

**MEMORIA DE CÁLCULO PROYECTO DE
SUBESTACIÓN TRILLADORA**

**ING FABIAN ALEJANDRO MORA C.
MP 25348-229752 CND**

Rad.	Fecha de Emisión	Descripción	Diseñado por
RAD01			
RAD02			
RAD03			

Contenido

1.	NORMATIVIDAD APLICADA	3
2.	INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	3
3.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	3
4.	ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN.....	3
5.	ANÁLISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS.....	13
6.	CUADROS DE CARGA.....	25
7.	ANÁLISIS DE NIVEL DE TENSIÓN REQUERIDO	25
8.	CALCULO DEL TRANSFORMADOR.....	25
9.	selección de protecciones de transformador	26
10.	DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES, PROTECCIONES, REGULACIÓN Y PÉRDIDAS	27
10.1.	ALIMENTADORES EN COBRE DE MEDIA TENSIÓN	27
10.2.	ALIMENTADORES EN CU BAJA TENSIÓN.....	27
11.	COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DE FASE Y TIERRA.....	28
12.	selección de equipos de medida en bt	29
13.	Especificación índice de clase del medidor	30
14.	SELECCIÓN Y CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES.....	30
15.	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	34
16.	CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.....	39
17.	ANALISIS DEL FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS.....	39
18.	CALCULO DE DUCTOS	40
19.	CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS.....	41
20.	CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES.....	42

1. **NORMATIVIDAD APLICADA**

-) Norma técnica colombiana NTC2050
-) Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE
-) Normas del operador de red local Compañía Energética de Occidente
-) NTC4552-1 Protección contra rayos. Principios generales
-) NTC4552-2 Protección contra rayos. Manejo del Riesgo
-) NTC4552-3 Protección contra rayos. Daños físicos a estructuras y amenazas a la vida

2. **INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

Nombre del proyecto: Trilladora
Dirección del proyecto: Vía Inza Popayán, cerca de centro de capacitación Segovia.
Diseñador Eléctrico: Ing. Fabián Mora C.
Matricula Prof. No.: CND 25348 – 229752

3. **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El suministro de energía eléctrica para el proyecto Trilladora, se realizará desde las redes de distribución de M.T. de la Compañía energética de Occidente existentes, el punto de conexión entregado con nivel de tensión 13200 V, ubicado en la estructura final de circuito con transformador con referencia CD 01535.

A la subestación se llegará a través de una red subterránea de 40 m, esta red proviene de una prolongación de red aérea de aproximadamente 200 m, el punto de conexión se realizará desde la red trifásica existente privada de MT cuyo punto de conexión está en el apoyo No 2491532.

4. **ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN**

Se realiza el análisis de riesgo mediante el software Ingesco el cual cumple con la IEC62305-2 para lo cual se tienen los siguientes datos de entrada:

Ubicación específica:	Departamento del Cauca, Vía -Inza Popayan
Altura aproximada:	15 m
Tipo de estructura:	Estructura en ladrillo y hormigón.
Uso:	Comercial, manufactura.
Ambiente:	Rural rodeado de objetos de similar altura
Localización relativa:	Objeto rodeado de objetos o arboles de igual altura o menor
Dimensiones:	Largo: 25 m Ancho: 44 m Alto: 9,2 m
Densidad de descargas a tierra:	2 rayos/km ² *año

De acuerdo a las memorias de cálculo del Análisis del Nivel de Riesgo por Rayo se hace necesario tomar las siguientes medidas de protección:

- Es necesario instalar un sistema de protección externo contra descargas atmosféricas.
- Es necesario instalar un sistema de protección interno contra sobretensiones.
- Es necesario que las instalaciones cuenten con un sistema de protección contra incendios de uso manual, instalación de extintores y señalización de evacuación.

- Se recomienda instalar medidas de protección adicionales previstas con sistema de avisos.

Los cálculos del sistema de apantallamiento para el diseño del proyecto son los siguientes:

Con base en la norma CEO y de acuerdo con las curvas de nivel ceraúnico (NC) del departamento del Cauca donde el NC = 100 y teniendo en cuenta la NTC 4552 donde especifica que el que la Densidad de Descargas a Tierra (DDT) es un parámetro complementario de la NC que permite cuantificar la incidencia de rayos en una zona según la ecuación $DDT = 0.0017N^{1.5}$ para Colombia, se determina que la DDT para la zona de Neiva y Popayán es de 1-2 según Norma Técnica Colombiana (NTC 4552-1). Ver la siguiente tabla:

DENSIDAD DE DESCARGAS A TIERRA DE LAS PRINCIPALES CIUDADES Y POBLACIONES DE COLOMBIA

Ciudad		Rango de DDT (rayos / km ² x año) para áreas de 3 km x 3 km
Arauca	Puerto Inrida	1-2
Barranquilla	Riohacha	
Bogotá	San Andrés	
Bucaramanga	San José del Guaviare	
Cali	Tumaco	
Cartagena	Turija	
Cúcuta	Valledupar	
Florencia	Villavicencio	
Ipiales	Armenia	
Leticia	Ibagué	
Mitú	Manizales	
Mocoa	Medellín	
Neiva	Montería	
Pastó	Ocaña	
Popayán	Santa Marta	
Puerto Carreño	Sincelejo	
	Yopal	
Corozal	Magangué	3-5
Pereira	Turbo	
Girardot		6-9
Barrancabermeja		
Quibdó		10-14
Samaná		
El Banco		
Bagre		
Remedios		
La Palma		15-20
Nechí		
Zona rural de Quibdó		8-14
Zona rural de la Palma		8-12
Zona Rural de Samaná		10-16
Serranía de San Lucas y Estibaciones		20-40
Magdalena Medio		8-16

“Los valores máximos de los parámetros de corriente de rayo del nivel I (NPR) se reduce a 75% para el nivel II, y a 50% para los niveles III y IV. Los parámetros del tiempo no cambian” [2]

Para hallar la **I_{abs}** nos referimos a la siguiente gráfica tomada de la Norma Técnica Colombiana NTC 4552-1, donde observamos que para el nivel IV la corriente se reduce al 50% lo cual indica que la corriente **I_{abs}** es: **40 kA**



Después de determinar la **DDT** y la **labs** nos referimos a la siguiente tabla donde se indica el nivel de exposición al rayo en el que nos encontramos.

Densidad de descargas a tierra (Descargas/Km ² -año)	Corriente pico absoluta promedio en (kA)		
	40 ≤ labs	20 ≤ labs < 40	labs < 15
30 ≤ DDT			
15 ≤ DDT < 30			
5 ≤ DDT < 15			
DDT < 5			

Severo	
Altos	
Medios	
Bajos	

Según la NTC 4552 la estructura a proteger cumple con las condiciones presentadas en las siguientes tablas:

Características de la estructura

Clasificación de estructuras	Ejemplos de estructura	Indicador
A	Teatros, centros educativos, Iglesias	40
B	Oficinas, hoteles, viviendas	30
C	Industrias pequeñas, museos, bibliotecas	20
D	Estructuras no habitadas	0

Subindicador relacionado con el tipo de estructura

Tipo de estructura	Indicador
No metálica	40
Mixta	20
Metálica	0

Subindicador relacionado con la altura y el área de la estructura

Altura y área de la estructura	Indicador
Área menor a 900 m ²	
Altura menor a 25 m	5
Altura mayor o igual a 25 m	20
Área mayor o igual a 900 m ²	
Altura menor a 25 m	10
Altura mayor o igual a 25 m	20

Según la clasificación de la estructura y utilizando la ecuación de indicador de gravedad obtenemos el siguiente resultado:

$$IG = IUSO + IT + IAA$$

$$IG = 20 + 20 + 5$$

$$IG = 45$$

IUSO = Subindicador relacionado con el uso de la estructura.

IT = Subindicador relacionado con el tipo de estructura.

IAA = Subindicador relacionado con la altura y el área de la estructura.

Según este indicador de gravedad la estructura se encuentra ubicada en el siguiente rango:

Resultado de la suma de Indicadores de estructura	Indicador de Gravedad
0 a 35	Leve
36 a 50	Baja
51 a 65	Media
66 a 80	Alta
81 a 100	Severa

Matriz de niveles de riesgo

Parámetros / gravedad	Severa	Alta	Media	Baja	Leve
Severo					
Alto					
Medio					
Bajo					

Altos	
Medios	
Bajos	

Acciones recomendadas según el nivel de riesgo

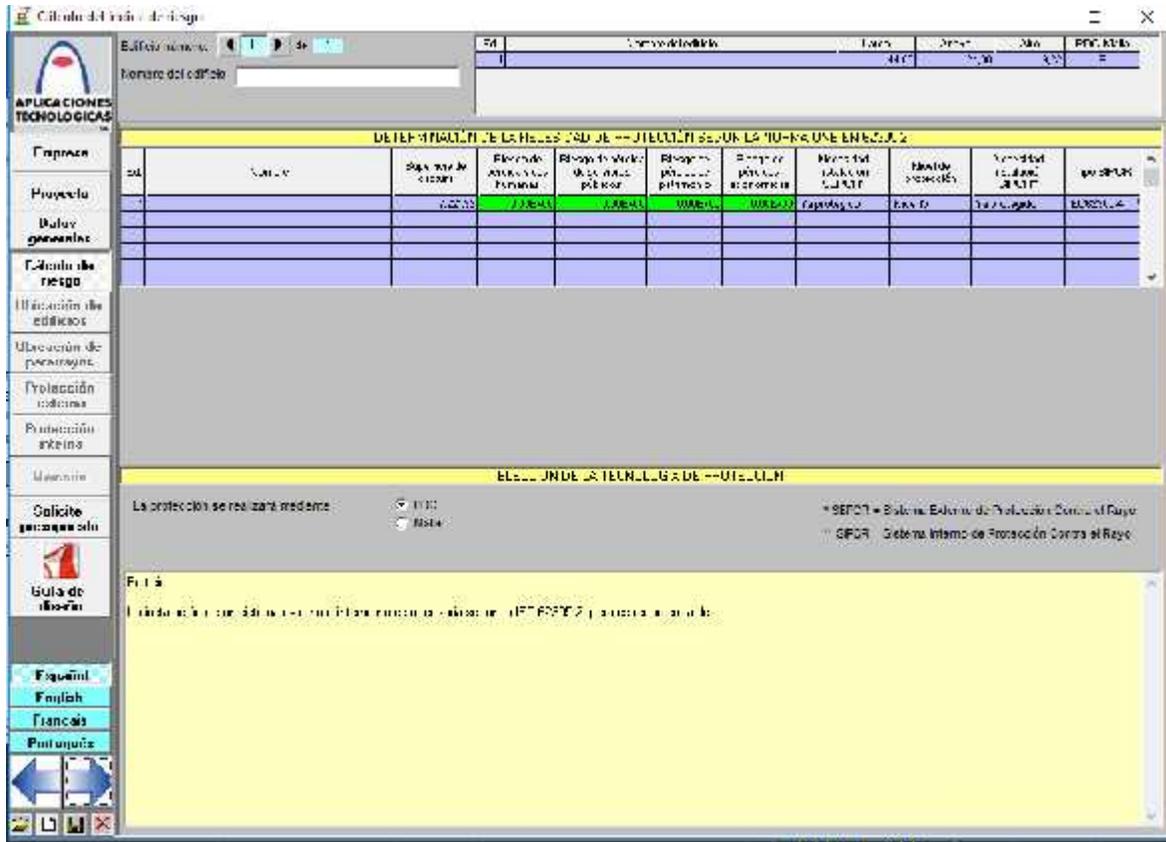
Nivel de Riesgo	Acciones Recomendadas
Nivel de Riesgo Bajo	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050
Nivel de Riesgo Medio	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050
	SPE
Nivel de Riesgo Alto	SPI
	Cableados y PT según NTC 2050
	SPE
	Plan de Prevención y Contingencia

