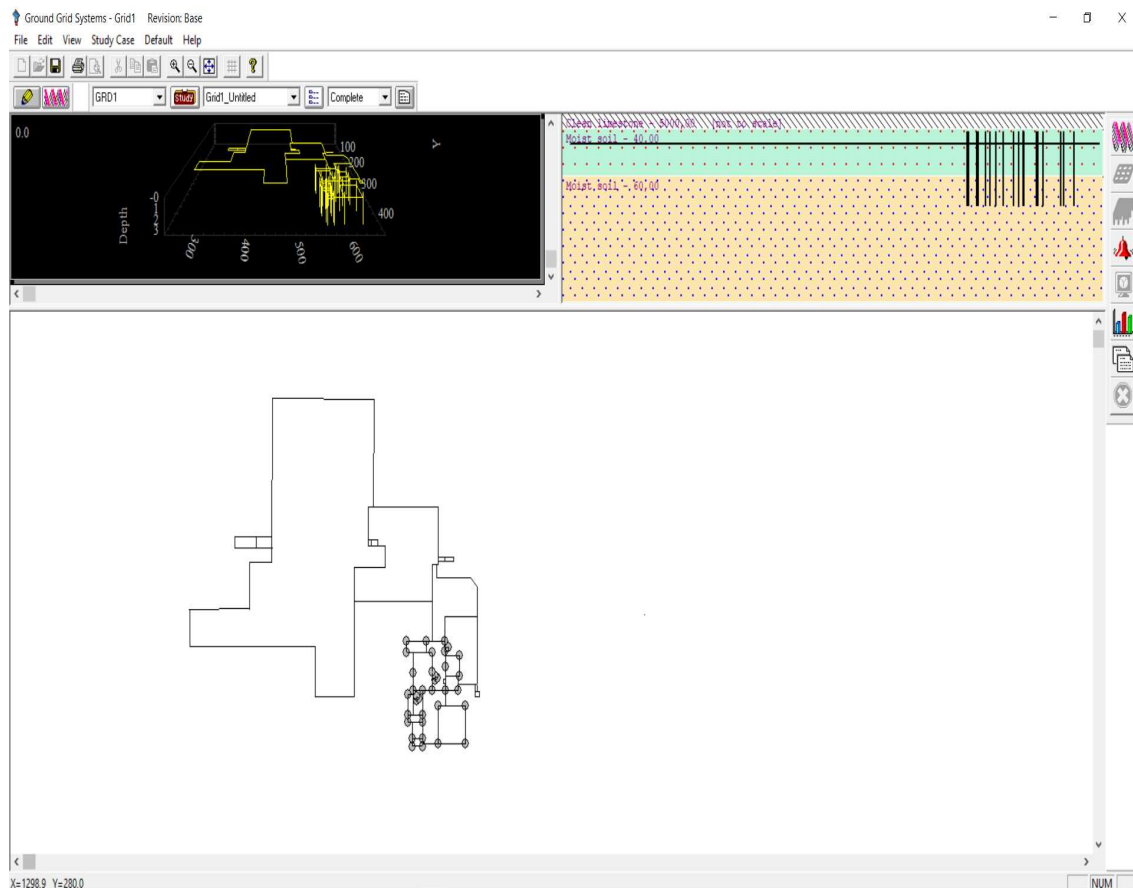
Condiciones corrosivas por medio ambiente.

Considerando el calibre mínimo calculado y los factores constructivos, se recomienda hacer uso de la práctica habitual para instalaciones de mallas de tierra en el Oriente ecuatoriano:

Malla interna, conductor # 4/0 AWG.



6.2. MODELADO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

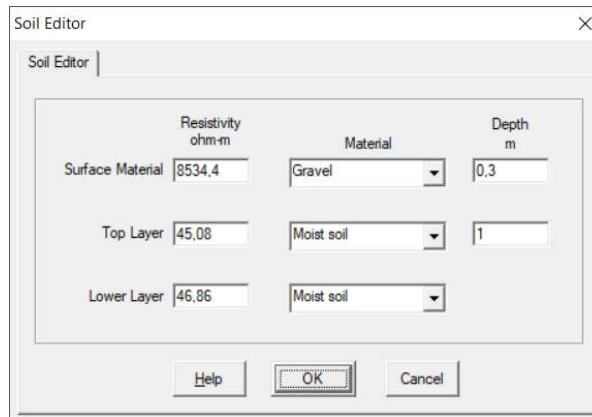
Para el cálculo y validación de la malla de tierra se ha utilizado la aplicación “Ground Grid System” del programa ETAP (Electrical Transient Analyzer Program), para lo cual se ha implementado la malla existente a la cual se ha integrado la malla de tierra proyectada según se muestra en el gráfico 1.



