



PROYECTO
ELECTRIFICACION
CENTRO DE INTEGRACION CIUDADANA
MUNICIPIO DEL BAJO BAUDO

PROYECTO
PRESENTADO A LA ALCALDIA DEL MUNICIPIO DEL BAJO BAUDO
EN EL DEPARTAMENTO DEL CHOCO

PRESENTADO POR:



NESTOR ANDRES GOMEZ FUENTES
INGENIERO ELECTROMECANICO
M.P. BY 250 - 60110 ACIEM
CEL. 3132403352 email: nagf777@gmail.com



TABLA DE CONTENIDO

- 1. GENERALIDADES**
 - 1.1 *Diseñador del proyecto*
 - 1.2 *Alcance*
 - 1.3 *Definiciones*
 - 1.4 *Normatividad aplicable*
- 2. RESUMEN DEL PROYECTO**
 - 2.1 *Localización*
 - 2.2 *Tipo de servicio y medida*
 - 2.3 *Cargas*
 - 2.4 *Carga instalada*
 - 2.5 *Carga diversificada*
 - 2.6 *Capacidad instalada (subestación) y Calculo Factor K*
 - 2.7 *Parámetros de diseño*
- 3. INSTALACION ELECTRICA DE USO FINAL**
 - 3.1 *Consideraciones generales*
 - 3.2 *Diseño de iluminación*
 - 3.2.1. *Validación Software Iluminación*
 - 3.3 *Circuitos ramales*
 - 3.4 *Conductores, protecciones y canalizaciones*
- 4. ACOMETIDA**
 - 4.1 *generalidades*
 - 4.2 *tableros y cajas de inspección*
 - 4.3 *alimentadores, protecciones y canalizaciones*
 - 4.4 *regulación de tensión y pérdidas de potencia y energía.*
 - 4.5 *Calculo Triangulo de potencia.*



5. MEDIDA DE CONSUMO

5.1 Clase de medida

5.2 Tableros y medidores

5.3 Medida Resistividad

5.4 Puesta a tierra

6. SUBESTACION

6.1 Selección y calculo

6.2 Condiciones de instalación

6.3 Conductores, protecciones y canalizaciones

6.4 Puesta a tierra

7. RED DE M.T Y B.T.

7.1 Zanjas y cajas de inspección

7.2 Coordinación de aislamientos

7.3 Calculo de la corriente de corto circuito

7.4 Coordinación de Protecciones

8. SEÑALIZACION Y SEGURIDAD

9. REQUERIMIENTOS ESPECIALES

9.1 Análisis de Riesgos Contra Rayos NTC 4552

9.2 Análisis de Riesgos Eléctricos

9.3 Calculo Económico de Conductores

9.4 Programa Salud Ocupacional

10. ANEXOS

- *Memorias Calculo RETILAP*
- *Planos eléctricos*
- *Disponibilidad de servicio Eléctrico*
- *Factura pago radicación del proyecto*
- *Declaración de cumplimiento del RETIE y RETILAP*
- *Matricula profesional del Ingeniero Diseñador*
- *Certificado Calibración TELUROMETRO*



1. GENERALIDADES

1.1 Diseñador del proyecto

Nombre: Néstor Andrés Gómez Fuentes

Profesión: Ingeniero Electromecánico U.P.T.C

Matricula Profesional BY250-60110 ACIEM

Cel. 3132403352- 3003164743

1.2 Alcance

El presente diseño eléctrico aplica únicamente para el proyecto CENTRO INTEGRACION CIUDADANA en el municipio de Bajo Baudo, incluyendo la subestación 15KVA, equipo de medida e instalación de uso final y en general todo lo especificado en este documento.

1.3 Definiciones

Ver artículo 3 RETIE y sección 100 de NTC 2050

1.4 Normatividad aplicable

En Colombia los diseños eléctricos se rigen por el RETIE, RETILAP y la NTC 2050 de igual manera todas aquellas normas a las que se refieran las anteriores.

RESUMEN DEL PROYECTO

1.2 Localización

En el municipio del Bajo Baudo en el departamento de Choco, en el sector Urbano.

1.3 Tipo de servicio y medida

Se establece un servicio trifásico tetrafilar en baja tensión (comercial) suministrado por una subestación, para alimentar las instalaciones eléctricas.

Se utilizara medidor trifásico de energía activa, para una capacidad instalada de 15 KVA.

1.4 Cargas

La carga general está compuesta por lámparas fluorescentes y de alta potencia, tomacorrientes generales y GFCI para aplicaciones donde exista humedad.

1.5 Carga instalada

De acuerdo con los criterios de electrificación por unidad de área la carga instalada es de 12.2 KVA.



CUADRO DE CARGAS INSTALACIONES "CENTRO INTEGRACION CIUDADANA" MUNICIPIO DEL BAJO BAUDO																								
MEDIDOR	TABLEROS	CIRCUITO	CARGAS						PROTECCION		CARGA (W)	F.P	CARGA (VA)	CORRIENTE		PROTECCION	CONDUCTOR	FASES			OBSERVACION			
			LFC 1x17W	T5-4x14W	CDM-1x70W	L-1x70W	P-1x250W	P-1x400W	T ó GFCI	T ó GFCI				I	Factor Ajuste 125%			calibre	R	S		T		
MEDIDA	TABLERO_N	1	1	10	0	0	0	0	0	0	0	577	1	577	4,808	6,010	1 x 15A	THWN AWG # 12	X			ILUMINACION		
		2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	272	1	272	2,267	2,833	1 x 15A	THWN AWG # 12	X			ILUMINACION		
		3	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1260	0,95	1326	11,053	13,816	1 x 15A	THWN AWG # 12	X			FUERZA		
		4	0	0	0	0	0	0	0	8	0	1440	0,95	1516	12,632	15,789	1 x 20A	THWN AWG # 12	X			FUERZA		
		5y6	0	0	0	0	0	0	16	0	0	6400	1	6400	29,091	36,364	2 x 40A	THWN AWG # 10	X	X			ILUMINACION CANCHA	
		7y8	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1000	1	1000	4,545	5,682	2 x 40A	THWN AWG # 10	X	X			ILUMINACION GRADERIAS	
		9	0	0	0	0	0	0	3	0	0	540	0,95	568	4,737	5,921	1 x 15A	THWN AWG # 12	X				FUERZA	
		10y11	0	0	8	0	0	0	0	0	0	560	1	560	2,545	3,182	2 x 30A	THWN AWG # 12	X	X				ILUMINACION TARIMA
	TOTAL																							
	T-N	31	17	10	8	0	4	16	18	0	12049		12220	33,958	42,448	3 x 50A	THHN AWG # 4			316,4	316,4	40,0	40,0	Cableado parcial a tablero (4 x 4 AWG- THHN)
1 CUENTAS	TOTALES	36	17	10	8	0	4	16	18	0	12049		12220	33,958	42,448	3 x 80A	THHN AWG # (4)			316,4	316,4	40,0	40,0	Cableado ACOMETIDA (4 x 4 AWG- THHN)

1.6 Carga diversificada

Teniendo en cuenta los factores de diversificación para este tipo de construcciones la carga diversificada es de 15 KVA.

2.6 Capacidad instalada (subestación)

Para cubrir la demanda del proyecto se calculó la subestación de 15 KVA, DYN5 de 13.2 KV/120V-208V norma 819, refrigerado de aceite tipo aéreo conforme se muestra en los planos de construcción.



Cálculos Eléctricos Para Transformador

Nombre del Proyecto: CENTRO INTEGRACION CIUDADANA EN EL MUNICIPIO DEL BAJO BAUDO
 Código: _____
 Nombre del transformador: _____

Fecha
25/05/2015

Datos Eléctricos

Potencia:	15 kVA	Clase del transformador :	Transformadores Trifásicos Sumergibles
Tipo de alimentación:	Trifásico	Enfriamiento:	(IEEE C57.93)
Impedancia base:	11616,00 mΩ	TIPO OA Sumergido en aceite, con enfriamiento natural.	
Frecuencia:	60 Hz		
Relación de Trans.:	15384615385:1		

Primario

Tipo de conexión: **Delta**
 Hilos: **3**
 Voltaje de línea: **13,2 kV L-L**
 Voltaje de fase: **13,2 kV**
 Corriente de línea: **0,66 A**
 Corriente de Fase: **0,38 A**
 Conexión del neutro: **No tiene**

Secundario

Tipo de conexión: **Estrella**
 Hilos: **4**
 Voltaje de línea: **0,208 kV L-L (208 V)**
 Voltaje(s) de fase: **0,12008886 kV (0 V)**
 Corriente de línea: **41,64 A**
 Corriente de Fase: **41,64 A**
 Conexión del neutro: **solidamente a tierra**

Alimentadores

Primario

Factor mult. de corriente: **125 %**
 Corriente de diseño: **0,82 A**
 Material: **ALUMINIO**
 Voltaje de Operación Cable: **5001-35000 V**
 Tabla aplicada: **310,74**
 Calibre: **2 AWG / MCM**
 Temp. Op.: **90°C**
 Fact. Temp: **36-40 °C**
 Corriente nominal cable: **115 A**
 Conductores por fase: **1**
 Cap. Total por fase: **115 A**
 % carga en el cable: **0,71%**
 % Reserva: **99,29%**
 Calibre del neutro: **AWG / MCM**
 Conductores por neutro:

Secundario

Factor mult. de corriente: **125 %**
 Corriente de diseño: **52,04 A**
 Material: **COBRE**
 Voltaje de Operación Cable: **0 - 2000 V**
 Tabla aplicada: **310,16**
 Calibre: **4 AWG / MCM**
 Temp. Op.: **90°C**
 Fact. Temp: **36-40 °C**
 Corriente nominal cable: **86,45 A**
 Conductores por fase: **1**
 Cap. Total por fase: **86,45 A**
 % carga en el cable: **60,20%**
 % Reserva: **39,80%**
 Calibre del neutro: **4 AWG / MCM ← Considerar**
 Conductores del neutro: **1**

Datos de canalización

Primario

Calibre de conductores: **2 AWG / MCM**
 Aislante: **THW**
 Área del cable: **86,14 mm2**
 Cantidad de cables: **3 (Fases + Neutro igual calibre)**
 Área Total: **258,42 mm2**
 Tamaño tubería: **3"**
 Tipo: **Tubo de PVC, Tipo A**
 Área Total: **5293,81 mm2**
 % de Ocupación: **4,88%**

Secundario

Calibre de conductores: **4 AWG / MCM**
 Aislante: **THW**
 Área del cable: **#N/A mm2**
 Cantidad de cables: **4 (Fases + Neutro igual calibre)**
 Área Total: **#N/A mm2**
 Tamaño tubería: **2"**
 Tipo: **Tubo de PVC Rigido, Sch. 40 y tubo de PE**
 Área Total: **2128,86 mm2**
 % de Ocupación: **#N/A**

Protecciones

Primario

Limitaciones sobre el lugar: **Supervisados**
 % Impedancia del TX: **No mas de 6%**
 Tipo de protección: **Fusible**
 Ajuste max. del dispositivo: **0 % I de diseño**
 Cap. de corriente del dispositivo: **3 A AF**
 Max corriente de ajuste: **0,00 A AD**

Secundario

Tipo de protección: **Interruptor automático**
Tabla 450,3A
 Ajuste max. del dispositivo: **% I de diseño**
 Cap. de corriente del dispositivo: **50 A AF**
 Max corriente de ajuste: **A AD**

Sistema de puesta a tierra

Tipo de conductor: **Desnudo**
 Cantidad de conexiones: **1 NTC 2050**
 Calibre mínimo: **1/0**

AF: AMPERIOS FRAME
 AD: AMPERIOS DE DISPARO



Calculo del Factor K para transformadores

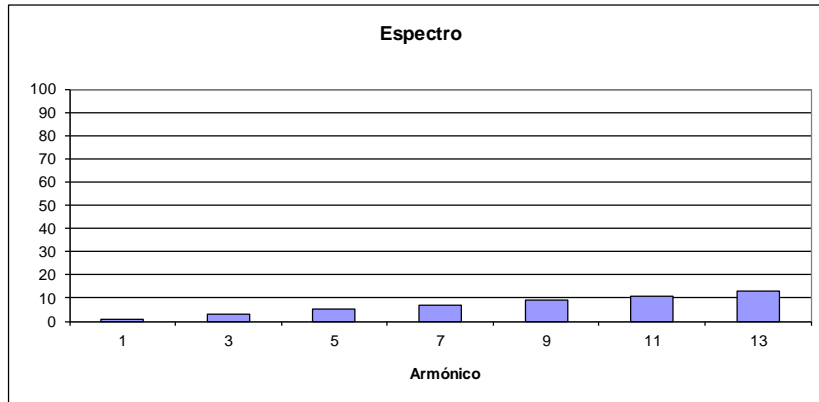
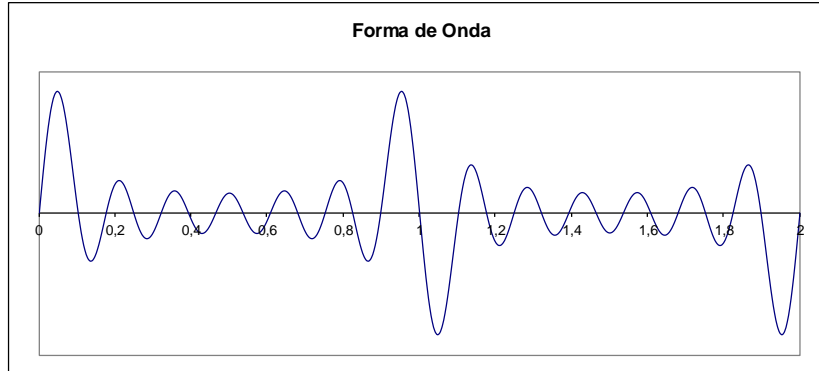
I Base = 1 A

Menú Principal

Armónicos



% de lb 1 3 5 7 9 11 13



Armónico	Corriente RMS In	$\frac{I_n}{I_1}$	$\left(\frac{I_n}{I_1}\right)^2$	$\frac{I_n}{I}$	$\left(\frac{I_n}{I}\right)^2$	$\left(\frac{I_n}{I}\right)^2 \times n^2$
1	0,01	1	1	0,01	0,0001	0,0001
3	0,03	3	9	0,03	0,0009	0,0081
5	0,05	5	25	0,05	0,0025	0,0625
7	0,07	7	49	0,07	0,0049	0,2401
9	0,09	9	81	0,09	0,0081	0,6561
11	0,11	11	121	0,11	0,0121	1,4641
13	0,13	13	169	0,13	0,0169	2,8561