Valores Máximos del radio de la esfera rodante según el nivel de protección

Nivel de Protección	Radio de la esfera (rsc) [m]
Nivel I	35
Nivel II	40
Nivel III	50
Nivel IV	55

Para hacer el cálculo del Nivel de Riesgo se utilizó el Software IEC Risk Assessment Calculator de la empresa Aplicaciones Tecnologías, el estudio realizado arrojó la siguiente información:

Software de simulación de riesgo según la norma IEC 62305-2



DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

Para la realización de este proyecto se seleccionó el método de la esfera rodante puesto que este se considera como el método más efectivo en cuanto a la protección de estructuras con diseños arquitectónicos más complejos, debido a que la esfera hace un completo barrido en todas las direcciones sobre la superficie expuesta a las descargas eléctricas atmosféricas, evitando así posibles impactos del rayo en bordes, esquinas o partes salientes de la estructura, siendo estos lugares los puntos más críticos; además este método se ajusta a la estructura debido a que es utilizado para las estructuras menores a 55 m.

Parámetros de diseño

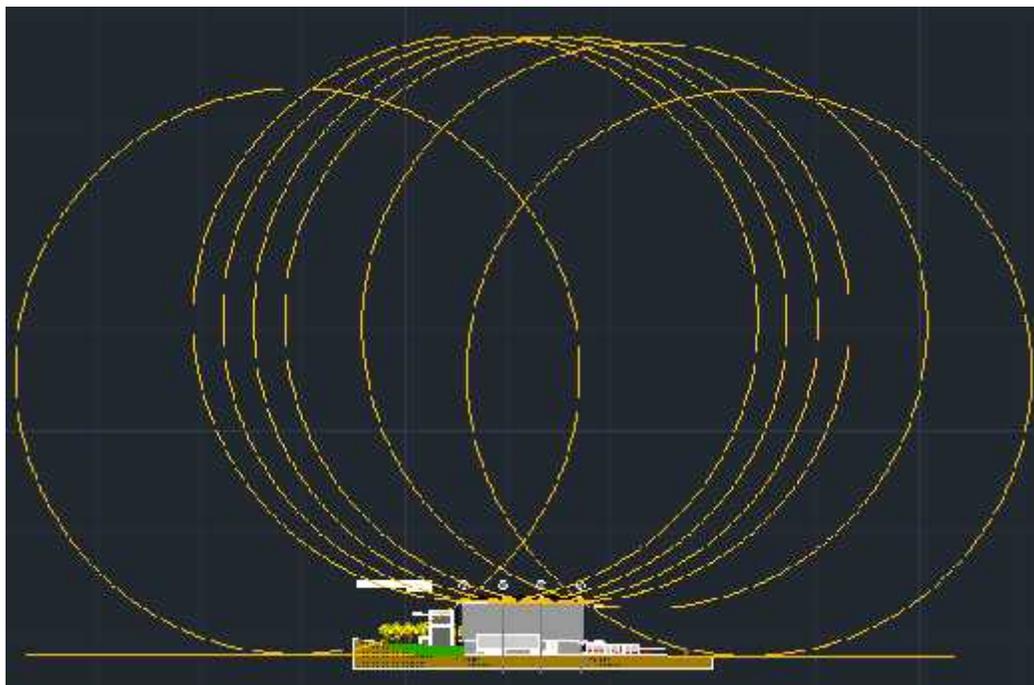
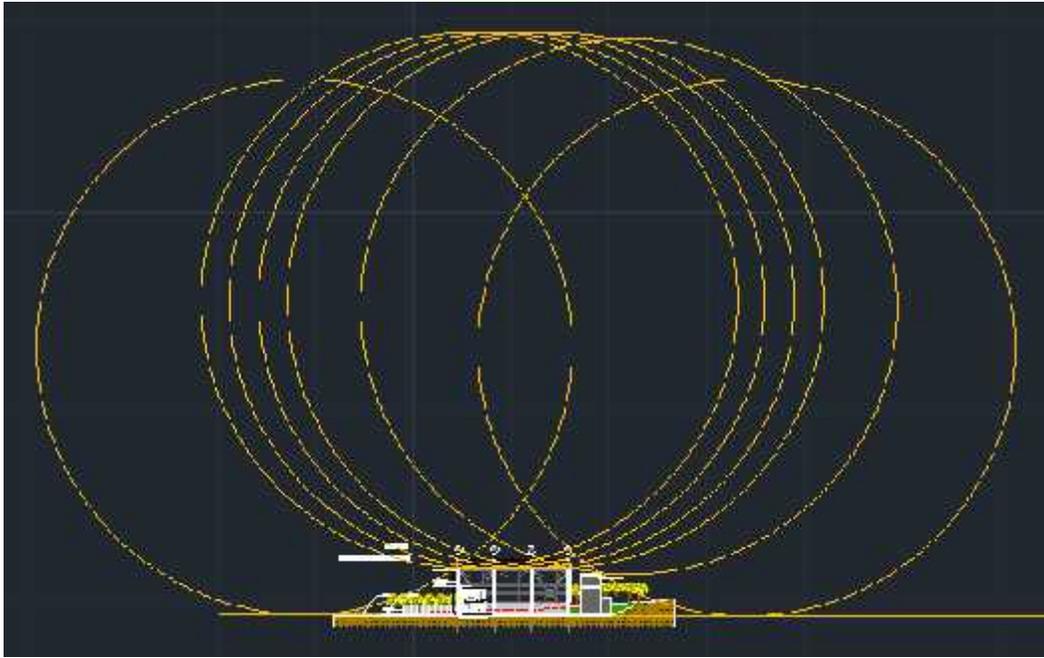
Según los parámetros utilizados en base a la NTC 4552-1 [2] se obtuvo la información de la siguiente tabla para las consideraciones del diseño.

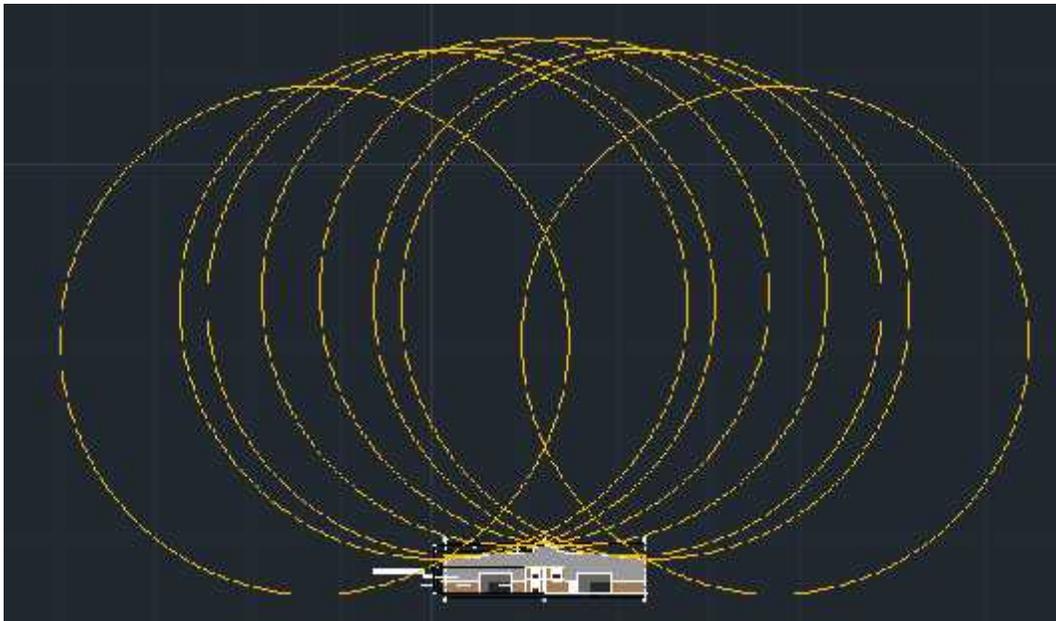
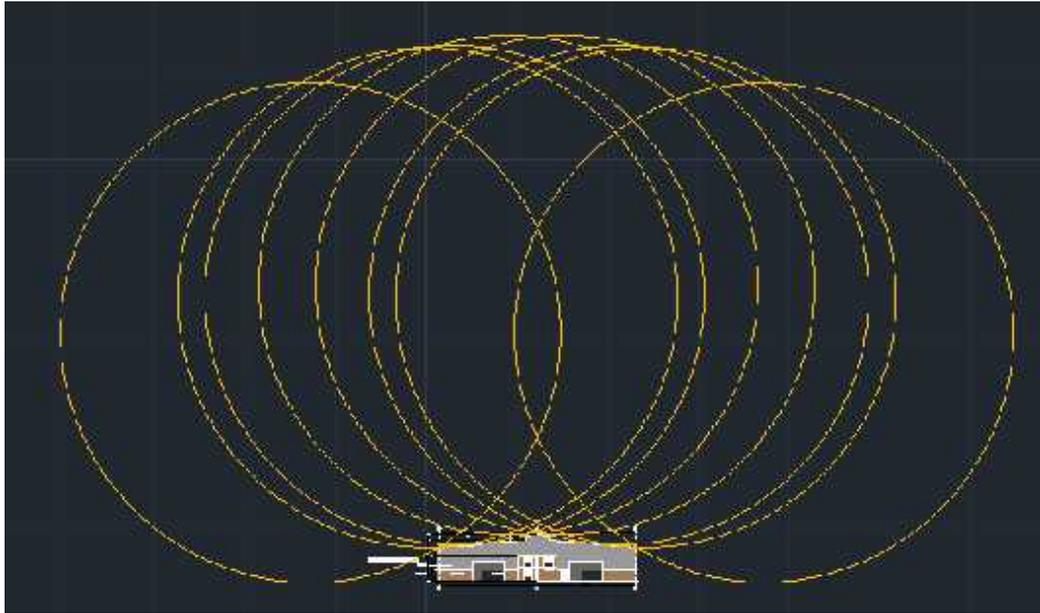
Valores mínimos de parámetros del rayo relativos al radio de la esfera rodante correspondiente a cada NPR.

