Tabla 7. Resumen de Carga Tablero Montacarga.

PROYECTO: DISEÑO DE ARCHIVO MUNICIPAL DE FLORENCIA

ESPECIFICACIONES: TRIFASICO 5 HILOS (3F+N+T) -TIPO COFRE.

VOLTAJE: 220-127V

TABLERO: MONTACARGA

CUADRO DE CARGA

NUMERO DE CIRCUITO	AMBIENTE	FUERZA NORMAL 3730 / CIRCUITO DE USO ESPECIAL	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA EN VA	CORRIENTE FASE R	CORRIENTE FASE S	CORRIENTE FASE T	CAPACIDAD CONDUCTOR 125%	CALIBRE CONDUCTOR AWG	INT. AUT. NORMALIZADO
1										
3	MONTACARGA	1	0,8	4663	12,2	12,2	12,2	15,3	8	3X30
5										
	TOTAL CARGA USO ESPECIAL	1		4663						

FACTORES DE DEMANDA

TOTAL CARGA PROYECTADA (AL 100% ART 220-11 NTC 2050)	4663			
CALCULO DE CORRIENTE	12	A	AL 125%	15
INT. NORMALIZADO	3x30	A		
ACOMETIDA	3#8+1#8+ 1#8T AWG			

D. Análisis de Coordinación de Aislamiento Eléctrico.

Con respecto a la coordinación de aislamiento este depende del tipo de tensión a manejar. En este proyecto se manejan 2 tipos de tensión, trifásica 13,2 kV en Media Tensión (M.T.) y 220/127 V, en Baja Tensión (B.T.).

Para el nivel de tensión de 13,2 kV, el nivel de aislamiento BIL es de 110 (kv), así mismo, la estructura existente cumple con la norma de diseño, IPSE NC 523, NC 711.

Los tipos de aisladores a manejar son aisladores tipo pin o espigo para tensión de 13,2 kV Norma ANSI C29.5 Clase 55-4.

Para el bajante de la acometida desde el transformador hasta el punto de conexión en B.T. se utilizaron conductores eléctricos de cobre, con un

aislamiento termoplástico de Cloruro de Polivinilo (PVC) y protegido por una cubierta termoplástica de Nylon; diseñados para operar a un voltaje máximo de 600 voltios. Para

Los conductores están respaldados por las siguientes normas:

- NC 1332 UL 83
- NTC 5536-ASTM B-801
- NTC 5535- ASTM B-800

Para las áreas internas de la edificación, se deberán emplear conductores de cobre Libre de Halógenos.

Están diseñados para operar a una temperatura máxima en el conductor de:

- 90° C en ambientes secos.
- 75° C en ambientes húmedos.

E. Análisis y Cálculos de Cortocircuito, Arco Eléctrico y Falla a Tierra.

Según la NTC 819 (cuarta actualización) Tabla 1. Transformadores trifásicos de 15 KVA a 3750 KVA, serie AT ≤ 15 kV, serie BT ≤ 1,2 KV, se estima una impedancia de Uz 3.5 % para transformadores de 75 KVA

E.1. Corrientes de cortocircuito Icc.

A- Transformador No 1: 75 KVA

Datos de cálculo:

- Tipo: Aceite
- Zcc: 3.5%

- Vp: 13200 V
- Vs: 220 V

❖ **Media Tensión:**

$$In_{MT} = \frac{Potencia\ en\ (VA)}{\sqrt{3} * Tensión\ en\ (V)}$$

$$In_{MT} = \frac{75000\ VA}{\sqrt{3} * 13200\ V}$$

$$In_{MT} = \mathbf{3.28\ A}$$

$$Icc_{MT} = \frac{In * 100}{Uz}$$

$$Icc_{MT} = \frac{3.28 * 100}{3.5}$$

$$Icc_{MT} = \mathbf{93.71\ A}$$

❖ **Baja Tensión:**

$$In_{BT} = \frac{Potencia\ en\ (VA)}{\sqrt{3} * Tensión\ en\ (V)}$$

$$In_{BT} = \frac{75000\ VA}{\sqrt{3} * 220\ V}$$

$$In_{BT} = 196.82\ A$$

$$Icc_{BT} = \frac{In * 100}{Uz}$$

$$Icc_{BT} = \frac{196.82 * 100}{3.5}$$

$$Icc_{BT} = \mathbf{5623.42\ A}$$

F. ANÁLISIS DEL NIVEL TENSIÓN REQUERIDO.

Teniendo en cuenta la carga y lo estipulado por el Operador de Red ELCTROCAQUETA, el nivel de tensión requerido en el devanado secundario del transformador, será de 220V/127V (3F+N+T) y en el devanado primario un nivel de tensión de 13.2 KV en la factibilidad del servicio del punto de conexión en media tensión proyectado, para la subestación en postes de 75 KVA.

G. CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.

De acuerdo al Retie 2024 el artículo 3.11.2. Medición de campos electromagnéticos se debe realizar si existen edificaciones a menos de 20 m de líneas de 110 kV o menos de 30 m para tensiones mayores, se debe medir el campo electromagnético en los sitios donde pueda haber permanencia de

personas (fachadas, balcones, ventanas o azoteas), tomando como referencia el conductor más cercano.

H. CÁLCULO DE TRANSFORMADORES INCLUYENDO EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA.

H1. Metodología de Cálculo.

Para el cálculo de la capacidad del transformador, se consideró:

- El cálculo de la demanda total, según cuadro de carga diversificada mediante los factores de demandada de la NTC 2050 Art 220-11/30. Así mismo, la Tabla 220-32 de la NTC 2050.

Tabla 8. Resumen de Demanda Total.

PROYECTO: DISEÑO DE ARCHIVO MUNICIPAL DE FLORENCIA RESUMEN DE CUADROS DE CARGA SEGÚN FACTORES DE DIVERSIDAD NTC 2050 VOLTAJE: 220-127V		RESUMEN DE CARGA TRANSFORMADOR		
NUMERO DE CIRCUITO	AMBIENTE	CARGAS DE ALUMBRADO	CARGAS DE TOMAS	OTRAS CARGAS
1	TABLERO GENERAL DISTRIBUCION ILUMINACION FUERZA T-1	2989	7768	
2	TABLERO GENERAL DISTRIBUCION ILUMINACION FUERZA T-2	3055	7200	
3	TABLERO GENERAL DISTRIBUCION REGULADO TR-1			10000
4	TABLERO GENERAL DISTRIBUCION AIRES ACONDICIONADO			39356
5	TABLERO MONTACARGA			4663
	TOTAL CARGAS ALUMBRADO 100% ART 220-11 NTC 2050	**6044**		
	TOTAL CARGAS TOMAS		**14968**	
	OTRAS CARGAS			**54018**
	CARGA ILUMINACION (AL 100% ART 220-11 NTC 2050)			6044
	CARGA (PRIMEROS 10000 VA O MENOS AL 100% ART 220-13 NTC 2050)			10000
	CARGA ((A PARTIR DE 10000 VA AL 50% ART 220-13 NTC 2050)			2484
	OTRAS CARGAS (AL 100%)			54018
	TOTAL CARGA NETA CALCULADA			72546
	CARGA PROYECTADA			75000
	CALCULO DE CORRIENTE SE REALIZA CON LA CARGA NETA CALCULADA	197	AL 125%	246,02994

Características del Transformador Seleccionado.

- Capacidad del transformador: 75 kVA
- Tipo de transformador: Trifásico o Tensión primaria: 13.2 kV
- Tensión secundaria: 220/127 V
- Corriente nominal primaria: 3.28 A
- Corriente nominal secundaria: 196.82 A
- Tipo de transformador: Aiceite
- Impedancia: 3.5%

H.2 Selección del equipo de medida.

La selección del equipo medidor de energía, se realizó de acuerdo con lo indicado en la Tabla 2 y 3 de norma NTC 5019 de 2007.

Tabla 9. Selección de medidores de energía. NTC5019-Tabla 2.

Tipo de medición	Tipo de servicio	Capacidad Instalada (CI) en kVA	Descripción del medidor			
			Medidor	Energía	Clasificación	Clase Estático
Directa	Monofásico bifilar	<= 12	Monofásico bifilar	Activa	Básico	1
	Monofásico trifilar	<= 24	Monofásico trifilar o Bifásico trifilar	Activa	Básico	1
				Activa y Reactiva	Multienergía	1 2
	Bifásico trifilar	<= 24	Bifásico trifilar	Activa	Básico	1
				Activa y Reactiva	Multienergía	1 2
	Trifásico tetrafilar	<= 36	Trifásico tetrafilar	Activa	Básico	1
				Activa y Reactiva	Multifunción	1 2
Semi-directa	Monofásico trifilar	> 24	Monofásico trifilar o Trifásico trifilar	Activa y Reactiva	Multifunción	1 2
	Trifásico tetrafilar	> 36	Trifásico tetrafilar	Activa y Reactiva	Multifunción	1 o 0,5S 2
Indirecta	Trifásico tetrafilar	> 225	Trifásico trifilar 7) o Trifásico tetrafilar 8)	Activa y Reactiva	Multifunción	0,5 S 2
			Trifásico tetrafilar 9)	Activa y Reactiva	Multifunción	0,2 S 2