%TDH-F 2130,73

Factor K 5,2871

Basado en la norma IEEE 519



Algunos Valores Tipicos de K

Carga	Factor K
Iluminación por descarga eléctrica.	K-4
UPS con filtrado de entrada opcional.	K-4
Máquinas de soldar.	K-4
Equipo de calefacción por inducción.	K-4
PLCs y controles de estado sólido (diferentes a variadores de velocidad).	K-4
Equipo de Telecomunicaciones (por ejemplo PBX).	K-13
UPS sin filtrado de entrada opcional.	K-13
Circuitos con receptáculo de varios cables en áreas de cuidado general de unidades de salud, salones de clase de escuelas, etc.	K-13
Circuitos con receptáculo de varios cables alimentando equipo de inspección o pruebas en una línea de ensamble o producción.	K-13
Cargas de computadoras Mainframe.	K-20
Variadores de velocidad de estado sólido	K-20
Circuitos con receptáculo de varios cables en áreas críticas de cuidado y en cuartos de operación/recuperación en hospitales.	K-20

CALCULO TRANSFORMADOR	
DESCRIPCION	CARGA VA
ILUMINACION	8809,00
TOMAS FUERZA	3410,526
TOTAL DIVERSIFICADO KVA	12219,53
SE NECESITA UN (1) TRANSFORMADORES DE 15 KVA	



Calculo de corriente de corto circuito

Transformador trifásico

Potencia: 15 kVA
 Voltaje en lado de falla (V2): 0,208 kV
 Voltaje de corto circuito %: 4 Tabla T1
 Ra: 1,50550161 Ohm
 Xa: 4,81203377 Ohm
 V1: 13,2 kV
 Rr 0,00037382 Ohm reflejada
 Xr 0,00119483 Ohm reflejada

T1. Tensión de cortocircuito Vcc normalizada para los transformadores MT/BT de distribución pública.

kVA	630	800	1000	1250	1600	2000
Vcc (%)	4	4,5	5	5,5	6	7

Se tiene que: $Z_t = V_{cc} \times \frac{V_n^2}{S_n}$ Z del transformador

Por lo tanto: $Z_t = 115,3706667 \text{ m}\Omega$

Se tiene que: $X_t \approx Z_t$ X del transformador

Por lo tanto: $X_t = 115,3706667 \text{ m}\Omega$ $X_r = 1,194 \text{ m}\Omega$

Se tiene que: $R_t \approx 0,20 \times X_t$ R del transformador

Por lo tanto: $R_t = 23,07413333 \text{ m}\Omega$ $R_r = 0,373 \text{ m}\Omega$

Luego: $\frac{R_{total}}{X_{total}} = 0,20$

$Z_{total} = \sqrt{(R_t + R_r)^2 + (X_t + X_r)^2}$ $Z_t = 118,90 \text{ m}\Omega$

Se tiene que: $I_{cc, sim} = \frac{V_n^2}{\sqrt{3} \times Z_t}$

Por lo tanto: $I_{cc, sim} = 1,01 \text{ kA simetricos}$

Luego tenemos que: $K = 1,54$, para $\frac{R_t}{X_t} = 0,20$ (IEC 60909)

$I_{cc} = \sqrt{2} \times K \times I_{cc, sim}$

Finalmente: $I_{cc} = 2,20 \text{ kA asimetricos}$

Basado en la norma UTEC 15-105 y IEC 60 909.



2.7 Parámetros de diseño

A continuación se presentan los parámetros necesarios, para la realización del presente diseño:

Tensión de Servicio	En el primario	13800 V
	En el secundario	208 / 120 V
Tipo de Red	En el primario	Aérea N° 2 ASCR
	En el secundario	Por ducto PVC tp
Configuración de Redes	En el primario	Trifásico 3 hilos
	En el secundario	Trifásico 4 hilos
Regulación Permitida	En el primario	3,0 % como máximo
	En el secundario	3,0 % como máximo

3. INSTALACIONES ELECTRICAS DE USO FINAL

3.1 consideraciones generales

- Los tubos conduit y tuberías eléctricas expuestas a la vista se deberán identificar con el color naranja establecido en la norma NTC 3458, identificación de tuberías y servicios (ver NTC 2050 300-24).
- Todos los medios de desconexión requeridos por este código para motores y artefactos y todas las acometidas, circuitos principales o ramales en su punto de origen, debe estar rotulados de modo legibles y que indique su objetivo, a no ser que estén situados e instalados de modo que ese objetivo sea evidente (sección 110-22 NTC 2050).
- Los tomacorrientes de uso general deberán estar entre 30 cm y 40 cm sobre el nivel del suelo, exceptuando los ubicados sobre los mesones, que tendrán que estar a una altura de 1,2 mts; independientemente de la altura de los mesones nunca deberá instalarse a una altura superior a 50 cm sobre estos.
- La identificación de los conductores deberá realizarse como lo indica la tabla 13 del RETIE.

SISTEMA	1Φ	1Φ	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ-	3ΦY	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ
TENSIONES NOMINALES (Voltios)	120	240/120	208/120	240	240/208/120	380/220	480/440	480 /440	Mas de 1000 V
CONDUCTORES ACTIVOS	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases
FASES	Negro trifásico	Negro Rojo/	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta Café Rojo
NEUTRO	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Gris	No aplica	No aplica
TIERRA DE PROTECCIÓN	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde
TIERRA AISLADA	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	No aplica	No aplica

Tabla 13. Código de colores para conductores



- Los interruptores de iluminación general se instalaran a 1,2 m sobre el nivel del suelo y deberán estar a la vista de los dispositivos que controlan.
- Todos los conductores del mismo circuito y el conductor puesto a tierra y todos los conductores de puesta a tierra de los equipos, cuando los haya, deben estar instalados en la misma canalización, bandeja portacables, zanja, cable o cordón (sección 300-2 NTC 2050).
- En las canalizaciones o bandejas portacables que contengan conductores eléctricos no debe haber ningún tubo, tubería o similar para vapor, agua aire, gas, drenaje o cualquier otra instalación que no sea eléctrica (sección 300-8 NTC 2050).
- Las canalizaciones, cajas, armarios, armaduras de cables y herrajes metálicos, deben ir puestos a tierra según los requisitos del artículo 250 (sección 300-9 NTC 2050).
- En todos los puntos de salidas, uniones y de interruptores, debe quedar como mínimo una longitud de 15 cm libre en los conductores para empalmes o conexiones de elementos o dispositivos eléctricos (sección 300-14 NTC 2050).
- las bandejas portacables deben estar expuestas y accesibles, excepto lo permitido por el (artículo 318-6.g).
- alrededor de las bandejas portacables se debe dejar y mantener un espacio suficiente que permita el acceso adecuado para la instalación y mantenimiento de los cables.
- Se permite el uso de tubo rígido no metálico certificado y sus accesorios, en las siguientes condiciones: a) Ocultos en paredes, pisos y techos. (sección 347-2 NTC 2050).
- Se debe respetar la separación máxima entre soportes para los diferentes calibres de tubo.

Tabla 347-8 Soportes de los tubos rígidos no metálicos

Tamaño comercial del tubo		Separación máxima entre soportes
mm	pulgadas	m
16 - 27	½ - 1	0,9
35 - 53	1 ¼ - 2	1,5
63 - 78	2 ½ - 3	1,8
91 - 129	3 ½ - 5	2,1
155	6	2,4



3.2 Diseño de iluminación

Fue realizado para cumplir con lo establecido para las diferentes áreas indicadas en la tabla 26 del RETIE y RETILAP 2010.

objeto:

Diseño de iluminación CENTRO INTEGRACION CIUDADANA en el municipio del bajo baudo departamento del choco.

alcance:

Consiste en la realización de cálculos de niveles de Iluminancia, VEEI y UGR.

normatividad:

RETILAP Mediante la Resolución 180540 de marzo 30 de 2010 Expedida por El Ministerio de Minas y Energía.

CRITERIOS DE DISEÑO:

El Proyecto se diseñó según normatividad existente RETILAP.

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR _L	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo.	Medio	Máximo
Áreas generales en las edificaciones				
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños.	25	100	150	200
Almacenes, bodegas.	25	100	150	200

Deporte	Nivel de juego			Uniformidad (E _{min} /E _{max})	
	Recreativo	Entrenamiento	Competencia	Entrenamiento	Competencia
Fútbol	50(100)	60(150)	>600	1:3	2:3
Voleibol	60	100	300 a 600	1:3	2:3
Baloncesto	60	100	300 a 600	1:3	2:3
Tenis	150	250	400 a 700	1:2	2:3
Béisbol	150	250	400 a 700	1:2	2:3

Tabla 560.3.1 Niveles de iluminancia horizontal por tipo de juego y nivel de competencia



Grupo	Actividades de la zona	Limites de VEEI
a Zonas de baja importancia luminica	Administrativa en general	3,5
	Andenes de estaciones de transporte	3,5
	Salas de diagnóstico (4)	3,5
	Pabellones de exposición o ferias	3,5
	Aulas y laboratorios (2)	4,0
	Habitaciones de hospital (3)	4,5
	Otros recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
	Zonas comunes (1)	4,5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Parqueaderos	5
	Zonas deportivas (5)	5
b Zonas De alta importancia luminica	Administrativa en general	6
	Estaciones de transporte (6)	6
	Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	Bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	Zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	Centros comerciales (excluidas tiendas) (9)	8
	Hostelería y restauración (8)	10
	Otros recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10
	Centros de culto religioso en general	10
	Salones de reuniones, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, y salas de conferencias (7)	10
	Tiendas y pequeño comercio	10
	Zonas comunes (1)	10
	Habitaciones de hoteles, etc.	12

Tabla 440.1 Valores limite de eficiencia energética de la instalación (VEEI)

SOFTWARE APLICADO: DIALUX

Resultados obtenidos

ILUMINACION INTERNA - CENTRO INTEGRACION CIUDADANA MUNICIPIO DEL BAJO BAUDO											
AREA INTERNA		NIVEL ILUMINANCIA Em (Lx) ver ANEXO 1	RETILAP Em (Lx) Ver Criterios de diseño en el informe	AREA BASE RECINTO m2 ver ANEXO 1	FLUJO LUMINARIA Φ lm ver ANEXO 1	CANTIDAD DE LAMPARAS ver ANEXO 1	POTENCIA W ver ANEXO 1	TIPO BOMBILLA ver ANEXO 1	UGR Calculado ver ANEXO 1	VEEI (W/m2)*100 lx ver ANEXO 1	VEEI (W/m2)*100 lx - Ver Criterios de diseño en el informe
NOMBRE RECINTO	ACTIVIDAD										
AREAS INTERNAS											
BODEGA IMPLEMENTOS DEPORTIVOS	ENSEÑANSA	443	500 (Tabla 410-1)	32,43	30000	6	4 x 14	PHILIPS_TL5	18	2,63	4,5
SALA COORDINADOR	OFICINA	564	500 (Tabla 410-1)	14,83	20000	4	4 x 14	PHILIPS_TL5	19	3,02	4,5
TARIMA	EVENTOS	500	500 (Tabla 410-1)	54,3	52800	8	1 x 70	PHILIPS_CDM	20	2,36	4,5
CANCHA BALONCESTO	DEPORTIVA	290	300 (Tabla 560-3-1)	539,59	352000	16	1 x 400	PHILIPS_HPL	25	4,36	4,5
BAÑOS HOMBRES Y MUJERES	BAÑOS	133	150 (Tabla 410-1)	23,02	5000	4	1 x 17	PHILIPS_LFC	24	2,61	4,5
VESTIER	HABITACION	151	150 (Tabla 410-1)	9,11	2500	2	1 x 17	PHILIPS_LFC	19	2,91	4,5
GRADERIAS	HABITACION	115	100 (Tabla 410-1)	226,64	50800	4	1 x 250	PHILIPS_HPL	27	4,21	4,5
ILUMINACION EMERGENCIA	DEPOTIVA CANCHA BALONCESTO	22	10 ITEM 470,5,1)	154,53	10340	22	1 x 8	PHILIPS_TL	16	1,71	4,5

Ver Anexo 1 memorias de cálculo RETILAP.

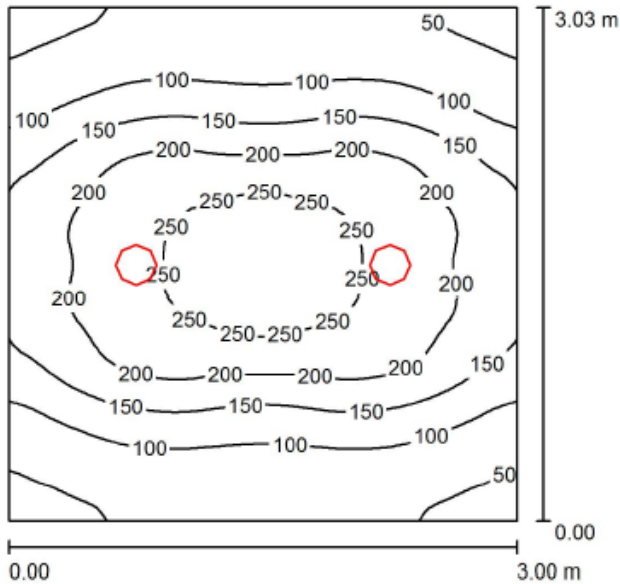


3.2.1. VALIDACION SOFTWARE DE ILUMINACION CON CALCULOS MANUALES

Se escogió una área cualquiera del Proyecto simulada con el software de iluminación DIALUX y se comparo los resultados con las formulas calculadas manualmente dadas por el RETILAP para iluminación de áreas internas.