Criterio de interceptación			NPR			
	Símbolo	Unidad	I	II	III	IV
Corriente pico mínima	I	KA	17	21	26	30
Radio esfera rodante	R	m	35	40	50	55

Ya obtenidos los parámetros se procedió a la simulación con el método de la esfera rodante utilizando el programa AUTOCAD, las siguientes ilustraciones se encuentran en el plano 3 de 3 adjunto a este documento, dicha simulación se realizó por cada una de las partes de la estructura para obtener la ubicación de cada punta captadora.

Cuando se refiere a cada una de las partes de la estructura, realmente se habla de las coordenadas (Norte, Sur, Oriente, Occidente) de la estructura.





DISEÑO SISTEMA DE BAJANTES

Los conductores bajantes son el puente de unión entre el sistema de captación y el sistema de puesta a tierra. Su función principal es la de llevar la corriente de rayo de forma segura a un medio donde pueda disiparla. En cuanto a su implementación, existe una cantidad mínima de conductores bajantes de acuerdo a la altura de la estructura y una distancia mínima de acuerdo al nivel de protección, es aconsejable ubicarlos en lados opuestos de la estructura para no concentrar la corriente de rayo en un solo punto de la malla de puesta a tierra.

En la siguiente tabla se da a conocer la distancia típica promedio para los bajantes según el nivel de protección necesaria para la estructura, en este caso es nivel IV.

Tipo de Nivel de Protección	Distancia Típica Promedio [m]
Nivel I	10
Nivel II	10
Nivel III	15
Nivel IV	20

Requerimientos para las bajantes

En la siguiente tabla se da a conocer el número mínimo de bajantes dependiendo de la altura de la estructura.

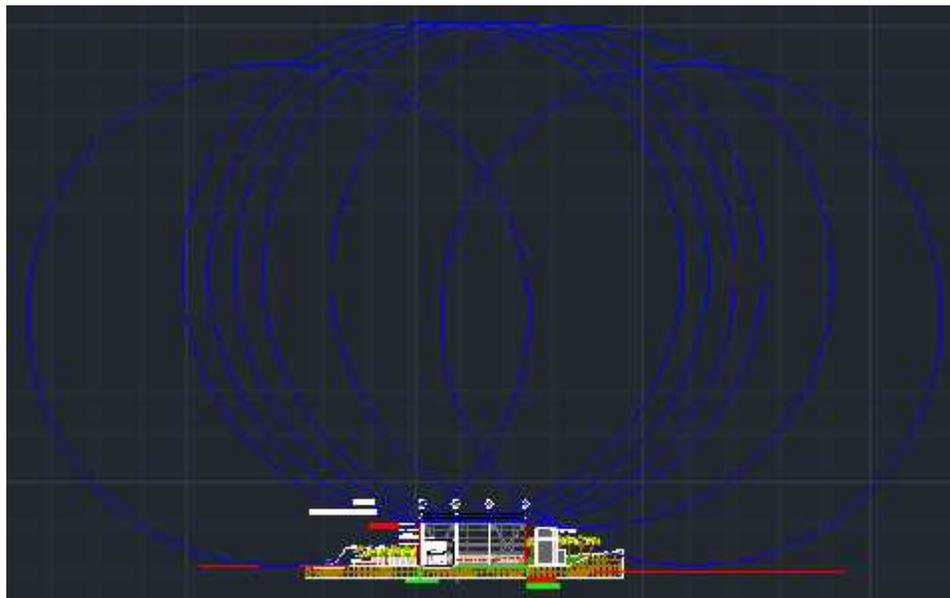
Altura de la estructura	Número mínimo de bajantes	Calibre mínimo del conductor	
		Cobre	Aluminio
Menor que 25 m	2	2 AWG	1/0 AWG
Mayor que 25 m	4	1/0 AWG	2/0 AWG

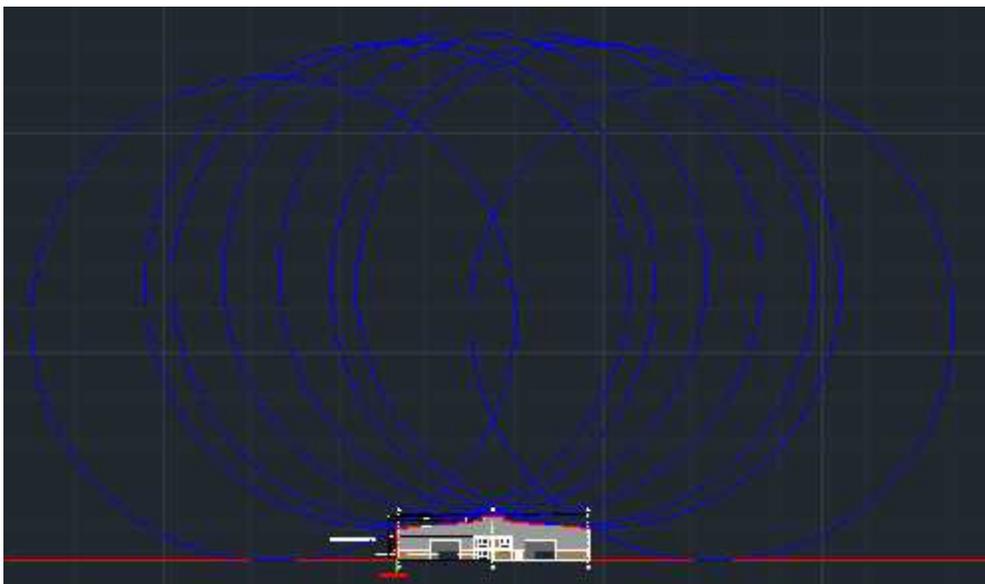
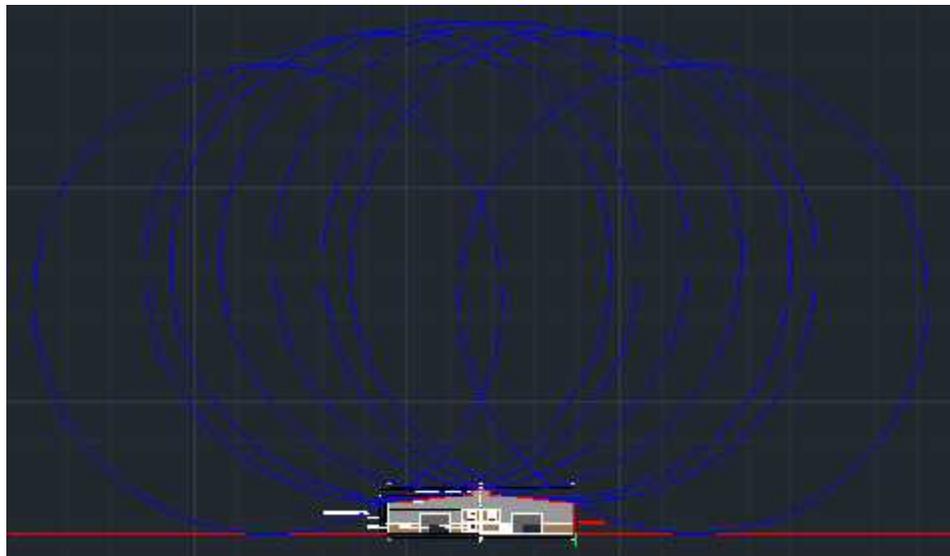
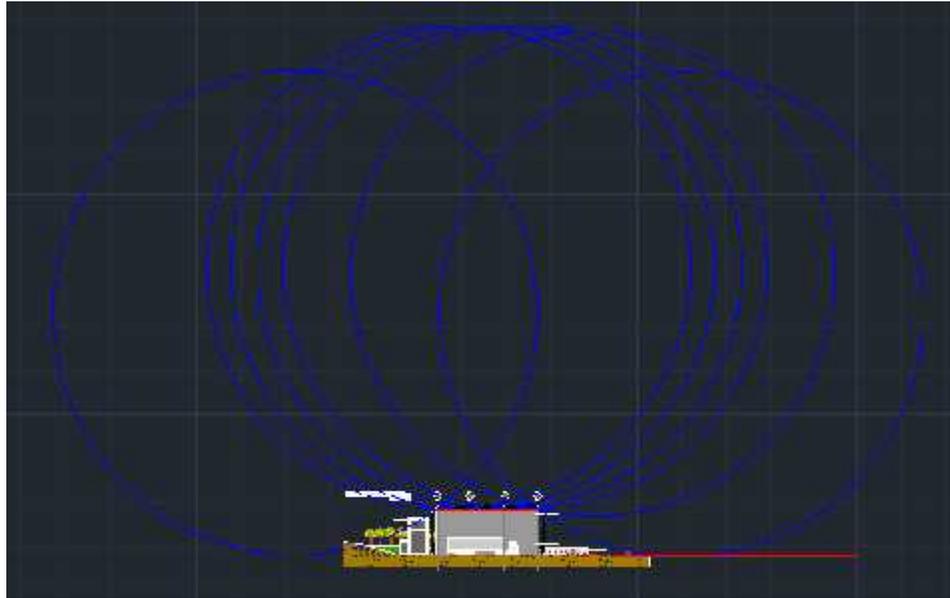
En la siguiente figura se muestra el sistema completo de la protección contra descargas eléctricas atmosféricas las cuales constan de puntas de captación, bajantes, electrodos y anillos superiores e inferiores.