Tabla 10. Medidores de energía y sus características eléctricas NTC5019-Tabla 3.

Tipo de medición	Medidor de energía	Características del medidor										
		No. F	No. H	No. E	V_r (V)[1]	F_r (Hz)	I_b (A)		I_n[2] (A)	I_{max}[3] (A)	CM (%)	
							Medidor Electromecánico	Medidor estático			Medidor electromecánico	Medidor estático
Directa	Activa, monofásico bifilar	1	2	1	120	60	≤ 15	≤ 10	-	≥ 60	≥ 400	≥ 600
	Activa, monofásico trifilar	1	3	1½	240							
	Activa, bifásico trifilar	2	3	2	2x120/208		≤ 30					
	Reactiva y/o activa, trifásico tetrafilar	3	4	3	3x120/208							
Semi-directa	Activa, monofásico trifilar	1	3	1½	240		-	-	5	≥ 6	-	-
	Activa y/o reactiva, trifásico trifilar	3	3	2	3x120							
	Activa y/o reactiva, trifásico tetrafilar	3	4	3	3x120/208							
Indirecta	Activa y/o reactiva, trifásico trifilar	3	3	2	3x120							
	Activa y/o reactiva, trifásico tetrafilar	3	4	3	3x69,2/120							

CONVENCIONES

No. F Número de fases — No. H Número de hilos — No. E: Número de elementos — V_r Tensión de referencia
F_r Frecuencia de referencia — I_b: Corriente básica — I_n Corriente nominal — I_{max} Corriente máxima
CM Cargabilidad del medidor

1) Las tensiones de referencia indicadas en la Tabla 2 corresponden a las requeridas para medidores a conectar en un sistema con tensiones entre líneas de 208 V o 240 V y tensiones línea a neutro de 120 V. En general la tensión de referencia del medidor debe corresponder a la tensión nominal del sistema eléctrico en el punto de conexión del medidor. También se permite la instalación de medidores multi-rango de tensión, siempre y cuando la tensión nominal del sistema eléctrico, en el punto de conexión del medidor esté dentro de los rangos de tensiones para los cuales se garantiza la exactitud del medidor.

2) En casos especiales la corriente nominal puede ser de 1 A y en dicho caso la corriente máxima debe ser mayor o igual a 2 A.

3) Para medición directa, la corriente máxima del medidor debe ser superior a la corriente a plena carga en el punto de conexión. Para las mediciones semi-directas e indirectas la corriente máxima del medidor debe ser mayor o igual al valor resultante de multiplicar la corriente nominal del t.c. por su factor de sobrecarga

- **Medida de General.**

Se empleará el tipo de medición semi-directa, con un tipo de servicio trifásico tetrafilar, que estará compuesta por: Un (1) medidor de energía reactiva y activa trifásico tetrafilar 3x127/220V con índice de clase para energía activa 1 y reactiva 2, tres (3) transformadores de corriente (TC) de barra pasante de relación 200/5 clase de exactitud 0.5 y un bloque de pruebas para tres elementos.

Para la selección de los transformadores de corriente se determinó la corriente primaria y secundaria en relación a la carga de diseño.

- **Corriente nominal primaria y secundaria:**

La corriente primaria nominal del transformador de corriente, se seleccionó de tal forma que el valor de la corriente a plena carga, en el sistema eléctrico al cual está conectado el transformador de corriente esté comprendido entre

el 80 % de la corriente nominal y la corriente nominal multiplicada por el factor de cargabilidad del TC, es decir:

$$0.8I_{pn} \leq I_{pc} \leq I_{pn}FC$$

$$0.8 * 200 \leq 196.82 \leq 200 * 1.2$$

Donde:

I_{pc} = es la corriente a plena carga del sistema eléctrico en el punto donde será conectado el transformador de corriente. Para nuestro caso es 196.82 A, que es la corriente nominal del **Transformador**.