Calculo con el Software DIALUX

VESTIER / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.600 m

Valores en Lux, Escala 1:39

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	151	37	278	0.244
Suelo	20	118	62	151	0.531
Techo	70	20	15	25	0.714
Paredes (4)	50	44	15	191	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	19	16	
Trama:	64 x 64 Puntos	Pared inferior	19	16	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS FBS120 1xPL-R/4P17W HF L (1.000)	1000	1250	20.0
			Total: 2000	Total: 2500	40.0

Valor de eficiencia energética: $4.39 \text{ W/m}^2 = 2.91 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 9.11 m^2)

Resultados:



$E_{prom} = 151Lx$, Calculado con software DIALUX

Calculo manual con formula

MÉTODO DE CAVIDADES ZONALES

$$E_{prom} = \frac{N \times n \times \Phi_L \times CU \times FM}{l \times a}$$

Donde:

- N = Número de luminarias en el local.
- n = número de bombillas por luminaria
- Φ_L = flujo luminoso de una Bombilla de la luminaria.
- CU = Coeficiente o Factor de utilización para el plano de trabajo.
- FM = Factor de mantenimiento de la instalación.
- l = longitud del local en metros
- a = ancho del local en metros

METODOS CAVIDADES ZONALES (calculo iluminacion promedio)		
N=	2	DATO TOMADO SOFTWARE
n=	1	DATO TOMADO SOFTWARE
flujo luminoso=	1320	DATO TOMADO SOFTWARE
CU=	0,95	TABLA RETILAP 430,2,3
FM=	1	DATO TOMADO SOFTWARE
L=	3,89	DATO TOMADO SOFTWARE
a=	3,57	DATO TOMADO SOFTWARE
E_{prom}(Lux)=	180,59666	

CONCLUSION VALIDACION SOFTWARE

Utilizando el software la E_{prom} es inferior que con los cálculos manuales, porque al software genera una mayor efectividad en los resultados de iluminación y eficiencia mientras que las formulas manuales son casos ideales.



3.3 Circuitos ramales (ver sección 220 NTC 2050)

Teniendo en cuenta los valores mínimos de electrificación de la tabla 220-3 b) de la NTC 2050 y el área de la edificación se calcula el número necesario de circuitos ramales distribuidos así (ver plano):

220-3. Cálculo de los circuitos ramales. Las cargas de los circuitos ramales se deben calcular como se indica en los siguientes apartados a) hasta d).

a) Cargas continuas y no continuas. La capacidad nominal del circuito ramal no debe ser menor a la carga no continua más el 125 % de la carga continua. El calibre mínimo de los conductores del circuito ramal, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe tener una capacidad de corriente igual o mayor que la de la carga no continua más el 125 % de la carga continua.

Excepción: Cuando el conjunto, incluidos los dispositivos de protección contra sobrecorriente, esté certificado para funcionamiento continuo al 100 % de su capacidad nominal.

b) Cargas de alumbrado para ocupaciones listadas. La carga mínima de alumbrado por metro cuadrado de superficie del suelo, no debe ser menor a la especificada en la Tabla 220-3.b) para las ocupaciones relacionadas. La superficie del suelo de cada planta se debe calcular a partir de las dimensiones exteriores de la edificación, unidad de vivienda u otras áreas involucradas. Para las unidades de vivienda, la superficie calculada del suelo no debe incluir los porches abiertos, los garajes ni los espacios no utilizados o sin terminar que no sean adaptables para su uso futuro.

Notas:

- 1) Los valores unitarios de estos cálculos se basan en las condiciones de carga mínima y en un factor de potencia del 100 % y puede que no ofrezcan capacidad suficiente para la instalación contemplada.
- 2) La práctica de aforar la capacidad instalada no es permitida para la aplicación de la Tabla 220-11.

Tabla 220-3.b). Cargas de alumbrado general por tipo de ocupación

Tipo de ocupación	Carga unitaria (VA/m ²)
Cuarteles y auditorios	10
Bancos	38 **
Barberías y salones de belleza	32
Iglesias	10
Clubes	22
Juzgados	22
Unidades de vivienda *	32
Garajes públicos (propriamente dichos)	5
Hospitales	22
Hoteles y moteles, incluidos bloques de apartamentos sin cocina *	22
Edificios industriales y comerciales	22
Casas de huéspedes	16
Edificios de oficinas	38 **
Restaurantes	22
Colegios	32
Tiendas	32
Depósitos	2.5

c) Otras cargas para todo tipo de lugares. En todo tipo de lugares, la carga mínima para cada salida de tomacorriente de uso general y salidas no utilizadas para alumbrado general, no debe ser menor a las siguientes (las cargas utilizadas se basan en la tensión nominal de los circuitos ramales):

- 1) Salida para un artefacto específico u otra carga, excepto para motores... Amperios nominales del artefacto o carga conectada.



- 2) Salida para motor (ver Artículos 430-22 y 430-24 y Sección 440).
- 3) Una salida para elementos de alumbrado empotrados debe tener la máxima capacidad nominal en VA para la que esté calculado dicho elemento o elementos.
- 4) Salida para portalámparas de servicio pesado..... 600 VA.
- 5) Rieles de alumbrado (ver Artículo 410-102).
- 6) Avisos eléctricos e Iluminación de contorno..... 1.200 VA para cada circuito ramal exigido, como se especifica en el Artículo 600-5.a).
- 7) Otras salidas * 180 VA por salida.

En las salidas de tomacorriente, cada tomacorriente sencillo o múltiple de un puente se debe considerar a no menos de 180 VA.

* Esta disposición no se debe aplicar a las salidas de tomacorriente conectadas a los circuitos especificados en los Artículos 220-4.b) y c)

Siguiendo los criterios establecidos en la sección 220 NTC 2050 se aplican los factores de diversidad de las cargas así:

CUADRO DE CARGAS DIVERSIFICADA POR AREAS				
AREAS REUNION		REUNION (NTC 2050) SECCION 220-3B (Tabla 220-3b, Cargas de alumbrado general por tipo de ocupacion)	CARGA DIVERSIFICADA (V.A) POR AREAS PARA ALUMBRADO = (AREA x CARGA UNITARIA)	CARGA INSTALADA DE ILUMINACION POR AREA (V.A) RETILAP
AREAS GENERALES	METRO CUADRADO			
BODEGA IMPLEMENTOS DEPORTIVOS	32,43	10 VA / metro cuadrado	324	336
SALA COORDINADOR	14,83		148	224
TARIMA	54,3		543	560
CANCHA BALONCESTO	539,59		5396	6400
BAÑOS HOMBRES Y MUJERES	23,02		230	68
VESTIER	9,11		91	34
GRADERIAS	226,64		2266	1000
TOTAL AREAS	900			8999

Carga calculada (véase El Artículo 220-10.a)):

Carga de alumbrado general:
900 m² x 10 VA/m² = 9000 VA

Número mínimo de ramales necesarios (véase El Artículo 220-4.b)):

Carga para alumbrado general:
9000VA/120 V = 74.9 A. Esto exige 5 circuitos bifilar de 15 A.

Se instalara 8622 VA para Alumbrado general según cálculos de RETILAP en todo el proyecto para cargas continuas como se muestra en el cuadro de cargas.

Ejemplo del cálculo aplicado en el cuadro para CARGAS CONTINUAS

BOMBILLO = 100W de carga N° = 8 bombillos F.P = 1

Total carga bombillos (W) = 800W

Total carga bombillos (V.A) = 800W / F.P = 800 V.A

- Entonces hallamos la corriente (A)

Corriente (A) = 800 V.A / 120 V = 6.6 A



Para calcular la protección se multiplicara por un factor de seguridad del 125%

$$I_p = 6.6 \times 1.25 = 8.25 \text{ A}$$

- Para este circuito se requiere una protección de 1x15 A según el artículo 240-6 para el calculo de un interruptor automático.

- Al ver la tabla 310-16 de la NTC 2050 elegimos el tipo de conductor según la capacidad de corriente y el tipo de conductor, podemos escoger un cable Nº 12 AWG-THW para que soporte una corriente de 8.25 A.

3.4 conductores protecciones y canalizaciones

- La corriente nominal de cualquier equipo de utilización conectado mediante cordón y clavija no debe superar el 80% de la corriente nominal del circuito ramal (sección 210-23 a).
- En la tabla 210-24 del código se presenta un breve resumen de las capacidades de corriente de los circuitos ramales y los calibres mínimos para estos.
- Los tomacorrientes ubicados en áreas húmedas consideradas de riesgo, estarán protegidas por desconexión por falla a tierra (GFCI).
- No deberá instalarse tubería eléctrica no metálica en lugares expuestos a daños físicos severos que la fracturen a la luz solar directa, si esta no esta certificada para ser utilizada en tales condiciones y tipo de aplicación.
- Para las cajas de paso y salidas de alumbrado se deberán respetar las condiciones de la sección 370-16 de la NTC 2050 (ver tabla 370 – 16 a y b).
- Los conductores de puesta a tierra de todas las salidas, deberán instalarse de manera que en ausencia del tomacorriente o interruptor no se interrumpa la conexión a tierra.
- El uso de un conductor de puesta a tierra aislada para equipos no exime del requisito de poner a tierra la canalización y la caja de salida (sección 2502-74 NTC 2050).
-

2. ACOMETIDA

4.1 Generalidades

Se dispondrá en forma aérea (ACSR # 2) en una red de 13.2KV proyectada propiedad de la DISPAC S.A. E.S.P. hasta el transformador de 15 KVA.

En baja tensión se dispondrá desde un transformador hasta un tablero general de medida y seccionamiento, de allí se derivara hasta los tableros de distribución, el cálculo de los conductores se muestra en el numeral 4.3

El conductor neutro y el de puesta a tierra deberán ir aislados entre sí, solo se unirán en una conexión equipotencial lo mas cerca posible del transformador y antes de los dispositivos de corte así: (ver artículo 40 RETIE) y tabla 250-94-95 de la NTC 2050.



Tabla 250-94. Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de c.a.

Sección Transversal del mayor conductor de acometida o su equivalente para conductores en paralelo				Sección transversal (calibre) del conductor al electrodo de puesta a tierra			
Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre		Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre *	
mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o Kcmils	mm ²	AWG o Kcmils	mm ²	AWG o Kcmils
33,62 o menor	2 o menor	53,5 o menor	1/0 o menor	8,36	8	13,29	6
42,2 o 53,5	1 o 1/0	67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	13,29	6	21,14	4
67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	107,21 o 126,67	4/0 o 250 kcmil	21,14	4	33,62	2
107,21 hasta 177,34	4/0 hasta 350 kcmil	152,01 a 253,35	300 a 500 kcmil	33,62	2	53,50	1/0
202,68 a 304,02	400 a 600 kcmil	278,68 a 456,03	550 a 900 kcmil	53,50	1/0	85,02	3/0
329,35 a 557,37	650 a 1100 kcmil	506,70 a 886,73	1000 a 1750 kcmil	67,44	2/0	107,21	4/0
608,04 y más	1200 kcmil y más	912,06 y más	1800 y más kcmil	85,02	3/0	126,67	250 kcmil

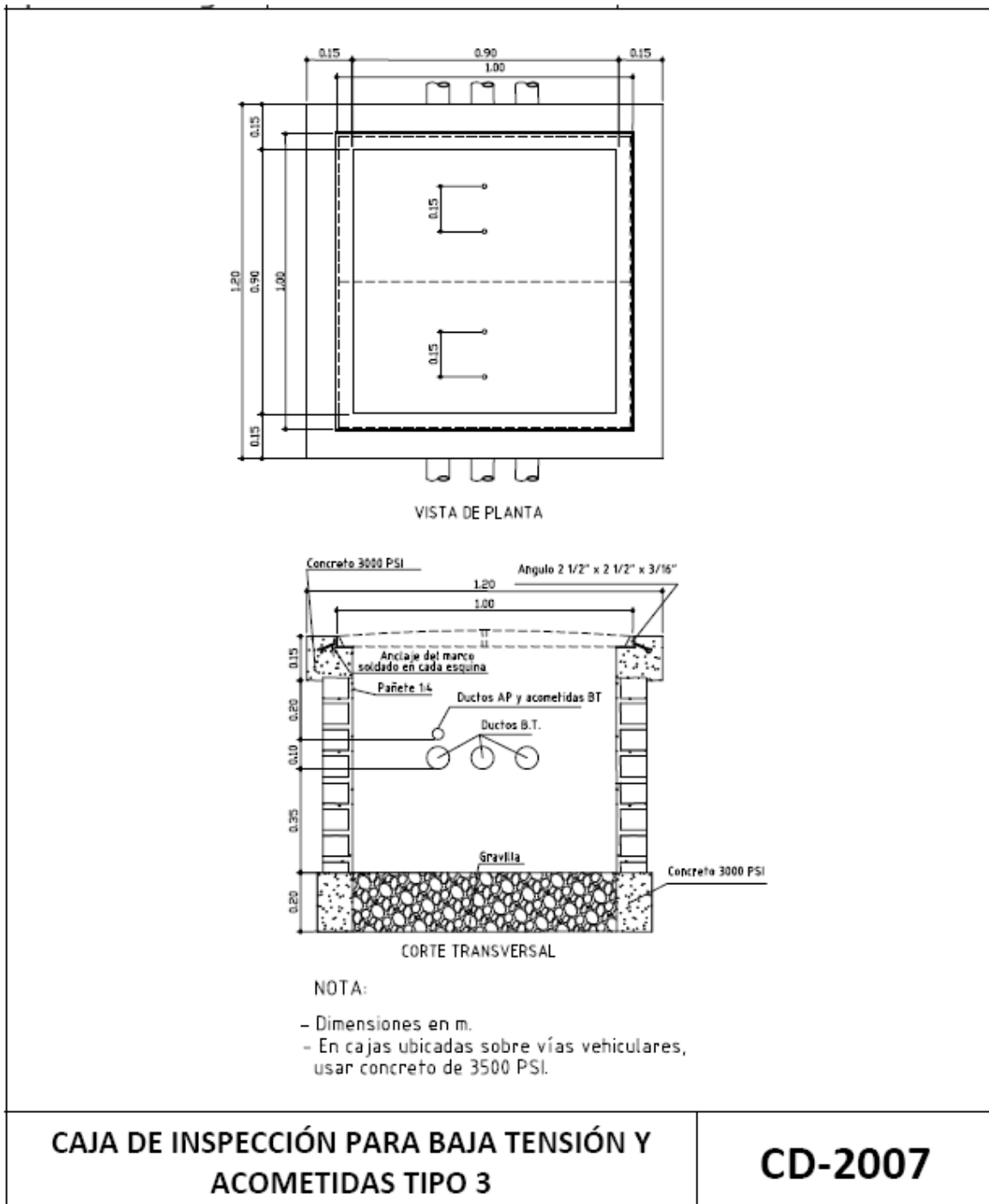
Tabla 250-95. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, tubos conduit, etc. (A)	Sección Transversal			
	Alambre de cobre		Alambre de aluminio o de aluminio recubierto de cobre *	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2,08	14	3,30	12
20	3,30	12	5,25	10
30	5,25	10	8,36	8
40	5,25	10	8,36	8
60	5,25	10	8,36	8
100	8,36	8	13,29	6
200	13,29	6	21,14	4
300	21,14	4	33,62	2
400	26,66	3	42,20	1
500	33,62	2	53,50	1/0
600	42,20	1	67,44	2/0
800	53,50	1/0	85,02	3/0
1.000	67,44	2/0	107,21	4/0
1.200	85,02	3/0	126,67	250 kcmil
1.600	107,21	4/0	177,34	350 kcmil
2.000	126,67	250 kcmil	202,68	400 kcmil
2.500	177,34	350 kcmil	304,02	600 kcmil
3.000	202,68	400 kcmil	304,02	600 kcmil
4.000	253,25	500 kcmil	405,36	800 kcmil
5.000	354,69	700 kcmil	608,04	1.200 kcmil
6.000	405,36	800 kcmil	608,04	1.200 kcmil