(Puntas de Captación, Bajantes, Anillo superior)

(Electrodos, Anillo inferior)

Esferas rodantes





Cantidades

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Ubicación
1	Punta Captadora (Varilla tipo Franklin) de 0,25 m solidas de diámetro mínimo de 16mm	UN	28	Parte superior
2	Aisladores para anillo superior y bajantes cada 2 mts	UN	75	Parte superior y bajantes
3	Mv Clamp Al/Al tipo A 8-10/16mm	UN	4	Cada unión con bajantes
4	Mv Clamp Cu/Al tipo A 8-10/16mm	UN	28	Cada unión con puntas captadoras
5	Electrodo de Cobre 5/8*2,4 m	UN	4	Cada esquina unido a la anillo inferior
6	Alambrón en aluminio de 8mm	MT	150	Anillo superior y bajantes
7	Cable Cu 2 AWG	MT	30	Conexión inferior
8	Mano de obra	GL	1	

5. ANÁLISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS

En el sistema eléctrico de la trilladora, existen diferentes factores de riesgo sobre las instalaciones eléctricas como lo son: ausencia de electricidad, arco eléctrico, contacto directo e indirecto con partes energizadas, rayos, sobretensiones, sobrecargas, cortocircuitos, tensiones de paso, contacto y transferidas que exceden los límites permitidos, por tal razón a continuación se describirán las diferentes matrices de análisis de riesgos y toma de decisiones ante riesgos potenciales o reales según sea el caso.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Arcos eléctricos	Malos contactos, cortocircuitos, manipulación indebida de equipos, descuidos en los trabajos de mantenimiento.	Transformador tipo seco 300 KVA 13200/440/254 V

POTENCIAL		REAL		FRECUENCIA						
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos, interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños menores, interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molesta funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños invns. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Evaluación del riesgo:

Se obtiene como resultado riesgo de arco eléctrico medio, por lo tanto se recomienda:

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisibles para trabajar: Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Huscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlos. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Medidas de protección:

- Identificar y marcar las distancias de seguridad requeridas según el nivel de tensión.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Ausencia de electricidad	Corte de suministro eléctrico	Transformador tipo seco 300 KVA 13200/440/254 V

POTENCIAL 		REAL <input type="checkbox"/>		FRECUENCIA						
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucedo varias veces al año en la Empresa	Sucedo varias veces al mes en la Empresa
C O N S E C U E N C I A S	Una o más muertes	No ha grave en infraestructura interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes, interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Motas (a funcional afecta rendimiento laboral)	Daños invns, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisibles para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Evaluación del riesgo:

Se obtiene como resultado para ausencia de electricidad nivel bajo, por lo tanto se recomienda:

Medidas de protección:

- El proyecto cuenta con iluminación de emergencia.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Contacto directo	Violación a las distancias de seguridad, negligencia de los técnicos.	Transformador tipo seco 300 13200/440/254 V

POTENCIAL 		REAL <input type="checkbox"/>		FRECUENCIA						
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes, Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisible para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Evaluación del riesgo:

Se obtiene como resultado para contacto directo nivel alto, por lo tanto se recomienda:

Medidas de protección:

- La ubicación de los tableros cuenta con acceso restringido y debe ser realizada por personal del operador de red local.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Contacto indirecto	Fallas de aislamiento, mal mantenimiento	Transformador tipo seco 300 KVA 13200/440/254 V

POTENCIAL 		REAL <input type="checkbox"/>		FRECUENCIA						
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucese varias veces al año en la Empresa	Sucese varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salud de Substitución	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisibles para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Evaluación del riesgo:

Se obtiene como resultado para contacto indirecto nivel medio, por lo tanto se recomienda:

Medidas de protección:

- Identificar y marcar las distancias de seguridad requeridas según el nivel de tensión.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Cortocircuito	Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, equipos defectuosos	Transformador tipo seco 300 kVA 13200/440/254 V

Evaluación del riesgo:

POTENCIAL		REAL <input type="checkbox"/>			FRECUENCIA					
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucese varias veces al año en la Empresa	Sucese varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Se obtiene como resultado para cortocircuito es nivel medio, por lo tanto se recomienda:

Medidas de protección:

- Se instalaran protecciones automáticas.
- Se recomienda que las instalaciones eléctricas sean manipuladas por personal calificado.

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisibles para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Electricidad estática	Unión y separación constante de materiales	Transformador tipo seco 300 KVA 13200/440/254 V

Evaluación del riesgo:

		POTENCIAL 			REAL <input type="checkbox"/>			FRECUENCIA				
C O N S E C U E N C I A S		En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A	
							No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
	Una o más muertes	Daño grave en Infraestructura	Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación		Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal		Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve		Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción		Sin efecto	Infima	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Se obtiene como resultado para electricidad estática nivel bajo, por lo tanto se recomienda:

Medidas de protección:

- Los equipos deben ser manipulados por personal calificado del operador de red local.

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisible para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

- Se recomienda el mantenimiento preventivo a los equipos instalados.
- Comprar equipos en lugares de confianza.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Rayos	Fallas de operación, mantenimiento del sistema de protección.	Transformador tipo seco 300 KVA 13200/440/254 V

Evaluación del riesgo:

		POTENCIAL 			REAL 			FRECUENCIA				
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A		
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa		
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

Se obtiene como resultado para rayos nivel medio, por lo tanto se recomienda:

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisibles para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Medidas de protección:

- El transformador cuenta con protección contra descargas atmosféricas

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Sobrecarga	Armónicos, superar los niveles de tensión de los equipos, mala instalación eléctrica	Transformador tipo seco 300 KVA 13200/440/254 V

Evaluación del riesgo:

POTENCIAL		REAL <input type="checkbox"/>			FRECUENCIA					
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucese varias veces al año en la Empresa	Sucese varias veces al mes en la Empresa
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños menores. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Se obtiene como resultado para sobretensión nivel medio, por lo tanto se recomienda:

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisibles para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Medidas de protección:

- Se instalaran protecciones termo magnéticas automáticas.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Tensión de contacto	Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de las distancias de seguridad	Transformador tipo seco 300 KVA 13200/440/254 V

Evaluación del riesgo:

POTENCIAL		REAL		FRECUENCIA						
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Se obtiene como resultado para tensión de contacto nivel alto, por lo tanto se recomienda:

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisibles para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Medidas de protección:

- La ubicación de los tableros cuenta con acceso restringido.
- El transformador en poste y el equipo de medida cuenta con conexión al sistema de puesta a tierra.

Riesgo a evaluar:	Por:	En:
Tensión de paso	Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas.	Transformador tipo seco 300 KVA 13200/440/254 V

Evaluación del riesgo:

		POTENCIAL		REAL		FRECUENCIA				
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Se obtiene como resultado para tensión de paso nivel alto, por lo tanto se recomienda:

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisible para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Medidas de protección:

- Los equipos cuentan con acceso restringido.
- Los equipos están conectados al sistema de puesta a tierra.

Cumpliendo con las medidas de protección recomendadas se puede garantizar que los factores de riesgo se reduzcan, quedando claro que se deben implementar acciones para que el personal que manipule e instale el sistema eléctrico del proyecto acorde a un análisis de trabajo seguro.

6. CUADROS DE CARGA

El sistema eléctrico en baja tensión será trifásico de cuatro hilos 13200/440/254 voltios, 60 ciclos, para el análisis se tomará factor de potencia 0,9.

DESCRIPCIÓN	Carga Instalada (Kw)
ELEVADORES Y TRANSPORTADORES	41,00
SINFÍN PASILLAS	1,20
TRILLADORAR CONJUGADA	9,20
TRILLADORA APOLO 3	43,80
DESPREGADORA PERGAMINO	2,49
PRE-LIMPIARORA PERGAMINO	2,49
CATADORA 1	2,49
CATADORA 2	2,49
MONITOR DE ALMENDRA	4,14
DENSIMÉTRICA 1	8,29
DENSIMÉTRICA 2	8,29
DENSIMÉTRICAS PASILLAS	8,29
COMPRESOR Y SECADOR	16,80
TURBINAS	24,70
TRANSFORMADOR BT-BT 75 KVA	75,00
SERVICIOS GENERALES	15,00
TOTAL	285,67

7. ANÁLISIS DE NIVEL DE TENSIÓN REQUERIDO

El nivel de tensión requerido en el proyecto de tipo de industrial es de 13200/440/254 voltios.

8. CALCULO DEL TRANSFORMADOR

Para el cálculo del transformador se toma la carga instalada en la Trillador ay se utiliza un factor de diversidad del 100%, ya que se puede dar la condición de tener operando la planta al 100 % de su capacidad.

DESCRIPCIÓN	Carga Instalada (Kw)	Carga diversificada (kW)
ELEVADORES Y TRANSPORTADORES	41,00	41,00
SINFÍN PASILLAS	1,20	1,20
TRILLADORAR CONJUGADA	9,20	9,20
TRILLADORA APOLO 3	43,80	43,80
DESPREGADORA PERGAMINO	2,49	2,49
PRE-LIMPIARORA PERGAMINO	2,49	2,49
CATADORA 1	2,49	2,49
CATADORA 2	2,49	2,49
MONITOR DE ALMENDRA	4,14	4,14
DENSIMÉTRICA 1	8,29	8,29
DENSIMÉTRICA 2	8,29	8,29
DENSIMÉTRICAS PASILLAS	8,29	8,29
COMPRESOR Y SECADOR	16,80	16,80
TURBINAS	24,70	24,70
TRANSFORMADOR BT-BT 75 KVA	75,00	75,00
SERVICIOS GENERALES	15,00	15,00
TOTAL	265,67	265,67

Se dispone dentro del diseño la conexión de un banco de compensación capacitiva que garantiza un FP de 0,9.

Potencia en kVA $265,67/0,9 = 295,18$ kVA.

Se selecciona un transformador trifásico tipo seco de 300 kVA con relación de transformación 13200/440/254 V, 60 Hz.

9. SELECCIÓN DE PROTECCIONES DE TRANSFORMADOR

Corriente nominal MT (13200 V). $300000VA/(\sqrt{3} * 13200V = 13,1$ A

I protección (fusible) = $I_n \times 1,25$

I protección (fusible) = $13,1 \times 1,25$

I protección (fusible) = 16,4 A

I fusible HH seleccionado = 25 A

Tensión nominal = 17,5 kV

Capacidad de interrupción 65 kA.

10. DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES, PROTECCIONES, REGULACIÓN Y PÉRDIDAS

10.1. ALIMENTADORES EN COBRE DE MEDIA TENSIÓN

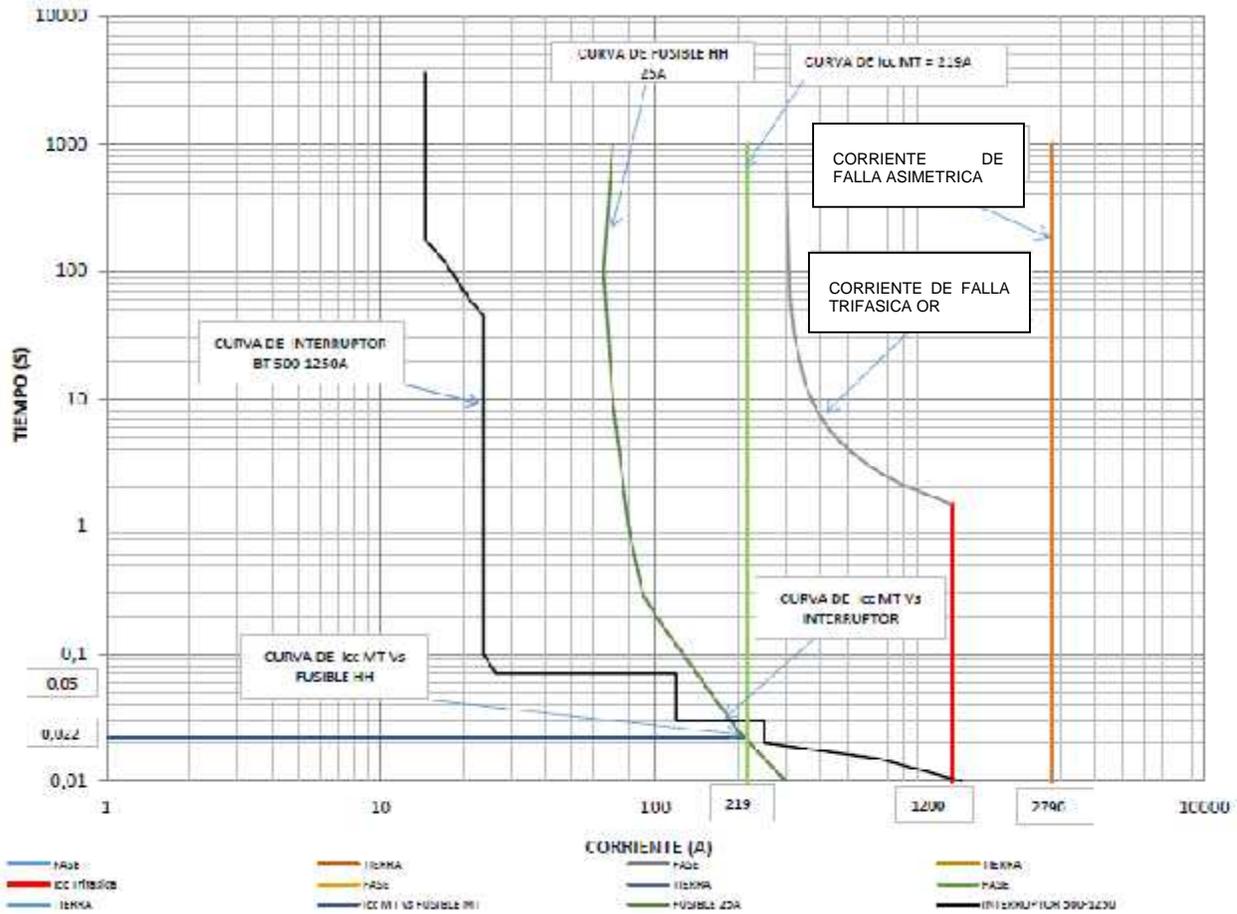
TRAMO	Carga Div. (Kw)	Carga Solicitada (kW)	I Nominal (A)	Longitud (m)	Momento (KVA-mts)	k regulación (% / kVA-m)	Regulación Parcial	Conductor aereo MT/ASCR	Pérdidas en el conductor (W)
PUNTO DE CONEXIÓN A TRANSICIÓN AERED-SUBT		300,00	15,19	215	64500	0,713E-03	0,004330	1/0	0,118035
AFLORAMIENTO A SUBESTACIÓN		300,00	15,19	40	12000	3,450E-07	0,004110		0,02344

10.2. ALIMENTADORES EN CU BAJA TENSIÓN

TRAMO	Carga Div. (Kw)	Carga Solicitada (kW)	I Nominal (A)	Longitud (m)	Momento (KVA-mts)	k regulación (% / kVA-m)	Regulación Parcial	CANALIZACIÓN	CONDUCTOR
ELEVADORES Y TRANSPORTADORES	41,00	41,00	53,80	30,00	1230,00	2,070E-03	2,546	2" BMT	3#11+1#4+1#6 AWG Cu
SINFÍN PASILLAS	1,20	1,20	1,57	30,00	36,00	7,744E-03	0,279	1" PMT	3#12+1#12+1#12T AWG Cu
TRILLADORA CONJUGADA	8,20	8,20	12,07	35,00	392,00	7,744E-03	2,404	1" BMT	3#12+1#12+1#12T AWG Cu
TRILLADORA AFOLO 3	43,80	43,80	57,47	20,00	870,00	2,070E-03	1,813	2" BMT	3#11+1#4+1#6 AWG Cu
DESPREGADORA PERGAMINO	2,49	2,49	3,27	30,00	74,70	7,744E-03	0,579	1" BMT	3#12+1#12+1#12T AWG Cu
PRE-LIMPIADORA PERGAMINO	2,49	2,49	3,27	30,00	74,70	7,744E-03	0,579	1" PMT	3#12+1#12+1#12T AWG Cu
CATADORA 1	2,49	2,49	3,27	30,00	74,70	7,744E-03	0,579	1" BMT	3#12+1#12+1#12T AWG Cu
CATADORA 2	2,49	2,49	3,27	30,00	74,70	7,744E-03	0,579	1" BMT	3#12+1#12+1#12T AWG Cu
MONITOR DE ALMENDRA	4,14	4,14	5,43	25,00	103,50	7,744E-03	0,802	1" PMT	3#12+1#12+1#12T AWG Cu
DENSIMÉTRICA 1	8,29	8,29	10,88	35,00	287,25	7,744E-03	1,605	1" PMT	3#12+1#12+1#12T AWG Cu
DENSIMÉTRICA 2	8,29	8,29	10,88	30,00	248,70	7,744E-03	1,926	1" BMT	3#12+1#12+1#12T AWG Cu
DENSIMÉTRICAS PASILLAS	8,29	8,29	10,88	30,00	248,70	7,744E-03	1,926	1" BMT	3#12+1#12+1#12T AWG Cu
COMPRESOR Y SECADOR	18,00	18,00	22,04	40,00	672,00	3,221E-03	2,185	2" PMT	3#8+1#8+1#10T AWG Cu
TURBINAS	24,70	24,70	32,41	15,00	370,50	3,221E-03	1,103	2" PMT	3#8+1#8+1#10T AWG Cu
TRANSFORMADOR BT-BT 75 KVA	75,00	75,00	98,41	10,00	750,00	6,847E-04	0,849	2" PMT	3#10+1#10+1#12T AWG Cu

DE acuerdo a los resultados obtenidos, las regulaciones parciales y totales de los conductores planteados en el proyecto cumplen con las disposiciones de acuerdo al RETIE en no exceder el 3% de caída de tensión en los circuitos de baja tensión.

11. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DE FASE Y TIERRA



Para el presente diseño de acuerdo al estudio de coordinación de protecciones y acorde a la normatividad y criterios técnicos de diseño, en el evento de presentarse una falla operará en primera instancia la protección en BT, protección de 500 A y por último actuaría el fusible de tipo HH de la subestación por el lado de MT, la corriente de falla asimétrica y trifásica son asumidas tomando como valores de referencia un circuito de MT típico en una zona industrial.

12. SELECCION DE EQUIPOS DE MEDIDA EN BT

Para el cálculo de la relación de transformación de los CTS, se determina mediante la corriente nominal en MT 13200 V

Para la selección de los CTS tenemos:

S (total) = 300kVA

In = 13,2 A

80% In = 10,4 A

120% In = 15,7 A

Cts seleccionados 15/5 A

No.	Capacidad de transformación kVA	Corriente primaria nominal (A)	Transformador de Corriente	Transformador de potencial Tres elementos	Medidor
1	112,5	5,7	5:5		
2	150	7,6	7,5:5		
3	225	11,4	10:5		
4	300	15,2	15:5		
5	400	20,3	20:5	2000/NO 200/NO V	3 x 58/190 - 277/480 V
6	500	25,3	30:5	3200/NO 190/NO V	5 A
7	600	31,9	30:5		Multirango en tensión
8	800	40,5	40:5		
9	1000	50	50:5		
10	1500	75	75:5		

Transformadores de potencial para medida de 3 núcleos

TRANSFORMADOR DE POTENCIAL				
Tensión de servicio	11,4 / √3 kV	11,4 / √3 - 13,2 / √3 kV	13,2 / √3 kV	34,5 / √3 kV
Tensión Nominal	15 kV	15 kV	36 kV	36 kV
Frecuencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Clase	0,5	0,5	0,5	0,5
Instalación	Interior	Interior	Interior	Interior
Número de núcleos	1	1	1	1
Carga	25 VA	25 VA	25 VA	25 VA
Tensión de ensayo a 60 Hz	34 kV	34 kV	70 kV	70 kV
Tensión de ensayo al impulso	95 kV	95 kV	170 kV	170 kV
Tensión primaria	11,4 / √3 kV	12 / √3 kV	13,2 / √3 kV	34,5 / √3 kV
Tensión secundaria	115 V	115 V	115 V	115 V

13. Especificación índice de clase del medidor

MEDIDOR ELECTRÓNICO
ACTIVA(kWh) REACTIVA (kVARS)
DEMANDA MÁXIMA
FACTOR DE POTENCIA PROMEDIO
TENSIÓN DE OPERACIÓN 3X120 / 208 V.
CORRIENTE MÁXIMA 6A.
RANGO DE CORRIENTE 1,5/6
TARIFA SENCILLA
CLASE 0,5S
DE ACUERDO A RES. CREG 038 DE 2014

Tomando como referencia la resolución 038 de 2004 modificación al código de medida contenido en el anexo general del código de redes, el artículo 9 y tabla No 2 nos indican el índice de clase a seleccionar **0,5S**.

Artículo 9. Requisitos de exactitud de los elementos del sistema de medición. A partir de la entrada en vigencia de la presente resolución, los medidores, transformadores de medida, en caso de que estos sean utilizados, y los cables de conexión de los nuevos sistemas de medición y los que se adicionen o reemplacen en los sistemas de medición existentes deben cumplir con los índices de clase, clase de exactitud y error porcentual total máximo que se establecen en este artículo.

Tabla 2. Requisitos de exactitud para medidores y transformadores de medida

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 ó 2	2 ó 3	--	--

El índice de clase para los medidores de energía activa corresponde al establecido en las normas NTC 2147, NTC 2288 y NTC 4052 o sus equivalentes normativos de la Comisión Electrotécnica Internacional, CIE.