I_{pn} = es la corriente primaria nominal del transformador de corriente seleccionado. Para nuestro caso es 200 A, ya que la carga de diseño proyectada es de 75 KVA, y está comprendida dentro del rango de 69 a 91 KVA estipulados en la Tabla 4 de la NTC 5019 de 2007.

FC = es el factor de cargabilidad del TC. Se consideró el factor 1.2, haciendo referencia a la corriente máxima garantizada en el transformador.

El valor normalizado de la corriente secundaria del TC es de 5A.

Tabla 11. Relación de transformadores T.C. para mediciones semi-directa NTC5019-Tabla 4.

Circuitos a 3 x 120/208 V		Circuitos a 3 x 127/220 V		Circuitos a 3 x 254/440 V		Circuitos a 120/240 V	
Capacidad instalada (kVA)	**Relación de los t.c**	**Capacidad instalada (kVA)**	**Relación de los t.c**	**Capacidad instalada (kVA)**	**Relación de los t.c**	**Capacidad instalada (kVA)**	**Relación de los t.c**
28 A 43	100/5	30 A 45	100/5	60 A 91	100/5	19 A 28	100/5
44 A 65	150/5	46 A 68	150/5	92 A 137	150/5	29 A 43	150/5
66 A 86	200/5	69 A 91	200/5	138 A 183	200/5	44 A 57	200/5
87 A 129	300/5	92 A 137	300/5	184 A 274	300/5	58 A 86	300/5
130 A 162	400/5	138 A 182	400/5	275 A 365	400/5	87 A 108	400/5
163 A 194	500/5	183 A 228	500/5	366 A 457	500/5	109 A 129	500/5
195 A 259	600/5	229 A 274	600/5	458 A 548	600/5	130 A 172	600/5
260 A 324	800/5	275 A 365	800/5	549 A 731	800/5	173 A 216	800/5
325 A 389	1 000/5	366 A 457	1 000/5	732 A 914	1000/5	217 A 259	1 000/5
390 A 467	1 200/5	458 A 548	1 200/5	915 A 1097	1200/5	260 A 311	1 200/5
468 A 648	1 600/5	549 A 731	1 600/5	1 098 A 1463	1600/5	312 A 438	1 600/5

- **Clase de exactitud:**

Para la clase de exactitud de los medidores y transformadores de corriente (TC), se consideró el nivel de tensión del punto de conexión en el sistema eléctrico y la magnitud de la carga a la cual se efectuará la medición de energía consumida. El índice de la clase de medidor de energía reactiva corresponde a lo establecido en la norma NTC 4569 o sus equivalentes normativos de la Comisión Electrotécnica Internacional, CEI.

A continuación, se muestra la clasificación de los puntos de medición, en relación a lo estipulado en la Resolución de la CREG 038/2014, Articulo 6.

Tabla 12. Clasificación de los puntos de medición CREG 038.

de medicion	de energia, C, [MWh-mes]	CI, [MVA]
1	$C \geq 15.000$	$CI \geq 30$
2	$15.000 > C \geq 500$	$30 > CI \geq 1$
3	$500 > C \geq 50$	$1 > CI \geq 0,1$
4	$50 > C \geq 5$	$0,1 > CI \geq 0,01$
5	$C < 5$	$CI < 0,01$

La clase de exactitud de los medidores y transformadores de medida corresponde a lo señalado en la Tabla 2 de la Resolución de la CREG 038/2014, Articulo 9.

Tabla 13. Requisitos de exactitud para medidores y transformadores de medida CREG 038-Tabla 2.

Tipo de puntos de medición	Índice de clase para medidores de energía activa	Índice de clase para medidores de energía reactiva	Clase de exactitud para transformadores de corriente	Clase de exactitud para transformadores de tensión
1	0,2 S	2	0,2 S	0,2
2 y 3	0,5 S	2	0,5 S	0,5
4	1	2	0,5	0,5
5	1	2	--	--

I. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Para el sistema de puesta a tierra, se presentan los cálculos y resultados de las simulaciones en el Software ASPIX para el cálculo del sistema de puesta a tierra, donde se ha utilizado la Norma IEEE Std 80-2000 Guide for Safety in ACSubstation Grounding; y la Norma ANSI/IEEE Std.81 - 1983 "IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, GroundImpedance, and Earth Surface Potencials of a Ground System".