4.2 Tableros y cajas de inspección

Cajas de inspección en B.T





4.3 Alimentadores, protecciones y canalizaciones

Alimentación <input type="radio"/> Monofásica <input checked="" type="radio"/> Trifásica	Tipo de Carga <input type="radio"/> W <input type="radio"/> HP <input type="radio"/> A <input checked="" type="radio"/> VA	Calculo de Alimentador Datos de la Carga Carga nominal: 15000 VA Tension del sistema: 208 V Fp: 0,9 Effic: 95 % Factor de diseño: 125 % Corriente: 41,64 A Datos del Conductor Calibre: 4 AWG/MCM Capacidad nominal: 95 A Factor correcion Temp: 0,96 Conductores por fase: 1 Capacidad Total: 91,20 A	Calibre Temperatura del cable <input type="radio"/> 60 °C <input type="radio"/> 75 °C <input checked="" type="radio"/> 90 °C Temperatura ambiente 31-35 °C Conductores por fase <input type="button" value="▲"/> <input type="button" value="▼"/>
--	--	--	--

Tabla 310,16

Para alimentar la carga total del proyecto se calculó una subestación de 15 KVA (ver numeral 5) con una corriente nominal (In) en B.T esta dada por la siguiente expresión:

$$I_n (B.T) = 15000 \text{ VA} / 208 * \sqrt{3} = 41.64 \text{ A}$$

$$I \text{ conductor} = I_n * 1.25 = 52.10 \text{ A}$$

De acuerdo a lo anterior el calibre mínimo en cobre para alimentar las cargas deberá ser de 3x4+1x4 AWG para los conductores no puestos a tierra y 1 x 1/0 AWG para el conductor puesto a tierra, ya que según la tabla 310-16 NTC 2050 soporta una corriente máxima de 95 A con aislamiento THHN/THWN a una temperatura de 75° C y para el lado de M.T. del transformador se alimentara mediante tres conductores ACSR #2 ya existentes propiedad de la E.B.S.A. hasta el trafo.

La protección termomagnética de la acometida será de 50 A. los calibres y protecciones de los ramales pueden observarse en el cuadro de cargas del numeral 3.3 de este documento.

4.4 Regulación de tensión y pérdida de potencia y Energía

CALCULO DE REGULACION - PERDIDA DE POTENCIA Y ENERGIA EN MEDIA TENSION																	
TRAMOS	LONG. MTS	USUARIOS		NRO HILOS	AWG FASE	KVA Dem * usu	CORRIENTE I	CONSTANTE DE REGULACION	MOMENTO KVA*LONG.	REGULACION		% DE PERDIDAS DE POTENCIA			% DE PERDIDAS DE ENERGIA W - HORAS(12)		
		prop.	de calc.							PARCIAL	TOTAL	$R=r*L/1000$	$Pp=I^2*R$	% Pp PARCIAL	% Pp TOTAL	% Pp PARCIAL	% Pp TOTAL
TRAMO A_B	7	1	72	3	2	12,2	0,53	6,22450.E-07	85,40	0,0001	0,0001	0,0046897	0,00133281	3,5547E-06	3,5547E-06	4,26568E-07	4,26568E-07

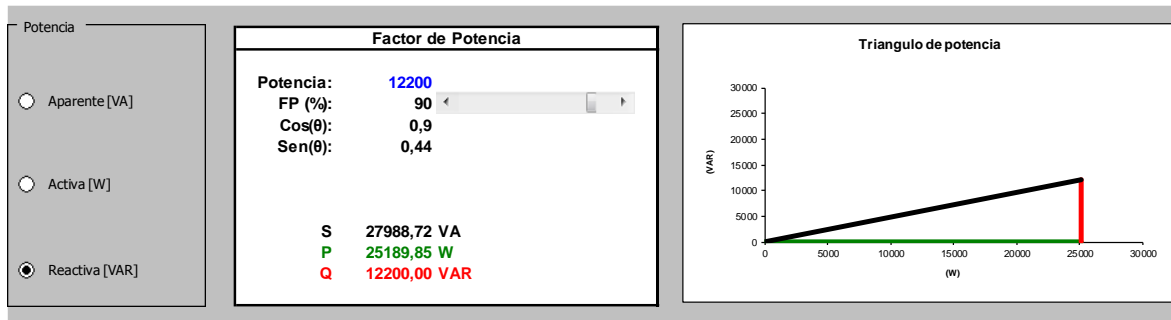
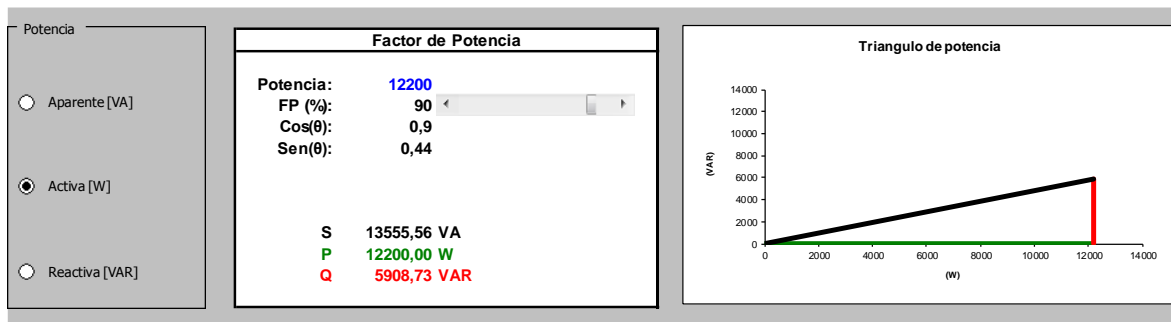
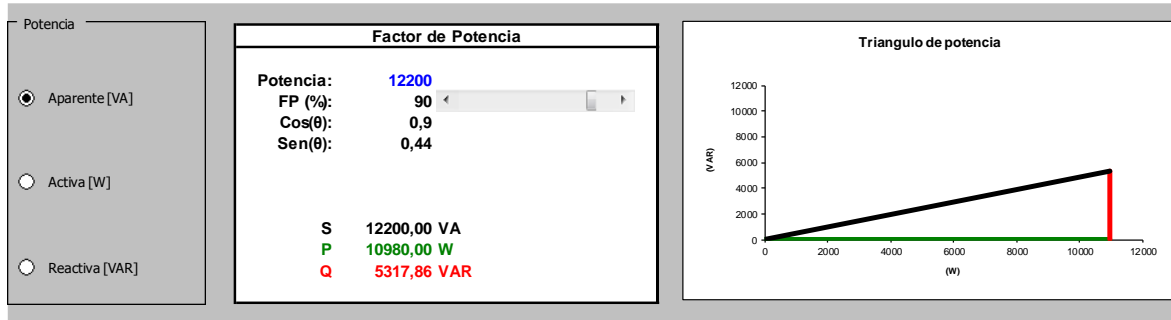
De tal manera que la regulación acumulada hasta La S/E será de 0.0001%. Y habrá una pérdida de potencia del 0.00000355%. Y una pérdida de energía de 0.00000426 W-hora cada 12 horas se perderá esta energía en M.T.

CALCULO DE REGULACION - PERDIDA DE POTENCIA Y ENERGIA EN BAJA TENSION - TRAF0																		
TRAMOS	LONG. MTS	USUARIOS		NRO HILOS	THW-AAC		KVA Dem * usu	CORRIENTE I	CONSTANTE DE REGULACION	MOMENTO KVA*LONG.	REGULACION		% DE PERDIDAS DE POTENCIA			% DE PERDIDAS DE ENERGIA W - HORAS(12)		
		prop.	de calc.		FASE	NEUTRO					PARCIAL	TOTAL	$R=r*L/1000$	$Pp=I^2*R$	% Pp PARCIAL	% Pp TOTAL	% Pp PARCIAL	% Pp TOTAL
TRAF0 a MEDIDOR	5	1	1	4	4	4	12,20	33,90	2,01000.E-03	61,00	0,1226	0,1226	0,0051	5,86233944	0,05339107	0,05339107	0,006406928	0,006406928
MEDIDOR a TN	20	1	1	4	4	4	12,2	33,90	2,01000.E-03	244,00	0,4904	0,6131	0,0204	23,4493578	0,21356428	0,26695535	0,025627713	0,032034642

De tal manera que la regulación acumulada hasta los tableros de distribución será de 0.61%. y habrá una pérdida de potencia del 0.26% . y una pérdida de energía de 0.025 W-hora cada 12 horas se perderá esta energía en B.T.



4.5 CALCULO TRIANGULO DE POTENCIA



Técnicas para mejorar el factor de potencia

- 1.- Suministrar la potencia reactiva localmente con condensadores o motores sincrónicos.
- 2.-Controlando la potencia reactiva requerida por controladores estáticos.
- 3.- Desconectando motores y transformadores sin carga.

Motivación para corregir factor de potencia:

- 1.- Disminuir penalización aplicada al consumo de energía.
- 2.- Liberar capacidad de alimentadores y transformadores.
- 3.- Disminuir pérdidas en alimentadores
- 4.- Disminuir la caída de voltaje en alimentadores.



5. MEDIDA DE CONSUMO

5.1 Clases de medida

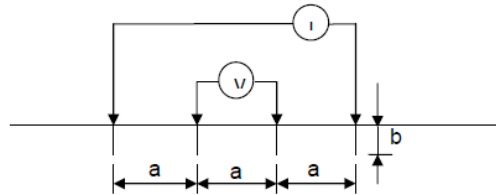
Se realizara en baja tensión y para el hotel se utilizara un medidor de medida directa, el medidor es trifásico de energía activa, básico clase 1 estático circuito a 3 x 120/208 V, para una capacidad instalada de 15 KVA, con certificación de producto expedida por una entidad acreditada ante la súper intendencia de industria y comercio, debe poseer certificado de calibración emitido por un laboratorio de medidores homologado de acuerdo a la clase de precisión.

5.2 Tablero de medidores

Se sugiere una caja para medidor trifásico conexión directa TM-004 según norma E.B.S.A. para mayor información consultar la norma mencionada (ver plano adjunto).

5.3 Medición Resistividad del Terreno

Para efectos del presente proyecto se aplicará el método tetra electrodico de Wenner, mediante la utilización de un TELURÓMETRO con certificado de calibración (se anexa fotocopia de certificado).



Fuente: RETIE. Artículo 15°.

La resistividad del terreno está dada por la ecuación 15:

$$\rho = \frac{4\pi aR}{\left(1 + \frac{2a}{\sqrt{4b^2 + a^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}\right)}$$

Donde: ρ es la resistividad aparente del suelo en $\Omega \cdot m$.
 a es la distancia entre electrodos adyacentes en m.
 b es la profundidad de enterramiento de los electrodos en m.
 R es la resistencia eléctrica medida en Ω , calculada como V/I .

Cuando b es muy pequeño comparado con a , se tiene la siguiente expresión⁶:

$$\rho = 2\pi aR$$

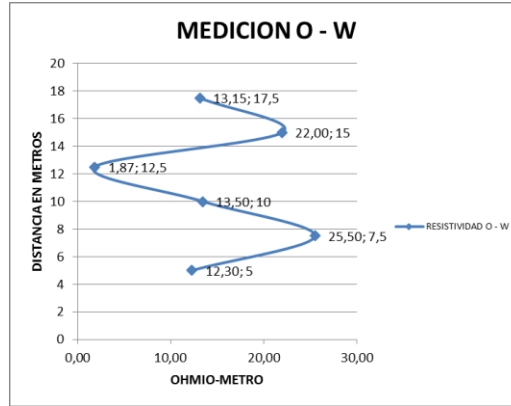
Para nuestro presente proyecto y con el objeto de establecer una adecuada toma de mediciones, se realizaron Dos(2) tomas lineales, cada una de seis mediciones (5, 7.5, 10, 12.5, 15 y 17.5 m) con el mismo centro y direcciones de Oriente a occidente(O - W) y Norte a sur (N - S) respectivamente para precisar una excelente cobertura en el terreno en donde se implementará la malla de Puesta a Tierra para **CENTRO INTEGRACION CIUDADANA**. Finalmente se promediaran los resultados



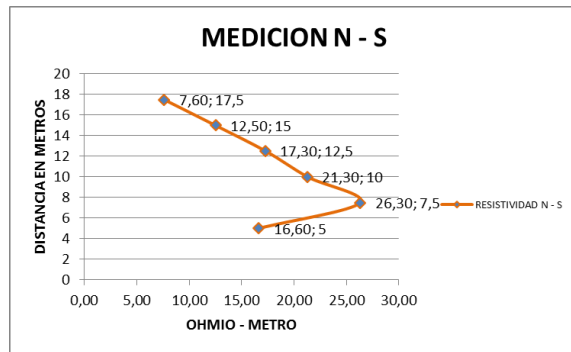
finales de cada medición y se evaluará el resultado para diseñar la Malla de puesta a Tierra del presente proyecto de acuerdo a la normatividad mencionada.