14. SELECCIÓN Y CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES

La selección económica del conductor consiste en tener en cuenta el coste de las pérdidas de energía la vida útil y el coste del conductor, para tener el menor valor presente neto de la inversión para una determinada acometida y/o alimentador. Este análisis es adicional a la selección del conductor por regulación y corriente.

Las pérdidas de energía se pueden encontrar como,

$$E \text{ pérdidas} = \sqrt{3} L i^2 R h 10^{-3} \text{ [kWh]}$$

Donde:

h = Periodo de Horas

R = Resistencia del conductor considerando (Ohm – metro).

L = Longitud de la acometida (m)

I = Corriente de la acometida. (A)

El valor presente de las pérdidas de energía para el año i, será:

$$VPE_i = 8.76 * N * I_i^2 * R * L * FP * k_e * \frac{1}{(1 + t)^i}$$

Donde:

VPE_i = Valor presente de año i

N = Número de fases

I_i = Corriente pico fase-año

FP = Factor de pérdidas

k_e = Costo de energía [\$/kWh]

t = Tasa de descuento para encontrar el valor presente

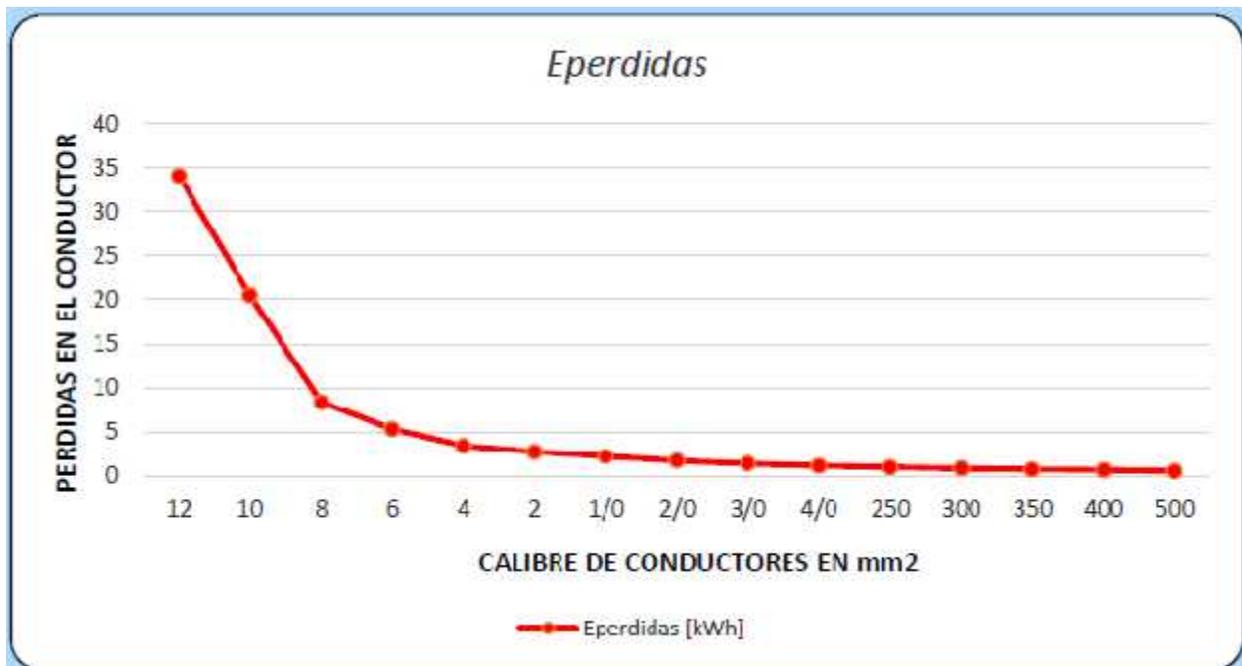
i = año i-esimo del análisis.

Valores de entrada para el cálculo:

CALCULO ECONOMICO CONDUTORES	
NUMERO DE AÑOS	20
TASA DE DESCUENTO	12%
TASA DE CRECIMIENTO	0%
FACTOR DE PERDIDAS	0,30%
COSTO PROMEDIO kWh \$	409,8

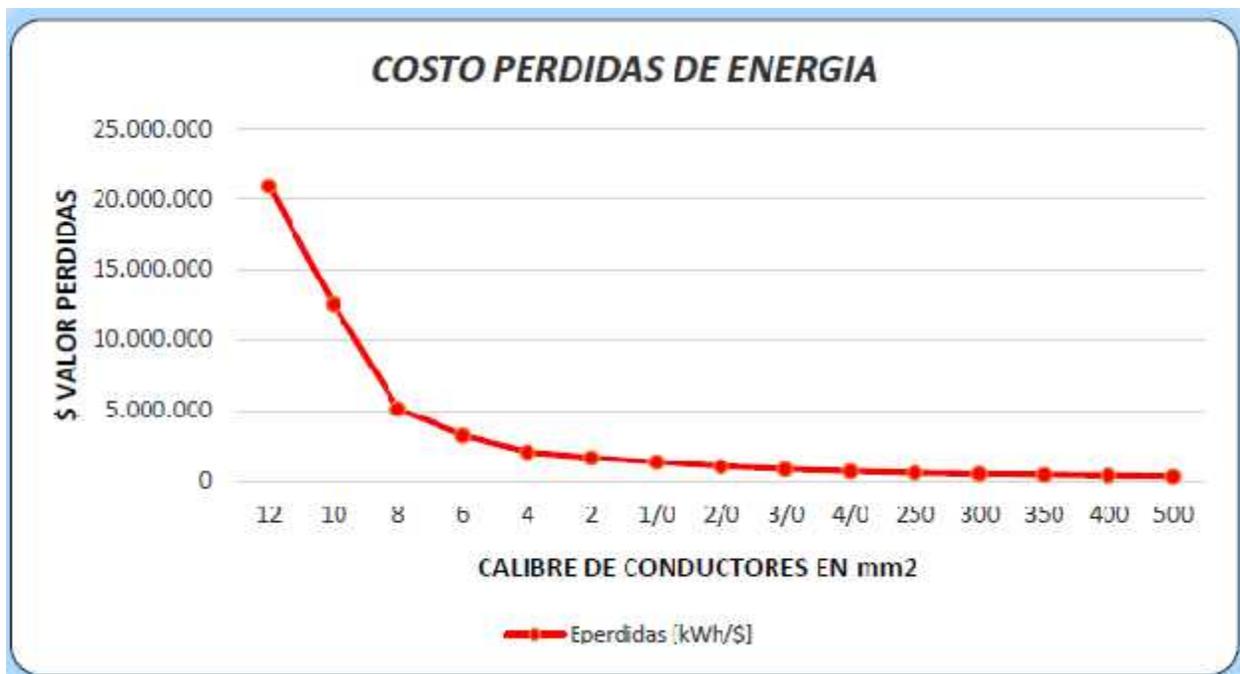
PERDIDAS DE ENERGIA EN EL CONDUCTOR	
CONDUCTOR CALIBRE	E perdidas [kWh]
12	34,07364
10	20,46496
8	8,36258
6	5,29804
4	3,40736
2	2,72693
1/0	2,21790
2/0	1,70368
3/0	1,39723
4/0	1,13752
250	0,97131
300	0,83626
350	0,73238
400	0,64927
500	0,54539

EL cálculo de realiza a corriente nominal del conductor en un lapso de un año.



LA grafica muestra como a mayor sección transversal del conductor menor es la perdida de energía en el mismo.

COSTO PERDIDAS DE ENERGIA	
CONDUCTOR CALIBRE	Eperdidas [kWh/\$]
12	\$ 20.945.065
10	\$ 12.579.810
8	\$ 5.140.481
6	\$ 3.256.702
4	\$ 2.094.506
2	\$ 1.676.244
1/0	\$ 1.363.345
2/0	\$ 1.047.253
3/0	\$ 858.875
4/0	\$ 699.233
250	\$ 597.062
300	\$ 514.048
350	\$ 450.191
400	\$ 399.106
500	\$ 335.249



Al igual que con el consumo de energía el comportamiento del costo es directamente proporcional al consumo de energía del conductor.

15. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

El sistema de puesta a tierra para el proyecto se compone de una malla tipo RECTANGULAR del sistema de potencia en general. Esta malla es con el fin de equipotenciar el sistema y propiciar un camino rápido y adecuado a tierra de corrientes de falla.

Para el cálculo del sistema de puesta a tierra se siguen los procedimientos recomendados por la norma IEEE 80 teniendo en cuenta como parámetro principal el requerimiento de un sistema de tierra menor a 5Ω para subestaciones eléctricas. Con base a la corriente de corto circuito en media tensión y luego de aplicar dicho procedimiento de cálculo, el cual se presenta a continuación, se obtiene una configuración RECTANGULAR DE 12,5X4 m.

REGISTRO MEDICIÓN RESISTIVIDAD DE TERRENO

MEDICIÓN RESISTIVIDAD DEL TERRENO

FECHA: DIA 21 MES 4 AÑO 2018

PROYECTO: TRILLADORA VAJANZA POPAYAN CAUCA

CIUDAD: POPAYAN

DIRECCIÓN: ZONA RURAL CERCA A CENTRO DE CAPACITACIÓN SFGOMA

CLIENTE

AMRIFINTF NUBIADO

ESTADO DEL TERRENO: Grava superficial y terreno blando

CONFIGURACIÓN DE MEDICIÓN

EQUIPO PARA REALIZAR LA MEDICIÓN

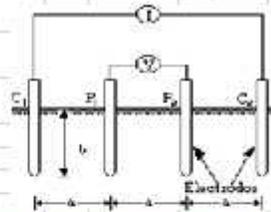
MARCA: Telúrometro

SERIAL: 14010463

MARCA: METRFIM 2088

MÉTODO DE MEDICIÓN: Método De Wenner

- C1: Electrodo de inyección de corriente
- C2: Electrodo de inyección de corriente
- P1: Electrodo de medición de potencia
- P2: Electrodo de medición de potencia
- a): Separación entre electrodos:



VALORES DE MEDICIONES REALIZADAS:



Formación para cálculo de resistividad: $\rho = 2\pi a^2 R$

Resistividad ρ ($\Omega \cdot m$)

Promedio	46.93	52.00	58.30	47.40
----------	-------	-------	-------	-------

TOTAL

51,32%

RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN

NOMBRE: GADIAN MORA C.