Para el sistema de tierra se seguirán las recomendaciones del Código Eléctrico Nacional y las disposiciones de la Operador Local prestador del servicio. Una vez construido el sistema de tierra, se deberá comprobar que su resistencia sea inferior a la máxima permitida, en caso de obtener un valor superior se recomienda hacerle un tratamiento al suelo con la que se conseguirá la resistencia adecuada.

Para el cálculo del SPT se toma como referencia los valores estandarizados en la tabla 15.4 del RETIE.

I.1 Determinación de la sección mínima del cable de la malla de puesta a tierra.

El cable que se utiliza en la malla de puesta a tierra es de cobre desnudo, debido a su alta conductividad, resistencia a la corrosión al ser enterrado, y su comportamiento catódico respecto a otros metales. Para determinar la sección mínima del cable, debido a los esfuerzos térmicos, se utilizó la siguiente fórmula:

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

Donde:

Amm²: Seccion del cable de cobre (mm²).

I: Corriente de falla monofásica. A través del cable.

Tm: Temperatua máxima permisible (1083°C).

Ko: (1/αr). (234).

Ta: Temperatura del ambiente (22°C).

tc: Duracion de la falla (0.5 s).

αr: Coeficiente térmico de resistividad a la Temperatura Tr (0.00393_1/°C).

ρr: Resistividad del conductor a la temperatura Tr (1.72 μΩ-cm)

TCAP:
Capacidad térmica por unidad de volumen del conductor (3.42J/cm3°C)

Nota: Los valores mencionados fueron tomados de la tabla 1 – "Material constants" pág. 42 de la norma IEEE Std 80-2000.

El conductor seleccionado para la malla de puesta a tierra es el de calibre 2AWG.

I.2 Datos de evaluación de la malla.

para los datos de entrada al programa aspix (software de diseño del sistema de puesta a tierra), se tuvieron en cuenta los resultados del modelo del suelo, los arreglos de la malla de tierra, la corriente de cortocircuito (1.961 ka), y los detalles de la malla tales como calibre, profundidad y dimensiones de las varillas de puesta a tierra.

Los datos de entrada requeridos por el programa Aspix para el análisis de la malla de la subestación son:

PROPIEDADES	VALOR
• Máxima corriente de falla a tierra (A) al 50% entregada por el OR	2194
• Resistividad (Ωm)	50
• Resistividad (Ωm)	4000
• Espesor de la capa de gravilla (m)	0.15
• Duración de la falla (s)	0.15
• Profundidad de los conductores de la malla (m)	0.6
• Calibre del conductor principal (AWG)	2
• Longitud de las varillas en cada punto(m)	2.4

En las figuras siguientes se la distribución de los electrodos de la malla de tierra proyectada.