5.3.1 GRÁFICAS DE LAS MEDICIONES REALIZADAS

Medicion O - W		
MEDIDAS	Ohmio-metro (Ωm)	Distancia (m)
1 medida	12,30	5
2 medida	25,50	7,5
3 medida	13,50	10
4 medida	1,87	12,5
5 medida	22,00	15
6 medida	13,15	17,5
Promedio 1	14,72	

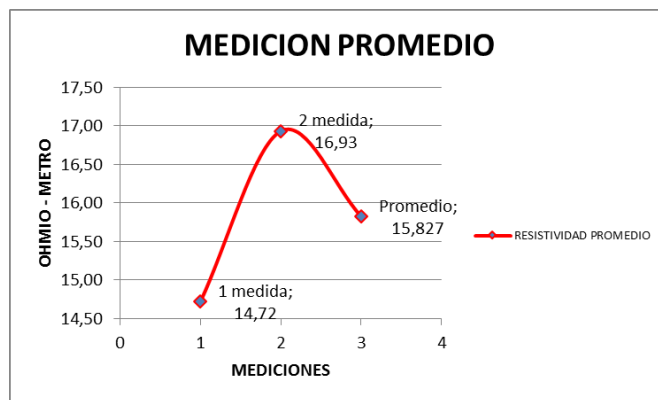


Medicion N - S		
MEDIDAS	Ohmio-metro (Ωm)	Distancia (m)
1 medida	16,60	5
2 medida	26,30	7,5
3 medida	21,30	10
4 medida	17,30	12,5
5 medida	12,50	15
6 medida	7,60	17,5
Promedio 2	16,93	



5.3.2. MEDICIÓN FINAL PROMEDIO.

Mediciones promedio	
Mediciones	Ohmio-metro (Ωm)
1 medida	14,72
2 medida	16,93
Promedio	15,827



De acuerdo al resultado obtenido promedio, se establece que la resistividad del terreno es de **15.82(Ω -m)**, resultado que **SI** es favorable para la implementación de la respectiva malla.



5.3.3. REGISTRO FOTOGRAFICO RESISTIVIDAD

REGISTRO FOTOS RESISTIVIDAD DEL TERRENO CENTRO INTEGRACION CIUDADANA





5.4 Puesta a tierra

Según la tabla 250-94 de la NTC 2050 el calibre mínimo para la conexión del electrodo de puesta a tierra para la sección transversal del conductor de acometida 4 THHN AWG es el 6 AWG, (ver plano), la puesta del armario de medida se hará a través de un electrodo como el indicado en los planos (varilla de cobre 99% pureza 5/5" 2.4 m) y la bajante será de calibre 1/0 AWG.

La metodología utilizada para el cálculo de la malla es la descrita en la norma IEEE 80, por practicidad en el diseño no se presentan los cálculos, a continuación se presentan los datos de entrada y salida:

Cálculo de la Malla de Puesta a Tierra		
Basado en la norma IEEE 80-2000 "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding"		
DATOS DEL TERRENO		
Lado Mayor de la Malla	m	3,0
Lado Menor de la Malla	m	3,0
Resistividad de la 1ª Capa ρ_1 (si se modelan 2 capas de suelo)	$\Omega.m$	22,30
Resistividad de la 2ª Capa ρ_2 (si se modelan 2 capas de suelo)	$\Omega.m$	9,40
Espesor de la 1ª Capa H (si se modelan 2 capas de suelo)	m	7,00
Resistividad equivalente del terreno ρ	$\Omega.m$	13,000
Resistividad Capa Superficial ρ_s	$\Omega.m$	19
Espesor Capa Superficial h_s	m	0,2
Area de la Malla A	m ²	9
Profundidad de la Malla h	m	0,5
DATOS DE CONEXION		
Tiempo de Despeje de la Falla t_f	seg	0,15
Temperatura Máxima de Operación	°C	90
Temperatura Ambiente	°C	40
DATOS DE CORRIENTE DE FALLA Y DE LA LINEA DE TRANSMISION DE AT DE ENTRADA		
Corriente de Falla a Tierra I_f Lado AT	KA	4,69
Corriente de Falla a Tierra I_f Lado BT	A	2333
Relación X/R del Sistema	-	10
Factor de Decremento D_f	-	1,085
Corriente de Diseño de los Conductores (Lado de Mayor I_f)	A	2531
Cantidad de torres de transmisión de la línea de AT por km N_t	-	1,000
Resistencia de puesta a tierra de las torres de AT R_{tg}	Ω	2,8
Impedancia de los cables de guarda Z_f	Ω/km	1,50
Cantidad de cables de guarda en la línea de AT N_c	-	1
Impedancia equivalente de los cables de guarda y torres Z_{eq}	Ω	2,033
Factor Divisor de Corriente S_f (depende de R_{tg})	%	66,42%
Corriente de Diseño del Espaciamiento I_G (Lado AT)	A	3

Por Favor Seleccione el Tipo Conexión en su

UNION EXOTERMICA

UNION COMPRESION



Cálculo de la Malla de Puesta a Tierra
Basado en la norma IEEE 80-2000 "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding"

CALCULO DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA

Corriente de Diseño de los Conductores	A	2531
Sección Transversal Requerida del Conductor	mm ²	10,80
Temperatura Máxima de Operación	°C	90
Temperatura Ambiente	°C	40
Tiempo de Despeje de la Falla t_f	seg	0,15

Calibre del Conductor	Area		Nº Hilos	Diámetro de Cada Hilo	Diámetro Exterior	Peso Aproximado
	kcmil	mm ²				
1/0	105,6	53,49	7	3,12	9,35	485
2/0	133,1	67,43	7	3,5	10,5	611
3/0	167,8	85,01	7	3,93	11,8	771
4/0	211,6	107,22	7	4,42	13,3	972
250	250	127	12	3,67	15,2	1149
300	300	152	12	4,02	16,7	1378
350	350	177	12	4,34	18	1610
400	400	203	19	3,69	18,5	1838
450	450	228	19	3,91	19,6	2067
500	500	253	19	4,12	20,6	2297
550	550	279	37	3,1	21,7	2527
600	600	304	37	3,23	22,6	2757
650	650	329	37	3,37	23,6	2986
700	700	355	37	3,49	24,4	3216
750	750	380	37	3,62	25,3	3446

Fuente: CABEL

Resultado del Calibre del Conductor

	Diámetro	Calibre
Calibre Mínimo del Conductor:	9,35 mm	1/0

Nota: Por razones mecánicas, el calibre mínimo a usar en las mallas de tierra es de 1/0 AWG.

CALCULO DE LA RETICULA DE MALLA DE PUESTA A TIERRA

Lado Mayor de la Malla	m	3,0
Lado Menor de la Malla	m	3,0
Espacio Entre Conductores Paralelos D	m	25,00
Nº de Conductores Paralelos al Lado Mayor	-	5
Nº de Conductores Paralelos al Lado Menor	-	5
Longitud Total del Conductor de la Malla L_c	m	30,0

Por Favor Seleccione el Número de Conductores en Paralelo al Lado Mayor



Cálculo de la Malla de Puesta a Tierra
 Basado en la norma IEEE 80-2000 "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding"

TENSIONES TOLERABLES

Tensión de Toque Tolerable E_{touch}	V	307,55
Tensión de Paso Tolerable E_{step}	V	331,67
Factor de Reflexión K	-	-0,19
Factor de Reducción del Terreno C_s	-	0,94

CRITERIO 50 kg

CRITERIO 70 kg

Por Favor Seleccione el Criterio de Diseño

Nota: Se recomienda dimensionar según el criterio de 70 kg.

Sin Jabalinas

Sólo Jabalinas Dentro de la Malla

Con Jabalinas en el Perímetro y con o sin Jabalinas Dentro de la Malla

Por Favor Seleccione el Tipo de Arreglo

VAD y MML 2002

Nota: Si se colocan sólo jabalinas en las esquinas y con o sin jabalinas dentro de la malla, seleccione el tercer tipo de arreglo: jabalinas en el perímetro.

CALCULO DE LA TENSION DE TOQUE

Tensión de Toque E_m	V	0,87
Resistividad del Suelo ρ	$\Omega.m$	13
Factor de Espaciamento Para Tensión de Toque K_m	-	1,280
Factor Correctivo por Geometría de la Malla K_f	-	1,384
Máxima Corriente de la Malla I_G	A	3
Longitud Total del Conductor de la Malla L_G	m	30,0

Ud. seleccionó un arreglo con jabalinas:

Por favor coloque todos los datos de las jabalinas -->

JABALINAS

Número de Jabalinas n_R	-	3
Diámetro de las Jabalinas 2.b	pulg	0,625
Longitud de las Jabalinas L_r	m	6

RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

Resistencia de Puesta a Tierra R_g	Ω	1,028
Resistividad Aparente ρ_a	$\Omega.m$	13,00
Resistencia de la Malla R_f	Ω	3,106
Resistencia de las Jabalinas R_2	Ω	1,072
Resistencia Mutua R_m	Ω	1,331
Coefficiente k_1	-	1,08
Coefficiente k_2	-	4,45

	k_1	k_2
Curva para $h=0$	1,37	5,65
Curva para $h=1/10.\sqrt{A}$	1,15	4,78
Curva para $h=1/6.\sqrt{A}$	1,08	4,45
Relación Ancho-Largo x:	1,00	

Factor de Espaciamento Para Tensión de Toque

Factor de Espaciamento Para Tensión de Toque K_m	-	1,280
Espacio Entre Conductores Paralelos D	m	25,00
Profundidad de la Malla h	m	0,5
N° Efectivo de Conductores Paralelos de la Cuadrícula n	-	5,00
Diámetro del Conductor de la Malla d	m	0,00935
Factor Correctivo del Efecto de las Jabalinas K_f	-	1,000
Factor Correctivo por Profundidad de los Conductores K_h	-	1,225

Factor Correctivo por Geometría de la Malla

Factor Correctivo por Geometría de la Malla K_f	-	1,384
---	---	-------

CALCULO DE LA TENSION DE PASO

Tensión de Paso E_s	V	0,55
Resistividad del Suelo ρ	$\Omega.m$	13
Factor de Espaciamento Para Tensión de Paso K_s	-	0,342
Factor Correctivo por Geometría de la Malla K_f	-	1,384
Máxima Corriente de la Malla I_G	A	3
Longitud Total del Conductor de la Malla L_s	m	37,8

Factor de Espaciamento Para Tensión de Paso

Factor de Espaciamento Para Tensión de Paso K_s	-	0,342
Espacio Entre Conductores Paralelos D	m	25,00
Profundidad de la Malla h	m	0,50
N° Efectivo de Conductores Paralelos de la Cuadrícula n	-	5,00

POTENCIAL MÁXIMO DE LA MALLA

Potencial Máximo de la Malla GPR	V	3,47
------------------------------------	---	------

El Diseño Es Apropiado:

Tensión de Toque	0,28%	de la Tensión de Toque Tolerable
Tensión de Paso	0,17%	de la Tensión de Paso Tolerable

VOLVER MENU PRINCIPAL

IMPRIMIR RESULTADOS

VAD y MML 2002

Tiempo de despeje de la falla	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEC para 95% de la población. (Público en general)	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEEE para personas de 50 kg (Ocupacional)
Mayor a dos segundos	50 voltios	82 voltios
Un segundo	55 voltios	116 voltios
700 milisegundos	70 voltios	138 voltios
500 milisegundos	80 voltios	164 voltios
400 milisegundos	130 voltios	183 voltios
300 milisegundos	200 voltios	211 voltios
200 milisegundos	270 voltios	259 voltios
150 milisegundos	300 voltios	299 voltios
100 milisegundos	320 voltios	366 voltios
50 milisegundos	345 voltios	518 voltios

Tabla 15.1. Máxima tensión de contacto admisible para un ser humano

Fuente: RETIE tabla 22

Se puede verificar que para un tiempo de despeje de 150 milisegundos la máxima tensión de contacto permitida es de 299 V, entonces la tensión de contacto de la malla es de 0.87 V por lo cual cumple con lo exigido por el RETIE utilizando un calibre de conductor de 1/0 AWG.



6. SUBESTACION

6.1 Selección y cálculo

Teniendo en cuenta la carga diversificada, calculada en el numeral 2.6 la subestación adecuada para alimentar el proyecto es de 15 KVA, esta se dispondrá sobre una estructura aérea protegida mediante fusibles de expulsión tipo K de 2 A (160 A a 15 KV) y descargadores de sobretensión de oxido de zinc 12KV 10KA.

Las características del transformador de 15 KVA se describen a continuación:

Refrigeración: ONAN

Tipo de conexión: DYN5

Norma: NTC 819

Tensión: 13,2 KV / 120V /208V

6.2 Condiciones de instalación

Una vez concebida la disponibilidad del servicio por parte de la EBSA se procede con la construcción de la red de media tensión y la subestación, verificando con planeación municipal que las estructuras a ubicar no invadan propiedad y no tengan problemas de servidumbres, de igual manera se deberán respetar las siguientes distancias de seguridad:

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES		
Descripción	Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia (m)
Distancia vertical "a" sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación (Figura 13.1).	44/34,5/33	3,8
	13,8/13,2/11,4/7,6	3,8
	<1	0,45
Distancia horizontal "b" a muros, balcones, salientes, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas. (Figura 13.1)	66/57,5	2,5
	44/34,5/33	2,3
	13,8/13,2/11,4/7,6	2,3
	<1	1,7
Distancia vertical "c" sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura. (Figura 13.1)	44/34,5/33	4,1
	13,8/13,2/11,4/7,6	4,1
	<1	3,5
Distancia vertical "d" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular. (Figura 13.1) para vehículos de más de 2,45 m de altura.	115/110	6,1
	66/57,5	5,8
	44/34,5/33	5,6
	13,8/13,2/11,4/7,6	5,6
	<1	5

Tabla 13.1 distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones

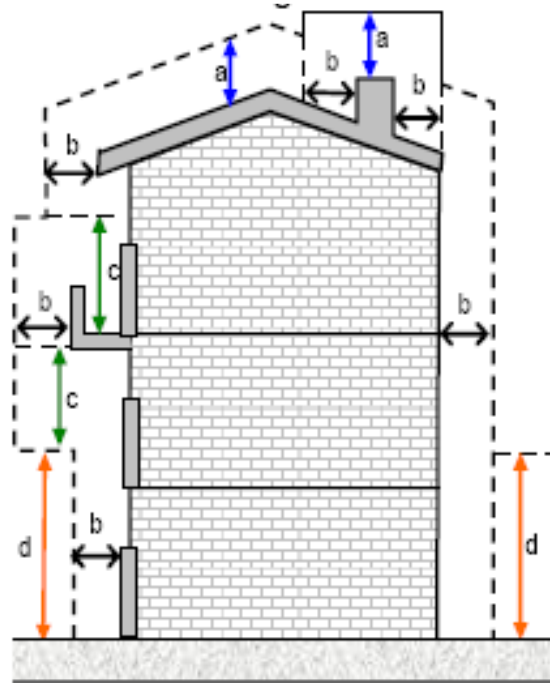


Figura 5. Distancias de seguridad en zonas con construcciones

6.3 Conductores protecciones y canalizaciones

Los conductores (ver numeral 4) que alimentaran el primario del transformador (13.2 KV) serán de aluminio reforzado con alma de acero ACSR #2. En el secundario será cobre calibre (3x4+1x4) THHN dispuestos de manera subterránea como lo indica el numeral 7 de este documento.