MP: 20318-229752CND

Cálculo de sistema de puesta a tierra

Memorias de Cálculo Tensiones de Paso y de Contacto Puesta a Tierra (Metodología IEEE 80)

R(Ω): Resistencia de Puesta a Tierra	1,34
$\rho(\Omega.m)$: Resistividad del suelo	51,30
$\rho(\Omega.m)$: Resistividad del suelo con tratamiento de suelo artificial	15,39
$\rho_s(\Omega.m)$: Resistividad aparente de la capa superficial	3000,00
L_T(m): Longitud total de conductor en metros.	64,30
L_c(m): Longitud del conductor horizontal	35,50
A(mm²): Area disponible para la malla de puesta a tierra	30,00
N: Número de electrodos tipo varilla	12,00
d(m): diametro del conductor seleccionado	0,01
h_s(m): Espesor de la capa superficial	0,25
t_f (seg): Duración de la falla (según RETIE Art. 29,2 (b), edición actualizada)	0,15
h(m): Profundidad de enterramiento de los conductores	0,40
D(m): Espaciamiento entre conductores	2,50
L_x(m): Largo de la malla	7,50
L_y(m): Ancho de la malla	4,00
L_v(m): Longitud de un electrodo tipo varilla	2,40
C_s: Coeficiente en función del terreno y la capa superficial	0,85
I_g(A): Corriente Asimétrica monofásica de malla entregada por el O.R	3500,00
I_G(A): Máxima corriente de malla que fluye en la malla de tierra	6650,00
K_{ii}: Factor de corrección por ubicación de electrodos tipo varilla	1,00
K_h: Factor de corrección por la profundidad de enterramiento de la malla	1,18
L_P: Longitud del Perimetro	23,00
n_a:	3,09
n_b:	1,02
n_c:	1,00
n: Factor de geometria	3,16

Tensión de paso tolerable 4872,54

Tensión de contacto tolerable 1442,77

GPR 8919,34

Tensión de Malla en caso de falla

$K_m = 0,664625389$

$K_i = 1,112107755$

$V_{malla} = 839,940434$ Es menor a la tensión de contacto tolerable, por lo tanto cumple.

Tensión de Paso en caso de falla

$K_s = 0,57810695$

$V_{paso} = 1287,51394$ Es menor a la tensión de paso tolerable, por lo tanto cumple.

Cálculo de Tensión de Contacto

$V_c \text{ apli.} = 152.7164425$ Cumple con la tabla 22 del RETIE edición agosto de 2008.

Memorias de Cálculo Malla de Puesta a Tierra (Metodología IEEE 80)

R(Ω): Resistencia de Puesta a Tierra

p(Ω.m): Resistividad aparente de la capa superficial

LT(m): Longitud total de conductor en metros

A(mm²): Sección transversal del conductor a utilizar. (2/0 AWG = 67,44 mm²)

h(m): Espesor de la capa superficial 0,15 m

$$R = p \left[\frac{1}{LT} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot A}} \left[1 + \frac{1}{1+h \cdot \sqrt{20 / A}} \right] \right]$$

Longitud del conductor para mallas cuadradas o rectangulares.

Lc(m): Longitud de conductor horizontal

Lv(m): Longitud de un electrodo tipo varilla

D(m): Espaciamiento entre conductores

As(mm²): Área disponible para construir la puesta a tierra (Básicamente el área a ser ocupada por la S/C).

N(m): Número de electrodos tipo varilla

$$LT = Lc + N \cdot Lv \text{ (m)}$$

$$Lc = \left[\frac{L1}{D} + 1 \right] \cdot 12 \cdot \left[\frac{L2}{D} + 1 \right] \cdot 11$$

$$Lc = 35,50$$

$$LT = 64,30$$

$$R = 50 \left[\frac{1}{64 \cdot \sqrt{20 \cdot 13,44}} + \frac{1}{1+0,15 \cdot \sqrt{20 / 13,44}} \right]$$

El resultado cumple con el valor máximo de referencia para resistencia de puesta a tierra establecido en el RI III Art 15,4 tabla 25

Página 1

SIEMENS

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CALIBRATION LABORATORY

Autopista Medellín km 8,5 - Costado Sur

Tenjo - Cundinamarca



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CALIBRATION CERTIFICATE

Número de certificado: ETTRCM-4386

Calibración número: ETTRCM-004386

Código Interno: 33043345

DATOS DEL EQUIPO

Descripción
Medidor de resistencia de tierra y resistencia de aislamiento

Fabricante METREL

Número de Serie 14040463

Modelo MI2088

Identificación del cliente E-57

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Nombre del cliente EVALCON SAS

Dirección Carrera 27 No. 84 - 40

Ciudad Bogotá

Número de pedido 3737

Método de calibración

La calibración de los medidores de resistencia se realiza por comparación entre los datos suministrados por el equipo de medición bajo prueba y los del instrumento patrón, de acuerdo a la CEM. Procedimiento EL-004 para la calibración de megómetros.

La calibración de los medidores de resistencia se realiza por comparación entre los datos suministrados por el equipo de medición bajo prueba y los del instrumento patrón, de acuerdo al procedimiento BSCP100V14.302

Condiciones Ambientales

Temperatura máxima 22,0 °C

Humedad Relativa máxima

43 %

Temperatura mínima 21,8 °C

Humedad Relativa mínima

43 %

Fecha de Recepción 2017-06-06

Fecha de Calibración

2017-06-21

Fecha de emisión 2017-06-21

Sello del Laboratorio

Lab. 1.0104

Autorizado por

Alfonso Vargas
2017 JUN 21
Laboratorio de Calibración

16. CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Teniendo como base el Artículo 14 del RETIE, se lleva a cabo el análisis del sistema y se determina lo siguiente: los campos eléctricos son directamente proporcionales al nivel de tensión e inversamente proporcionales a la distancia. Los campos magnéticos son proporcionales a la corriente del circuito y por tanto a la potencia operativa del sistema. De acuerdo con lo anterior:

1. Las instalaciones de este alcance comprenden potencias y niveles de tensión bajos ($V < 57.5 \text{ kV}$).
2. Los cuartos eléctricos serán instalados en sitios alejados de centros poblacionales. serán operados por personal capacitado.
4. El tiempo de exposición ocupacional al interior de los cuartos será menor a 8 horas.

Por las razones descritas anteriormente no se desarrolla el cálculo de campos electromagnéticos.

17. ANALISIS DEL FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS

Para el análisis de los armónicos es necesario definir los efectos que estos producen en los componentes de la red. Ver cuadro siguiente:

COMPONENTE	PROBLEMA	EFEECTO
CONDUCTOR FASE	<ol style="list-style-type: none">1. Aumento de la corriente.2. Aumento de la resistencia.3. Aumento de las pérdidas térmicas.	<ol style="list-style-type: none">1. Calentamiento de cables2. Disparo de protecciones
CONDUCTOR NEUTRO	<ol style="list-style-type: none">1. Circulación de armónicos múltiplos de 3,2. Retorno por el neutro	<ol style="list-style-type: none">1. Sobre corriente circulando por el Neutro.2. Degradación prematura.3. Tensión Neutro Tierra.4. Disparo de protecciones

Tabla de efectos de los armónicos

Seguendo lo indicado en el Std IEEE 519 de 1992, las principales fuentes de armónicos para una instalación eléctrica son:

1. Convertidores.
2. Hornos de arco.
3. Compensador de VAR estático.
4. Inversores monofásicos.
5. Inversores trifásicos.
6. Controles de fase electrónicos.
7. Ciclo con vertidores.
8. Variadores de modulación con ancho de pulso.

Para determinar el impacto de las distorsiones armónicas en la red se debe realizar un estudio de calidad de energía y de esta manera determinar las medidas que se deben tomar para disminuir estas distorsiones, básicamente es la instalación de filtros pasivos LC para los armónicos 5to y 7mo.

La compensación de armónicos se realizará para los dos niveles de tensión que presenta el proyecto en BT 440/254 V, y debe realizarse lo más cerca posible a los bornes del transformador tridevanado.

18. CALCULO DE DUCTOS

La distribución de las acometidas va por cárcamo desde el transformador hasta el TGA 440V, no es necesario realizar cálculos de ocupación de tubería EN BT, Sin embargo es necesario realizar los cálculos para la red de Media tensión los cuales se presentan para cable de COBRE al 133% y para el equivalente en ALUMINIO, dichos cálculos se presenta en los cuadros siguientes, cálculos basados en la NTC 2050 tabla 1 cap 9:

AREA DE TUBERIA IMC					
Tipo de tubería (pulgadas)	mm	Radio	Radio al cuadrado	Area de la tubería	40%
¾	20,9	10,45	109,2	343,1	137,2
1	26,6	13,30	176,9	555,7	222,3
1¼	35,1	17,55	308,0	967,6	387,0
1½	40,9	20,45	418,2	1313,8	525,5
2	52,5	26,25	689,1	2164,7	865,9
2½	62,7	31,35	982,0	3007,0	1202,8
3	77,9	38,95	1517,1	4766,0	1906,4
3½	90,1	45,05	2029,5	6375,7	2550,3
4	102,3	51,15	2616,3	8019,0	3207,7
6	108,3	54,15	2932,2	9211,6	3684,4

CUXLPE 133%				
Tipo de conductor	mm	Radio	Radio al cuadrado	Área del cable
2/0	27,2	13,60	185,0	561,1
4/0	29,7	14,85	220,5	692,8

# de cables al 40% EN TUBERIA					
Tubería/Cable			2/0	4/0	
¾			0	0	
1			0	0	
1¼			0	0	
1½			0	0	
2			1	1	
2½			2	1	
3			3	2	
3½			4	3	
4			5	4	
6			6	5	

PORCENTAJE DEL OCUPACION DE DUCTO POR CABLE CU 133%													
Nº conductores	Tipo de conductor	Area del cable	Area total	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	3½	4	6
	25	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	70	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	120	681,1	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00
3	165	692,8	2078,3	605,82	374,00	214,79	158,19	96,01	67,31	43,61	32,60	25,29	18,43
	240	0,0	0,0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

TOTAL OCUPACIÓN	18,43 %
------------------------	----------------

CABLE XLPE 133% CU

19. CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS.

El cálculo mecánico de los apoyos propuestos para la ejecución de la red de MT que alimenta la subestación del proyecto, se realiza siguiendo los procedimientos estipulados por la Compañía Energética de Occidente, a continuación se relacionan los principales aspectos a tener en cuenta para la selección de los apoyos.

El cálculo mecánico de los apoyos tiene como finalidad proyectar estructuras que resistan con seguridad las cargas mecánicas que tenga que soportar.

Clasificación:

Teniendo en cuenta su posición relativa respecto al trazado de la línea

a. **Apoyos en alineación**, apoyo corrido o en retención a proyectarse en un tramo rectilíneo de la línea de distribución de media tensión.

Para efectos de selección de apoyos en el proyecto Trilladora la alimentación se proyecta mediante **apoyos en alineación**.