Gráfica 1. Modelado de Malla de tierra

Se modela las capas de suelo de la locación según lo requerido en la TABLA 2.

SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS FACILIDADES ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DEL TERCER TREN DE PROCESAMIENTO DE LA CENTRAL DE PROCESOS EDÉN (EPF) DEL BLOQUE 12 DE PETROAMAZONAS EP   MEMORIA DE CÁLCULO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	Departamento:	GERENCIA DE PROYECTOS
	Código No.:	12OS146711-EPF-70-MDC-002
	Revisión:	0
	Página No.:	12 de 15



	Resistivity ohm-m	Material	Depth m
Surface Material	8534.4	Gravel	0.3
Top Layer	45.08	Moist soil	1
Lower Layer	46.86	Moist soil	1

Gráfica 2. Valores de resistividad usados.

La corriente de falla a tierra considerada corresponde a la máxima corriente posible del sistema en el punto de mayor potencia de cortocircuito para el proyecto en curso, con esta corriente se evaluará la totalidad del arreglo de la malla de tierra, garantizando que, de ocurrir una falla en cualquier otro subsistema, la respuesta de la malla a tierra será adecuada.

Se ha considerado el análisis para el caso de una persona de 50 kg, según lo especificado en el estándar IEEE Std. 80 - 2000.



El factor de dispersión de corriente (S_f), se evalúa en función de los caminos que toma la corriente de falla, para lo cual se tiene por lo menos 2 puntos de puesta a tierra, por lo tanto, al factor de dispersión de corriente (S_f) le corresponde el valor de 50%.

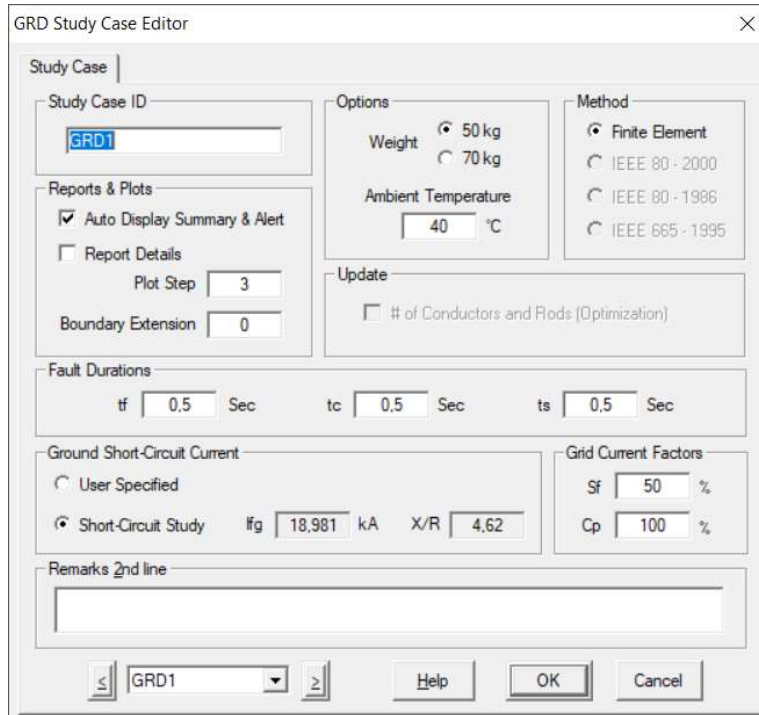
El tiempo de duración de la falla (t_f), corresponde al tiempo de actuación de las protecciones, con el fin de respaldar el sistema se considera un tiempo de 0,5 segundos, el cual se considera un tiempo alto para actuación de protecciones.

El tiempo de duración de la corriente de choque eléctrico (t_s), deberá ser igual o superior al tiempo de duración de la falla.

El tiempo de duración de la falla para el cálculo del conductor (t_c) será igual o superior al tiempo de duración de la falla.

En estas condiciones t_f , t_c y t_s deberán ser de 0,5 segundos. Todas estas características se modelan en el caso de estudio del módulo de tierra de ETAP como se muestra en la gráfica 3.

SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS FACILIDADES ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DEL TERCER TREN DE PROCESAMIENTO DE LA CENTRAL DE PROCESOS EDÉN (EPF) DEL BLOQUE 12 DE PETROAMAZONAS EP   MEMORIA DE CÁLCULO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	Departamento:	GERENCIA PROYECTOS	DE
	Código No.:	12OS146711-EPF-70-MDC-002	
	Revisión:	0	
	Página No.:	13 de 15	

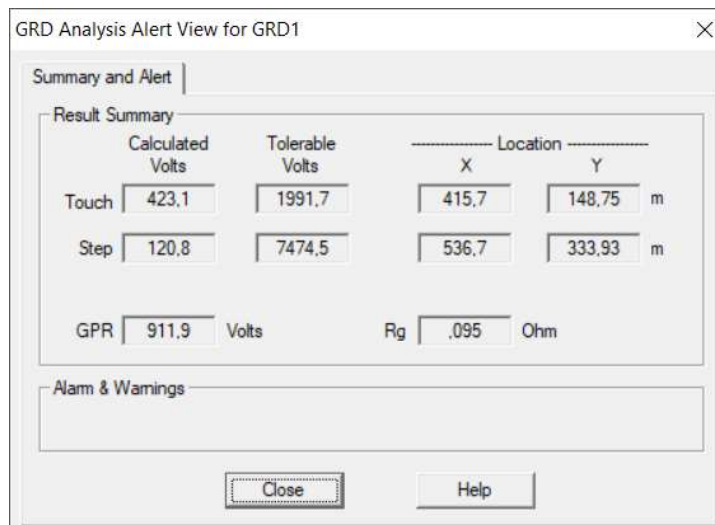


Gráfica 3. Condiciones de diseño usadas.

6.3. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Los resultados presentados, corresponde al arreglo final obtenido luego de varios procesos de reajuste de la malla de tierra planteada.



Los resultados obtenidos de la simulación se muestran en la gráfica 4:



	Calculated Volts	Tolerable Volts	Location	
			X	Y
Touch	423,1	1991,7	415,7	148,75 m
Step	120,8	7474,5	536,7	333,93 m

GPR 911,9 Volts Rg .095 Ohm

Gráfica 4. Resultados de la simulación

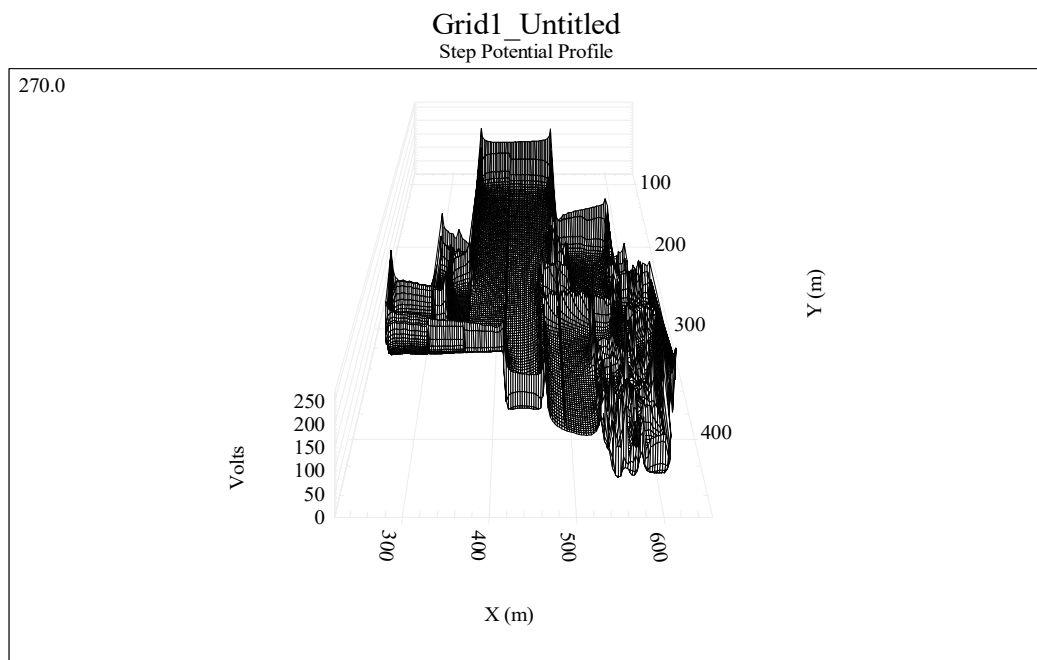
SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS FACILIDADES ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DEL TERCER TREN DE PROCESAMIENTO DE LA CENTRAL DE PROCESOS EDÉN (EPF) DEL BLOQUE 12 DE PETROAMAZONAS EP   MEMORIA DE CÁLCULO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	Departamento:	GERENCIA DE PROYECTOS
	Código No.:	12OS146711-EPF-70-MDC-002
	Revisión:	0
	Página No.:	14 de 15

Los resultados más significativos, obtenidos de la simulación de la malla a tierra se resumen en la TABLA 6.