- Protección contra sobrecorriente:
- $I_{nom} = S_{nom} / (x V_{nom} \cdot \sqrt{3}) = 15000 / (13200V \cdot \sqrt{3}) = 0.65 A$
- Según la corriente máxima calculada para esta subestación (0.65 A) se recomienda que el fusible sea de 2 Amp tipo K.



CANALIZACIONES

SEPARACIÓN MINIMA RECOMENDADA ENTRE DUCTOS Y BANDEJAS

NIVELES

1.- APLICACIONES ALTAMENTE SUSCEPTIBLES A RUIDOS.

SEÑALES DE INSTRUMENTOS DE 4-20 mA 24Vdc, OTRAS SEÑALES ANÁLOGAS < 50Vdc Y TRANSMISORES DIGITALES
SEÑALES DISCRETAS DE 24 Vdc
BUSES DE COMUNICACIONES DE INSTRUMENTOS ANALÓGICOS +- 50Vdc
BUSES DE COMUNICACIONES DE INSTRUMENTOS DIGITALES +- 24Vdc
CIRCUITOS DE TERMOCUPLA Y RTD
CIRCUITOS TELEFÓNICOS

2.- APLICACIONES MEDIANAMENTE SUSCEPTIBLES A RUIDOS

ILUMINACION E INTERRUPTORES DE 24Vdc O MENOS
SEÑALES ANALOGICAS > 50 Vdc < 28 Vac DE RIZO

3.- APLICACIONES BAJAMENTE SUSCEPTIBLES A RUIDOS

ALIMENTADORES EN 120/240 Vac DE MENOS DE 20 A
ILUMINACION E INTERRUPTORES DE 24Vdc O MAS
SEÑALES ANALOGICAS > 50 Vdc < 28 Vac DE RIZO

4.- APLICACIONES DE POTENCIA INTERMEDIA

PRIMARIOS Y SECUNDARIOS DE TRANSFORMADORES < 5kVA
BARRAS AC O DC 0-800 V CON CORRIENTES MAYORES A 20 A

5.- APLICACIONES DE ALTA POTENCIA

BARRAS AC O DC > 1kW Y/O CORRIENTES MAYORES A 800 A

CASO DE ESTUDIO

CASO:

DUCTO METÁLICO A DUCTO METÁLICO



NIVEL A:

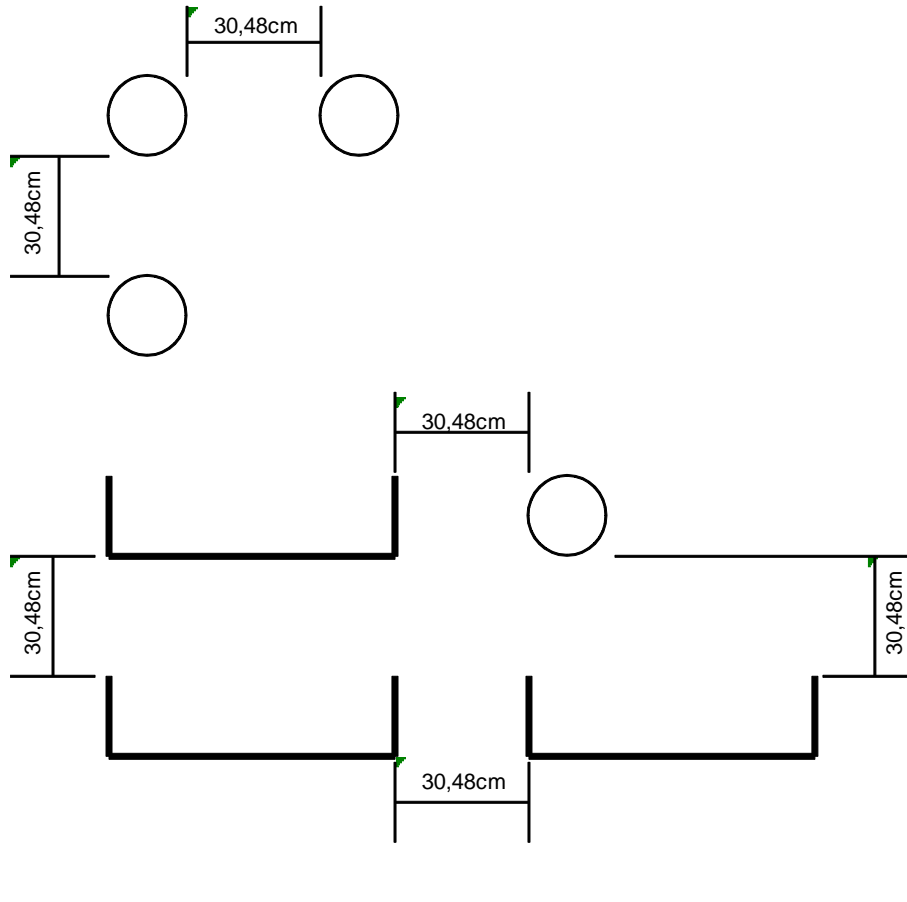
2

NIVEL B:

5



CONFIGURACIONES PERMITIDAS





Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	4	THW 600 V	5	8,93	62,63	313,16
2	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
3	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
4	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
5	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
					Area Total	313,16 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC, Tipo A						
Diametro: 2 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 2 "					Diametro**	54,7 mm
					Area Total	2349,98 mm2
Max. Ocupacion			40,00%	Ocupación		13,33%

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	8	THW 600 V	5	5,99	28,18	140,90
2	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
3	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
4	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
5	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0			
					Area Total	140,90 mm2
Tipo de Ducto: Tubo de PVC, Tipo A						
Diametro: 1 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 1 1/4 "					Diametro**	29,8 mm
					Area Total	697,46 mm2
Max. Ocupacion			40,00%	Ocupación		20,20%

6.4 Malla de Puesta a tierra



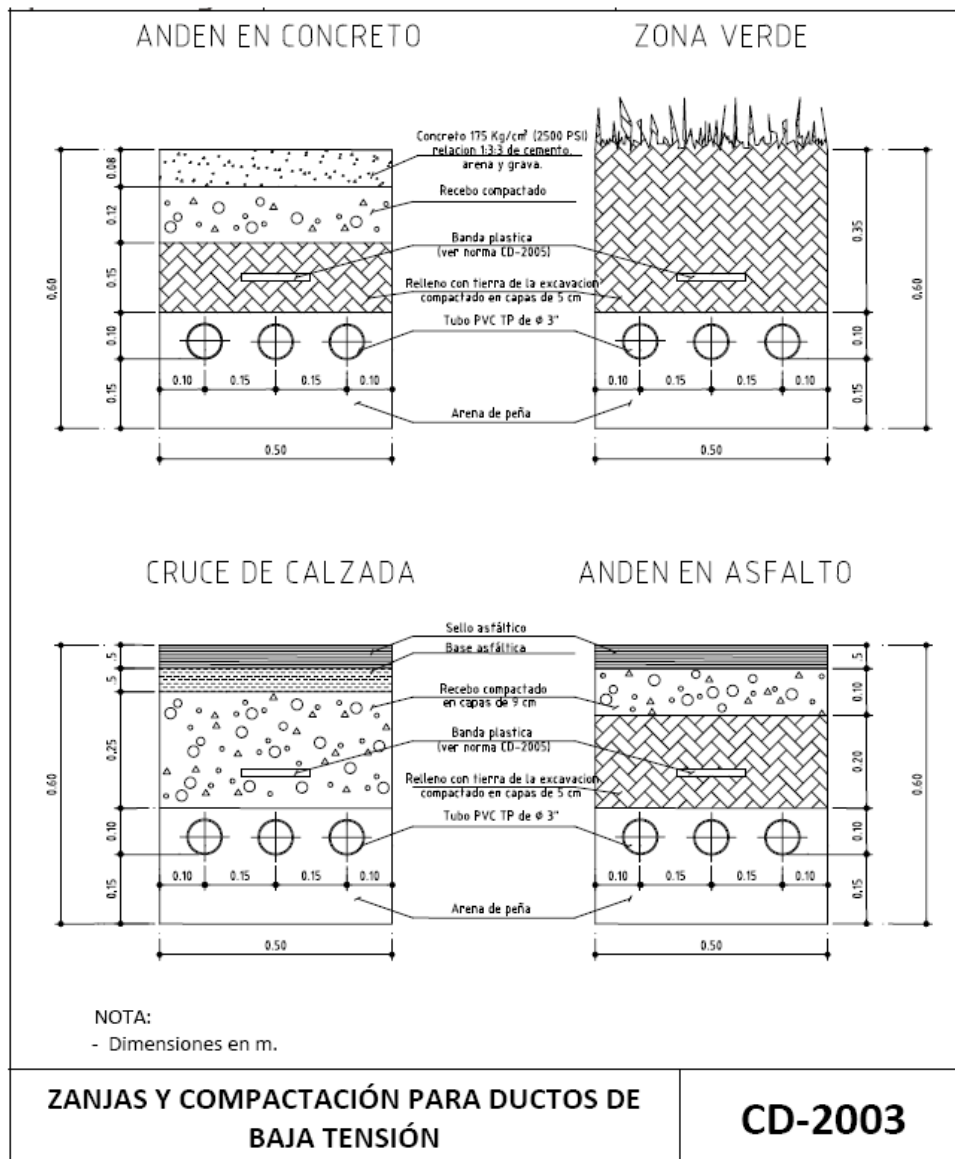
Ver numeral 5.3 puesta a tierra "calculo de la resistencia de puesta a tierra con malla". El conductor del electrodo de puesta a tierra no podrá ser inferior al calibre 8 AWG en cobre, para este transformador es de #1/0 AWG.

7. RED DE M.T Y B.T

La red de media tensión será de tipo aérea y se derivara de la red de media tensión existente propiedad de Dispac S.A. E.S.P tal como se detalla en los planos (trazado línea de M.T y B.T), el TRAFIO proyectado de 15 KVA y hasta la caja del medidor se extenderá de forma subterránea.

7.1 Zanjas de compactación de ductos

Ductos, zanjas y rellenos diámetro de 2" (ver norma EBSA CD-2003)



7.2 Coordinación de aislamientos



Niveles de aislamientos normalizados

TENSIÓN NOMINAL DEL SISTEMA (kV)	NIVEL DE AISLAMIENTO – BIL (kV)
13,2	110
34,5	200

Estos niveles de aislamiento deben ser tomados como referencia para todos los equipos que formen parte del sistema de distribución.

Tipos de aisladores

TIPO DE AISLADOR	CARACTERÍSTICAS
DE PIN	Se emplean como aisladores soporte y alineamiento en líneas de distribución. Son excelentes para el control de corriente de fuga. Aplicado en tensiones de distribución y subtransmisión, para ambientes normales y contaminados.
DE DISCO	Empleados en líneas eléctricas de transmisión (10") y distribución (6"). Sus características están normalizadas según el peso o fuerza soportable, el nivel de contaminación admisible y el diámetro.
POLIMERICICO	Se emplean cuando han de soportar grandes esfuerzos mecánicos, debido a que su resistencia mecánica es aproximadamente el doble que los de porcelana, y sus propiedades aislantes también son superiores; sin embargo, el inconveniente es que tienen mayor costo.
TENSOR	Aislador de porcelana o sintético, de forma cilíndrica con dos agujeros y ranuras transversales. Se usa como soporte aislador entre el poste y el suelo en los cables tensores, y para tensar líneas aéreas y estructuras de distribución. Es particularmente resistente a compresión.

Distancias mínimas de fuga. Las distancias mínimas de fuga, según el grado de contaminación establecido en la norma IEC 60071-2, se observan en la tabla 25. La distancia total de fuga necesaria se calcula según la ecuación 13:

$$D_t = \frac{V_{\max}}{\sqrt{3}} \cdot D_f \cdot \delta \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

D_t es la distancia total de fuga, en mm.

V_{\max} es el valor eficaz de la tensión máxima de operación, en kV.

para redes de 13,2 kV y 34,5 kV se deben tomar 17,5 kV y 36 kV como las tensiones máximas respectivamente.

D_f es la distancia mínima de fuga, en mm/kV.

Se toma el valor adecuado de la tabla 25 E.B.S.A.

δ es el factor de corrección por densidad del aire, dado por la ecuación 14:

$$\delta = e^{h/8150} \quad (\text{Ec. 14})$$

Donde:

h es la altura sobre el nivel del mar, en m.

El número total de aisladores requerido se calcula como la razón entre la distancia total de Fuga D_t y la distancia de fuga de cada aislador.



GRADO DE CONTAMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA MÍNIMA DE FUGA (D _f)
I – Insignificante	Áreas no industriales y de baja densidad de casas equipadas con equipos de calefacción. Áreas con baja densidad de industrias o casas pero sometidas a frecuentes vientos y/o lluvia. Áreas agrícolas. Áreas montañosas. Todas las áreas anteriores deben estar situadas al menos entre 10 y 20 km del mar y no estar sometidas a vientos provenientes del mismo.	16 mm/kV
II – Medio	Áreas con industrias poco contaminantes y/o con casas equipadas con plantas de calefacción. Áreas con alta densidad de casas y/o industrias pero sujetas a frecuentes vientos y/o lluvias. Áreas expuestas a vientos del mar pero no próximas a la costa.	20 mm/kV
III – Fuerte	Áreas con alta densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con alta densidad de plantas de calefacción produciendo polución. Áreas próximas al mar o expuestas a vientos relativamente fuertes procedentes del mar.	25 mm/kV
IV – Muy fuerte	Áreas sometidas a humos contaminantes que producen depósitos conductores espesos. Áreas muy próximas al mar sujetas a vientos muy fuertes. Áreas desiertas expuestas a vientos fuertes que contienen arena y sal.	31 mm/kV

Para la aplicación al proyecto se escogerá un D_f de 16 mm/KV.