En el plano No 1 de 3 del proyecto se presenta el trazado propuesto de la red de Media Tensión que se propone para alimentar la subestación del proyecto, teniendo en cuenta el trazado Y las distancias propuestas en los vanos de red, nos referimos al **anexo H Vano máximo admisible postes autosoportados 13,2 kV** de las normas técnicas de construcción de la CEO, en donde:

VANO MÁXIMO ADMISIBLE LIMITADO POR VANO VIENTO Y CAPACIDAD DEL POSTE
CONDUCTOR ACSR 1/0 AWG (RAVEN) - RED A 13.2 kV

Notas:

- 1.- Para cada configuración se expresa la longitud de la cruceta considerada entre parentesis.
- 2.- Los cálculos se realizaron considerando vano viento = vano peso = vano regulador.
- 3.- Otras consideraciones: Carga de viento en postes, transformador y aisladores incluida, para hipótesis de viento máxima.
- 4.- En todos los postes se considera la instalación de un transformador monofásico de 75 kVA.

Posto	Altura (msnm)	Zona I					Zona II				
		Bandera (2,4m)	Compacta	Triangular (1,8 m)	Horizontal (2,4 m)	Vertical	Bandera (2,4m)	Compacta	Triangular (1,8 m)	Horizontal (2,4 m)	Vertical
Poste de concreto reforzado 11 x 510 kg-f	< 1000	161	208	350	177	212	96	123	211	105	127
	1000-2000	188	246	410	210	249	117	150	253	129	155
	>2000	221	294	485	251	295	143	184	306	158	188
Poste de concreto reforzado 11 x 750 kg-f	< 1000	295	371	589	324	375	193	235	376	205	241
	1000-2000	339	429	679	375	431	225	276	439	242	282
	>2000	391	503	792	438	501	264	327	518	287	332
Poste de concreto reforzado 12 x 510 kg-f	< 1000	158	201	338	174	204	92	116	195	100	120
	1000-2000	185	238	397	206	241	113	143	241	124	147
	>2000	221	286	472	247	287	140	176	294	154	180
Poste de concreto reforzado 12 x 750 kg-f	< 1000	295	352	574	320	365	189	227	363	202	232
	1000-2000	339	420	663	371	422	222	268	425	238	273
	>2000	392	493	775	435	491	262	319	504	283	323
Poste de concreto reforzado 12 x 1050 kg-f	< 1000	450	543	845	484	547	300	352	551	315	359
	1000-2000	513	626	972	557	627	347	410	639	367	416
	>2000	589	730	1130	648	726	403	482	749	431	487

Descripción de vanos proyectados en el proyecto.

VANO 1 P1-P2	38 m
VANO 2 P2-P3	85 m
VANO 3 P3-P4	60 m
VANO 4 P4-P5	60 m

Para la clasificación de la Zona se debe tener en cuenta la tabla 2. del documento criterios de diseño de la CEO, con estos parámetros se confirma que la selección de los vanos descritos a continuación se encuentran dentro de los parámetros permisibles calculados por la CEO para este tipo de RED.

TABLA 2. Cabeceras Municipales del Cauca asociadas a cada zona*

ZONA I		ZONA II
Buenos Aires	Argelia	Popayón
Caloto	Almaguer	Puracé(Cocumaco)
Corinto	Balboa	Rosas
Florencia	Bolívar	San Sebastián
Mercaderes	Cajibío	Sotará (Paispamba)
Miranda	Caldono	Silvia
Patía(El Bordo)	El Tambo	Timbío
Piamonte	Inzá	Toribío
Puerto Tejada	Jambaló	Totoró
Suárez	La Vega	Morales
Sucre	La Sierra	Piendamó
Villa Rica		
Santander	de	
Quilichao		

20. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES.

El cálculo mecánico de conductores se realiza teniendo en cuenta las recomendaciones de la CEO, se deben tener consideraciones especiales dadas las condiciones del terreno en donde se va a desarrollar el proyecto presentadas a continuación:

-) Se consideran las Áreas urbanas como terreno tipo C
-) En este tipo de área se considera un tense reducido el cual se calcula con una tracción diaria de 8% de la tracción última de rotura del conductor a fin de disminuir las tensiones actuantes sobre los apoyos.
-) No se considera la instalación de amortiguadores.

TABLA 3. Categorías de terreno según su nivel de exposición al viento (Rugosidad)

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS	LIMITACIONES
B	Terreno abierto, plano u ondulado, con pocos obstáculos.	terreno plano u ondulado con obstrucciones de arbustos o cercos alrededor de los campos, con árboles en algunos sitios y una que otra edificación. Como la mayoría de las zonas cultivadas y áreas rurales con excepción de aquellas partes muy boscosas.	Las obstrucciones tienen alturas de 1.5 a 10 m en una longitud mínima de 1500 m.
C	Terreno cubierto por numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas.	Superficies cubiertas con numerosas obstrucciones de gran tamaño. Se supone que el nivel general de los techos y de los obstáculos es de 10 m, pero esta categoría comprende la mayoría de las áreas urbanas o aquellos terrenos muy boscosos.	Las obstrucciones presentan alturas de 3 a 5 m en la longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser de 500 m o 10 veces la altura de la construcción la que sea mayor.

**TABLA DE TRACCIONES Y FLECHAS
ZONA I - TERRENO C - 1000 mm - 2000 mm
ACSR 1/0 AWG (RAVEN)
Tensión Reducida**

Área de la sección transversal	27.40 mm ²	Tracción última de rotura	1349 daN
Dámetro total	10.109 mm	Tracción máxima admisible	33,00% TUR
Peso unitario propio	0.212 daN/m	Tracción diaria	8,00% TUR
Módulo de elasticidad final	8100 daN/mm ²	Velocidad del viento	100 km/h
Coefficiente de dilatación	10,1 °C ⁻¹ x 10 ⁻³		

Vano	Carga máxima 10°C + 1000 kg/h			Flecha mínima 5°C			Tracción diaria 20°C			Flecha máxima 50°C			Flecha máxima excepcional 65°C			Flecha máxima Creep (10 años)			Flecha mínima excepcional Creep (30 años)		Parámetro de la catenaria		
	Tensión		Flecha	Tensión		Flecha	Tensión		Flecha	Tensión		Flecha	Tensión		Flecha	Tensión		Flecha	Tensión	Flecha	Flecha mín.	Flecha máx.	
	daN	% TUR	m	daN	% TUR	m	daN	% TUR	m	daN	% TUR	m	daN	% TUR	m	daN	% TUR	m	daN	% TUR	m	m	m
15	254.2	13.0%	0.04	264.8	15.1%	0.02	155.9	8.0%	0.24	34.7	1.8%	0.17	26.1	1.3%	0.23	25.0	1.3%	0.24	21.0	1.1%	0.22	1389.42	99.13
20	255.3	13.1%	0.07	289.8	14.9%	0.04	155.9	8.0%	0.07	41.2	2.0%	0.21	24.0	1.7%	0.31	32.0	1.7%	0.33	27.6	1.4%	0.30	1356.34	130.37
25	256.5	13.2%	0.11	343.9	16.6%	0.06	155.9	8.0%	0.11	52.9	2.7%	0.21	41.4	2.1%	0.40	39.9	2.0%	0.42	34.0	1.7%	0.49	1332.06	160.53
30	258.0	13.2%	0.16	376.9	14.2%	0.09	155.9	8.0%	0.15	60.9	3.1%	0.29	48.5	2.5%	0.49	46.8	2.4%	0.51	40.7	2.1%	0.59	1306.20	189.54
35	259.8	13.3%	0.22	389.1	13.8%	0.17	155.9	8.0%	0.21	68.2	3.3%	0.42	55.1	2.8%	0.59	53.3	2.7%	0.61	46.1	2.4%	0.70	1289.57	217.24
40	260.7	13.4%	0.29	360.8	13.4%	0.16	155.9	8.0%	0.27	74.9	3.8%	0.57	60.4	3.1%	0.59	59.4	3.0%	0.71	51.7	2.7%	0.82	1290.19	243.3
45	262.0	13.4%	0.36	332.1	12.9%	0.21	155.9	8.0%	0.34	80.8	4.1%	0.66	67.2	3.4%	0.80	65.2	3.3%	0.82	57.1	2.9%	0.94	1289.30	269.24
50	263.7	13.5%	0.45	343.4	12.5%	0.27	155.9	8.0%	0.42	85.8	4.3%	0.77	73.6	3.7%	0.91	70.5	3.6%	0.94	62.7	3.2%	1.07	1148.18	293.83
55	264.3	13.6%	0.54	334.9	12.1%	0.34	155.9	8.0%	0.51	91.4	4.7%	0.88	77.7	4.0%	1.03	75.0	3.9%	1.06	69.0	3.4%	1.20	1108.09	316.23
60	265.5	13.6%	0.63	326.8	11.6%	0.42	155.9	8.0%	0.61	95.0	4.9%	0.99	82.5	4.2%	1.16	81.3	4.1%	1.19	71.6	3.7%	1.33	1070.05	337.63
65	266.3	13.7%	0.75	319.4	11.3%	0.51	155.9	8.0%	0.72	100.2	5.1%	1.12	86.9	4.5%	1.29	84.7	4.3%	1.32	76.0	3.9%	1.47	1031.83	358.37
70	267.1	13.7%	0.86	312.8	10.9%	0.61	155.9	8.0%	0.83	104.0	5.3%	1.26	90.0	4.7%	1.43	88.9	4.6%	1.46	80.1	4.1%	1.62	1002.33	377.74
75	267.9	13.7%	0.99	306.0	10.6%	0.72	155.9	8.0%	0.93	107.5	5.5%	1.39	94.0	4.9%	1.57	92.7	4.8%	1.61	84.0	4.3%	1.73	971.31	396.03
80	268.6	13.8%	1.12	301.2	10.3%	0.84	155.9	8.0%	1.03	110.8	5.7%	1.53	98.2	5.0%	1.73	96.3	4.9%	1.76	87.6	4.5%	1.94	949.13	413.23
85	269.5	13.8%	1.26	296.5	10.1%	0.97	155.9	8.0%	1.23	113.7	5.9%	1.69	101.2	5.2%	1.85	99.7	5.1%	1.92	91.1	4.7%	2.10	927.03	429.54

Revisando los parámetros mínimos permitidos y el cálculo estimado en las tablas del **anexo f, tablas de cálculo mecánico de conductores Red 13,2 kV**, los valores están dentro de los mínimos permitidos para el proyecto, teniendo en cuenta que se utilizan estructuras normalizadas por el operador de red no se afectan los mínimos índices requeridos por los criterios de diseño de la CEO.