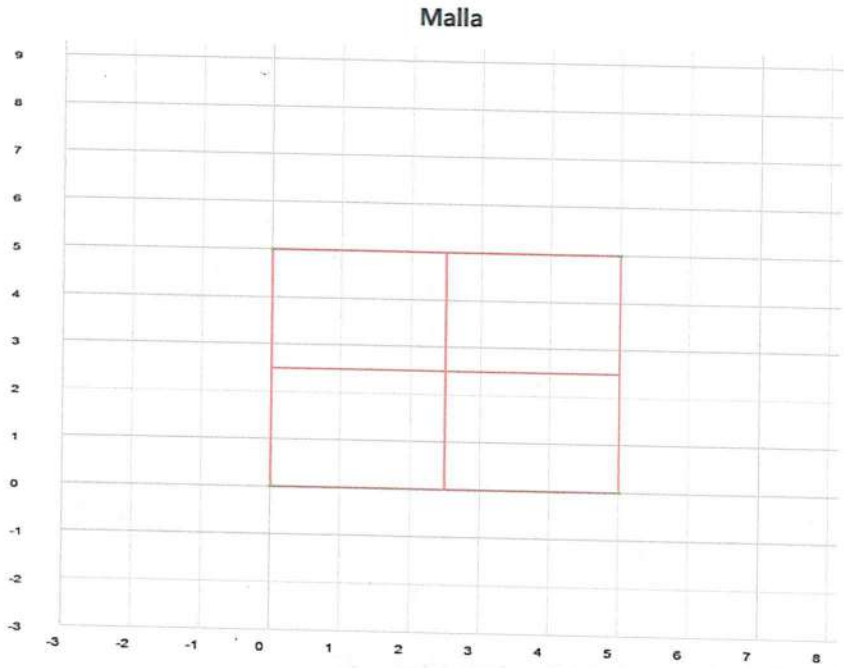


Figura 2. Malla de Tierra Proyectada Vista 2D

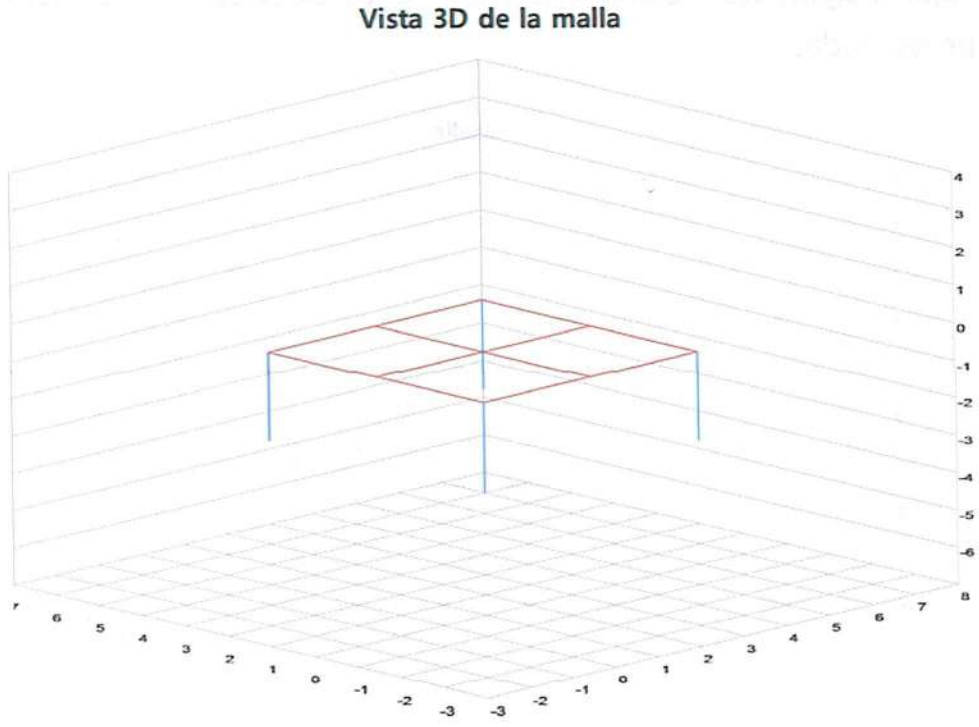


Figura 3. Malla de Tierra Proyectada Vista 3D.

De la simulación de la malla de la red de tierra, se obtiene los siguientes resultados:

PROPIEDADES	VALOR
• Elevación del potencial de tierra GPR (V)	4543.89
• Resistencia de la malla (Ω)	3.452

I.3 Tensiones máximas admisibles de toque y de paso.

las situaciones típicas de choque eléctrico que involucran a una persona en una instalación durante una falla son: pie-pie desarrollándose tensiones de paso y mano pie, mano-mano desarrollándose tensiones de toque. la seguridad de una persona consiste en determinar el nivel de tensión que es capaz de soportar durante un determinado tiempo sin sufrir daño. las máximas tensiones de toque y paso están dadas por las siguientes fórmulas:

Para una persona con un peso de 50 kg.

$$E_{TOQUE} = (1000 + 1.5C_S\rho_S)\frac{0.116}{\sqrt{t}}V \qquad E_{PASO} = (1000 + 6C_S\rho_S)\frac{0.116}{\sqrt{t}}V$$

Para una persona con un peso de 70 kg.

$$E_{TOQUE} = (1000 + 1.5C_S\rho_S)\frac{0.157}{\sqrt{t}}V \qquad E_{PASO} = (1000 + 6C_S\rho_S)\frac{0.157}{\sqrt{t}}V$$

Donde:

t: duración de la corriente de falla.

Cs: factor de reducción, depende de características de la capa de grava.

$$C_S = 1 - \frac{0,09\left(1 - \frac{\rho}{\rho_S}\right)}{2h_S + 0,09}$$

ρ : resistividad aparente del terreno.