Descripción	Valor Calculado	Máximo Valor Permitido	Observaciones
Resistencia de puesta a tierra (Rg)	0,095 [Ω]	1 [Ω]	Cumple
Voltaje de Toque (Em)	423,1 [V]	1991,7 [V]	Cumple
Voltaje de Paso (Es)	120,8 [V]	7474,5 [V]	Cumple



TABLA 6. Análisis de Resultados

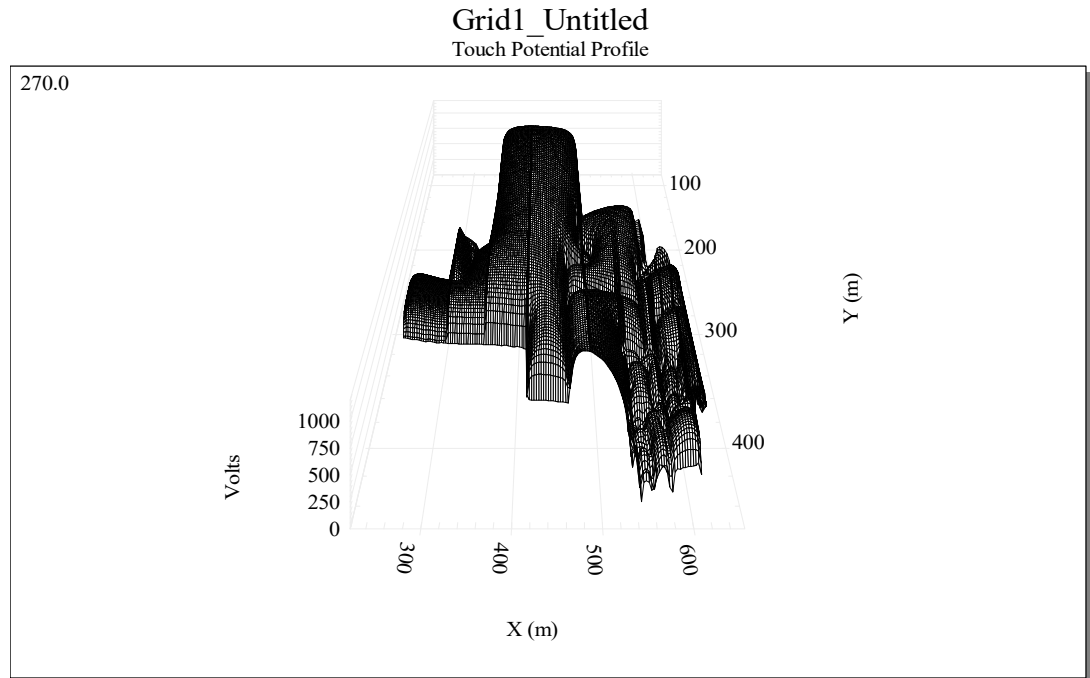
Los resultados de la distribución para la condición de voltaje de paso en la localidad se muestran en la gráfica 5.



Gráfica 5. Voltaje de Paso

Los resultados de la distribución para la condición de voltaje de toque en la locación analizada se muestran en la gráfica 6.

<p>SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE ACONDICIONAMIENTO DE LAS FACILIDADES ELECTROMECÁNICAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO DEL TERCER TREN DE PROCESAMIENTO DE LA CENTRAL DE PROCESOS EDÉN (EPF) DEL BLOQUE 12 DE PETROAMAZONAS EP</p> <p> </p> <p>MEMORIA DE CÁLCULO SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</p>	Departamento:	GERENCIA PROYECTOS DE
	Código No.:	12OS146711-EPF-70-MDC-002
	Revisión:	0
	Página No.:	15 de 15



Gráfica 6. Voltaje de Toque

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El valor de resistencia obtenido es de $0,095 \Omega$, el cual se encuentra dentro del rango sugerido para los sistemas eléctrico de fuerza y para los sistemas de instrumentación y control, por tanto, se establece que la malla existente junto con la malla proyectada, soportan las condiciones definidas para la corriente de cortocircuito del sistema proyectado que es parte del alcance del presente proyecto, cuyos resultados se muestran en la tabla 6.

Los voltajes de toque y de paso se encuentran por debajo de los límites obtenidos del estudio de la malla de tierra, para el caso particular del presente proyecto, según se establece en el procedimiento de cálculo la IEEE Std 80-2000, mostrado en la tabla 6.

El calibre del conductor 4/0 AWG, de la malla principal es adecuado.

ANEXOS.

7.1. ANEXO 1 RESULTADO DE SIMULACIÓN.