$h = 250\text{m.s.m}$ para municipio Bajo Baudo.

$V_{\text{Max}} = 17.5\text{KV}$ para una tensión de 13.2 KV

$$D_i = \frac{V_{\text{max}}}{\sqrt{3}} \cdot D_f \cdot \delta$$

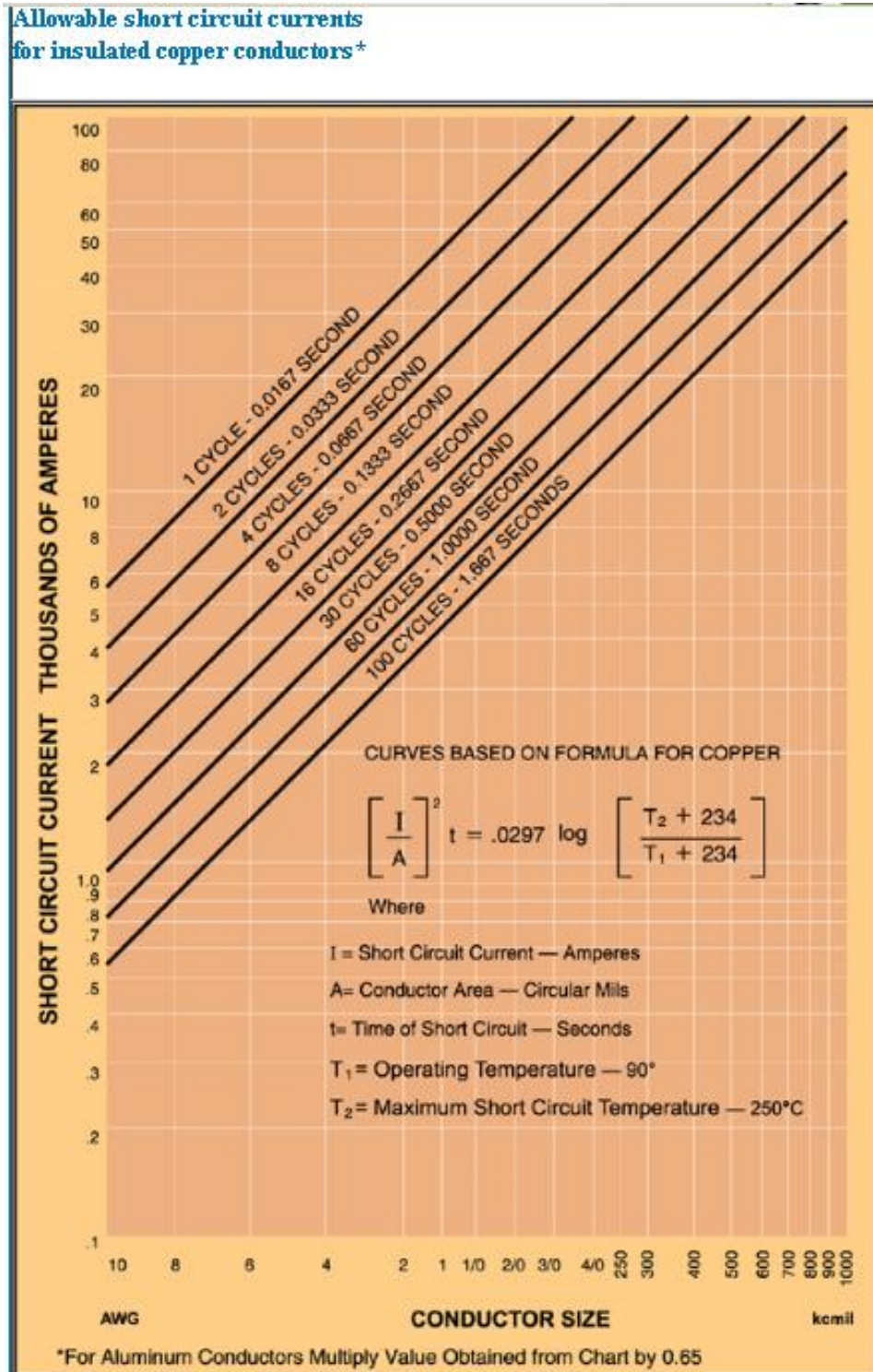
$$D_t = (17.5/1.73) * 16 * e^{250/8150} = 166.8 \text{ mm (distancia total de fuga).}$$

Entonces D_t es 228.2 mm y la distancia de fuga (dt) proporcionado por el fabricante CORONA es de 127 mm para aisladores tipo PIN de porcelana CLASE ANSI (C29.5 - 1984) 55-2 y 178 mm para aisladores de SUSPENSIÓN de porcelana CLASE ANSI (C29.2- 1992) 52-9ª.

Aisladores de suspensión = $D_t / dt = 166.8 / 178 = 0.93$ aproximadamente se necesitan 1 aisladores de suspensión porcelana mínimo por cada línea de energía de 13,2 KV.



7.3 Calculo de la corriente de corto circuito



FUENTE: <http://www.okonite.com/engineering/short-circuit-currents.html>



CAPACIDAD DE CORRIENTE EN CORTO CIRCUITO

La máxima corriente de corto circuito permisible para cables THHN y THW, se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$I = A \cdot k \cdot \sqrt{\frac{\log\left(\frac{T_2 + \lambda}{T_1 + \lambda}\right)}{t}}$$

Donde:
 A : Área del conductor en mm²
 k : 341 para cobre y 224 para aluminio.
 λ : 234 para cobre y 228 para aluminio.
 t : Tiempo de duración del corto circuito en segundos.
 T₁ : Máxima temperatura de operación; THW:75°C;
 T₂ : Máxima temperatura permisible de corto circuito.

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada
Calibre del Cable: <input style="width: 50px;" type="text" value="4"/>			$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297 \log\left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}\right]}{t}}$ <p>Donde:</p> <p><i>I_{cc}</i>: Corriente de Corto Circuito A: Área del Conductor en MCM t: Tiempo de Corto Circuito en seg. T₁: Temperatura de operación del cable T₂: Temperatura Max. De Corto Circuito</p> <p>Fuente: Okonite</p>
Área: 41740	CMIL		
Frecuencia: 60	Hz		
Duración del Corto C: 100	Ciclos		
	1,67	Seg	
Temp. De Operación: 90	°C		
Temp. Max Corto C: 250	°C		
Corriente de CC: 2,33 kA			

En conclusión podemos decir que los conductores en M.T y B.T anteriormente calculados para la electrificación del proyecto, soportaran la corriente de corto circuito para un transformador de 15 KVA.



7.4 COORDINACION DE PROTECCIONES

Para el cálculo de coordinación de protecciones, se determinan dos zonas de influencia, parte alta y parte baja del transformador, con los datos suministrados por fabricantes de equipos y datos de cálculo. Se realiza un cálculo de coordinación entre las protecciones del transformador tanto por el lado de Media como por el lado de Baja Tensión, basándose en el tiempo de despeje de la falla en cada una de las protecciones. Calculamos los tiempos de despeje de fallas para las condiciones más adversas.

IEC Curves:

For European applications, the relay offers the four standard curves defined in IEC 255-4 and British standard BS142. These are defined as IEC Curve A, IEC Curve B, IEC Curve C, and Short Inverse. The formulae for these curves are:

$$T = M \times \left(\frac{K}{(I/I_{pu})^E - 1} \right) \tag{EQ 5.3}$$

where: T = trip time (seconds), M = multiplier setpoint, I = input current, I_{pickup} = pickup current setpoint, K , E = constants.

T = tiempo	I = corriente
1	240
4,285154934	250
2,184583302	260
1,484033415	270
1,133503758	280
0,922992971	290
0,782499822	300
0,340835638	400
0,236683913	500
0,189242762	600
0,161740203	700
0,143609143	800
0,130657352	900
0,120883224	1000
0,080799278	2000
0,067551669	3000
0,060468491	4000
0,055898824	5000
0,052635582	6000
0,050151864	7000
0,048176944	8000
0,046555781	9000
0,0451924	10000
0,040594059	15000
0,037843056	20000
0,035943971	25000
0,034522699	30000
0,033402241	35000
0,032486277	40000
0,031717169	45000
0,031057957	50000
0,029976712	60000
0,029116782	70000
0,028408805	80000
0,027810833	90000
0,027295738	100000



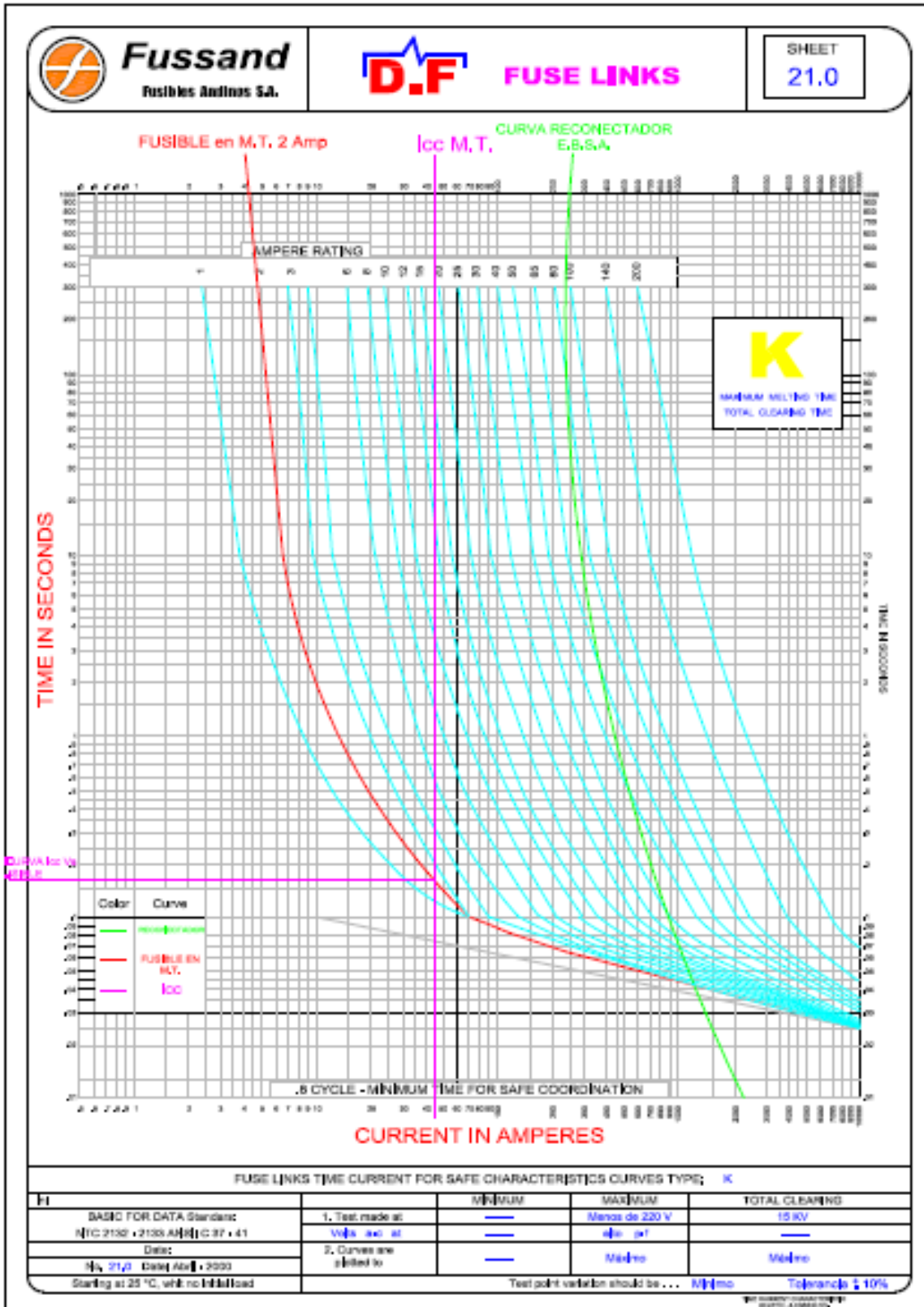
TRANSFORMADOR 15 KVA

PROTECCION A UTILIZAR EN EL PRIMARIO

Para el primario del transformador calculamos la corriente de corto circuito y encontramos el tiempo de despeje de la falla para un fusible K de acuerdo a la norma CTU-515.

$$I_N = \frac{P}{E \times \cos \varphi} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \boxed{(15000 / (1.73 \times 13200)) = 0.65 \text{ Amp}}$$

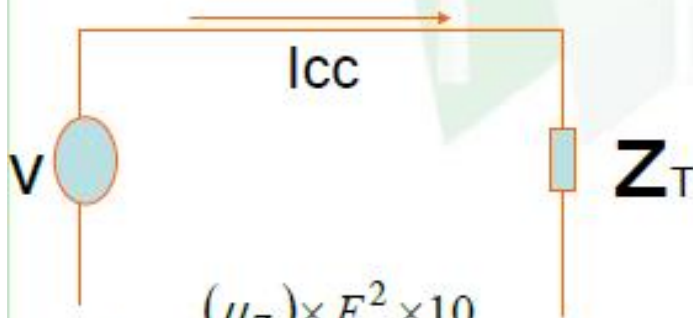
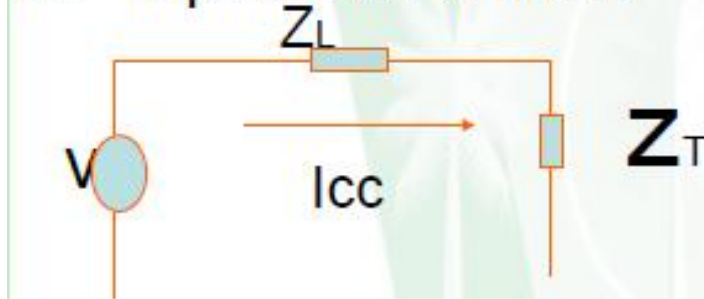
Se requiere utilizar un fusible tipo K de 2 Amp para la subestación para el Arranque proyecto.





CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

Z_T = Impedancia del transformador
 Z_L = Impedancia la línea



$$Z_T = \frac{(\mu_Z) \times E^2 \times 10}{S}$$

$$I_{cc} = \frac{E}{\sqrt{3} \times Z_{equi}}$$

E = en BT KV

S = KVA

I_{cc} ref a AT

a = V₁/V₂



CALCULO DE CORTOCIRCUITO EN BARRAJE DE TGA

Potencia	15,0 kVA	
Tensión	208 V.	
In	41,64 A.	
Impedancia	3,5 %	Norma NTC 819 tabla 1
Pcu =	310 W	Norma NTC 819 tabla 1
Po	80,00 W	Norma NTC 819 tabla 1

$$R_t = (P_{cu} W) / (3 \times I_n \times I_n) = 0,059604681 \text{ Ohms}$$

$$Z_t = (Z\% * V * V) / (100 * P) = 0,100949 \text{ Ohms}$$

$$X_t = \sqrt{(Z_t^2 * Z_t) - (R_t^2 * R_t)} = 0,081474229 \text{ Ohms}$$

1,2 Parámetros del alimentador hasta TGA

(3No.2 + 1No. 2) Cu

L=	0,02500 Km
R=	0,62300 ohm/Km
X=	0,14800 ohm/Km

$$R_L = (R \text{ ohm/Km})(L \text{ Km}) = 1,56E-02 \text{ Ohms}$$

$$X_L = (X \text{ ohm/Km})(L \text{ Km}) = 3,70E-03 \text{ Ohms}$$

1,3 Corto circuito con base en las dos impedancias

$$Z_{cc} = \sqrt{(R_L + R_t)^2 + (X_L + X_t)^2} = 0,113607366 \text{ Ohms}$$

Corriente de corto circuito En bornes del totalizador

$$I_{cc} = V / (1,73 \times Z_{cc}) = 1,06 \text{ kA.}$$

COORDINACION DE Icc v/s t

En B.T.

$$I_n = 41,64 \text{ A}$$

Interruptor

$$I_{cc} / I_n = 1060 / 41,64 = 25,39 \text{ veces la } I_n$$

Según la curva , para 22 veces la In el t de disparo es de 0 .07 segs. = 70m

En M.T.

Referimos la Icc de 1060 kA de 208 V. a la tensión de 13.2 kV así:

$$(4700 \text{ A}) (208V / 13200 \text{ V}) = 17 \text{ A}$$

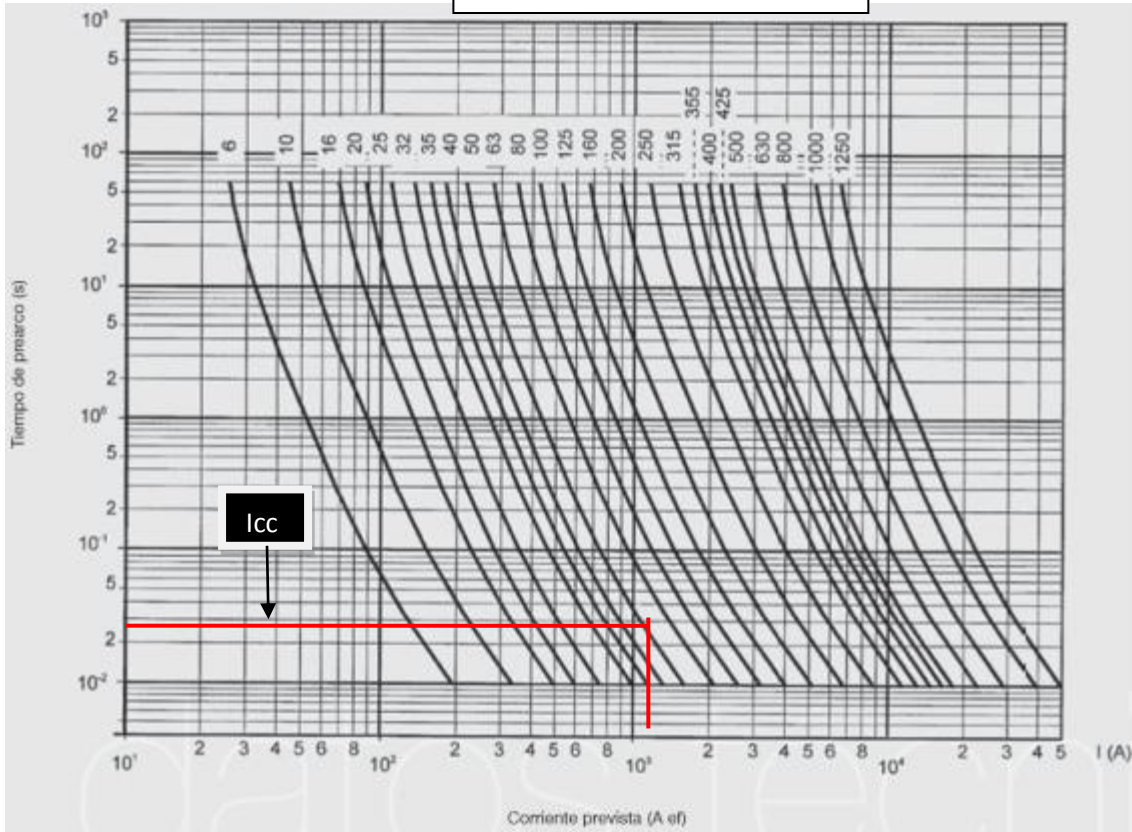
Según la curva , para 17 Amp Icc el t de disparo es de 0 .14 segs



Para una corriente de corto circuito en el secundario se tiene:

Para la capacidad de 15 kVA del lado del secundario con relación de 208 V del transformador se tiene la siguiente corriente de corto circuito.

$$I_N = \frac{P}{E \times \cos \varphi} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \boxed{(15000 / (1.73 \times 208)) = 41.68 \text{ Amp}}$$



Entonces para una corriente de corto circuito de 1060 Amp en el secundario se tiene un tiempo de despeje de la falla de 0.06 seg. Para una protección tipo NH de 50 amp.

PROTECCIÓN	CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO (AMPERIOS)	TIEMPO	TIPO
Fusible NH00-50 A	1060 (en B.T)	< 0 .025 seg	NH
Fusible K Ref 2 A	17 (en M.T)	< 0.17 seg	tipo K

El transformador debe estar provisto de las siguientes protecciones por el lado de A.T:

- Protección contra sobretensiones: Pararrayos de óxido de zinc, 12 KV, 10KA.
- Protección contra sobrecorriente: Cortacircuitos tipo K, con fusibles cuya capacidad amperimétrica será: 2 Amp.



8. SEÑALIZACION Y SEGURIDAD

Donde se precise el símbolo de riesgo eléctrico se conservaran las dimensiones, adoptadas de la IEC 60417-1 (ver numeral 3 RETIE).

9. REQUERIMIENTOS ESPECIALES

9.1 EVALUACION DEL NIVEL DE RIESGO CONTRA RAYOS

Se evaluara mediante la metodología de la NTC 4552-1-2-3 actualización del 2008.

La evaluación del nivel de riesgo se realiza para determinar si se requiere implementar un sistema de protección contra rayos y las acciones que permitan disminuir el riesgo a un nivel tolerable.

El nivel del riesgo se obtiene de la ponderación de los indicadores de exposición al rayo y de la gravedad que puede implicar un impacto directo o indirecto de rayo sobre una estructura, según la NTC 4552 del 2008.

Densidad der descargas a tierra DDT= 0.0017 NC^{1.56} del mapa de niveles ceraunicos de Colombia:

NC= Nivel ceraunico

Para **Municipio Bajo Baudó** se tiene: DDT= 4.78 rayos por Km² – Año

$$NC = 180$$

ANALISIS DE RIESGO Y COMPONENTES DE RIESGO

El riesgo R es el valor promedio de pérdidas anuales y debe ser evaluado para los tipos de pérdida asociados a la estructura y las acometidas de servicios.

Los riesgos a evaluar en una estructura son:

R1 - Riesgo de pérdida de vida humana.

R2 - Riesgo de pérdida del servicio a público.

R3 - Riesgo de pérdida de patrimonio cultural

R4 - Riesgo de pérdida de valor económico.

Los riesgos a evaluar en las acometidas de servicio son:

R'1 - Riesgo de pérdida de vida humana.

R'2 - Riesgo de pérdida del servicio público.

R'4 - Riesgo de pérdidas de valor económico.

Cada uno de estos riesgos está constituido por la suma de varias componentes tal como se presenta en las Tablas 2 y 3 De la NTC 4552-2 DEL 2008. Adicionalmente los componentes de riesgo pueden ser agrupados de acuerdo al tipo de riesgo y tipo de daño (véanse las Tablas 4 y 5) de la NTC 4552-2 DEL 2008.



Tabla 2. Componentes de riesgo para cada tipo de pérdida en una estructura

Fuente de daño	Descargas sobre la estructura S1			Descargas cercanas a la estructura S2	Descargas sobre las acometidas de servicios S3			Descargas cercanas a las acometidas de servicios S4
	R _A ³	R _B	R _C ⁴	R _M ⁴	R _U ⁵	R _V ⁵	R _W ^{4,5}	R _Z ^{4,5}
Componente de riesgo	R _A ³	R _B	R _C ⁴	R _M ⁴	R _U ⁵	R _V ⁵	R _W ^{4,5}	R _Z ^{4,5}
Riesgo para cada tipo de pérdida								
R ₁	X	X	X ¹	X ¹	X	X	X ¹	X ¹
R ₂		X	X	X		X	X	X
R ₃		X				X		
R ₄	X ²	X	X	X	X ²	X	X	X

1 Únicamente para estructuras con riesgo de explosión, y para hospitales u otras estructuras en donde la falla de sistemas internos ponga en peligro la vida humana

2 Únicamente para propiedades en donde pueda haber pérdida de animales

3 Únicamente se calcula para exteriores

4 Únicamente se calcula si existe equipo sensible

5 Se debe calcular para cada tipo de acometida de servicios (alimentación eléctrica y telecomunicaciones)

R_A: Componente relacionada con las lesiones a seres vivos causados por tensiones de paso y contacto en las zonas con un radio de cobertura de 3 m fuera de la estructura.

NOTA 1 La componente de riesgo causado por tensiones de paso dentro de la estructura debido a descargas sobre la misma, no se considera en esta norma.

NOTA 2 En estructuras especiales, las personas pueden estar en peligro por descargas directas sobre las estructuras (por ejemplo en el último nivel de estacionamiento de garaje o estadios). Estos casos también pueden ser considerados usando los principios de esta norma.

R_B: Componente relacionada con los daños físicos causados por chispas peligrosas dentro de la estructura causando fuego o explosión.

R_C: Componente relacionada con la falla de sistemas internos causado por IER (Impulsos Electromagnéticos del Rayo).

R_M: Componente relacionada con la falla de sistemas internos causados por IER.

R_U: Componente relacionada con las lesiones en seres vivos causado por tensiones de contacto dentro de la estructura, debido a corrientes de rayo que fluyen por una línea entrante a la estructura.

R_V: Componente relacionada con los daños físicos (fuego o explosión por chispas entre las instalaciones externas y partes metálicas generalmente al punto de entrada de la línea a la estructura) debido a corrientes de rayo transmitida a través de la acometida de servicios.

R_W: Componente relacionada a fallas de sistemas internos causados por sobretensiones inducidas sobre las acometidas y transmitida a la estructura.

R_Z: Componente relacionada a fallas de sistemas internos causados por sobretensiones inducidas sobre las líneas de acometida y transmitida a la estructura.

NOTA 3 Las acometidas de servicios a tener en cuenta en esta valoración son únicamente las que entran en la estructura. Descargas próximas a tubos metálicos no son consideradas como fuentes de daño siempre y cuando dichos tubos estén equipotencializados a la barra equipotencial. Si la unión equipotencial no es provista esta amenaza debe ser considerada.



Tabla 3. Componentes de riesgo para cada tipo de pérdida en acometida de servicios

Fuente de Daño	Descargas sobre la Estructura S1		Descargas sobre las acometidas de servicios S3		Descargas cercanas a las acometidas de servicios S4
	R' _B	R' _C	R' _V	R' _W	R' _Z
Componente de riesgo	R' _B	R' _C	R' _V	R' _W	R' _Z
Riesgo para cada tipo de pérdida					
R' ₁ (*)	X		X		
R' ₂	X	X	X	X	X
R' ₄	X	X	X	X	X
(*) Solo Para ductos metálicos sin continuidad eléctrica, que transporte fluido explosivo. R' _B : Componente relacionado a daños físicos debido a efectos mecánicos y térmicos de la corriente de rayo a fluyendo a través de la acometida de servicio. (Impacto en la estructura). R' _C : Componente relacionada a fallas de equipos conectados debido a sobretensiones por acople resistivo. R' _V : Componente relacionada con daños físicos debido a efectos mecánicos y térmicos por la circulación de corriente de rayo. R' _W : Componente relacionada a las fallas de equipo conectado, debido a sobretensiones por acople resistivo. Pérdidas del Tipo L2 y L4 pueden ocurrir. R' _Z : Componente relacionada a la falla de líneas y equipos conectados causado por sobretensiones inducidas sobre la línea.					

Tabla 4. Componentes de riesgo para cada tipo de daño en la estructura

Tipo de Daño		Lesiones a seres vivos	Daños físicos	Fallas de sistemas eléctricos y electrónicos
Componente de Riesgo		R _s	R _F	R _O
Tipo de Riesgo	R ₁	R _A + R _U	R _B + R _V	R _C + R _M + R _W + R _Z (1)
	R ₂	-	R _B + R _V	R _C + R _M + R _W + R _Z
	R ₃	-	R _B + R _V	-
	R ₄	R _A + R _U (2)	R _B + R _V	R _C + R _M + R _W + R _Z
(1) Únicamente para estructuras con riesgo de explosión, o para hospitales u otras estructuras en donde la falla de sistemas internos ponga en peligro la vida humana. (2) Únicamente para propiedades en donde pueda haber pérdida de animales.				

Tabla 5. Componentes de riesgo para cada tipo de daño en las acometidas de servicio

Tipo de daño		Lesiones a seres vivos	Daños físicos	Fallas de sistemas eléctricos y electrónicos
Componente de riesgo		R _s	R _F	R _O
Tipo de riesgo	R' ₁ (*)	-	R' _V + R' _B	-
	R' ₂	-	R' _V + R' _B	R' _C + R' _W + R' _Z
	R' ₄	-	R' _V + R' _B	R' _C + R' _W + R' _Z
(*) Solo Para ductos metálicos sin continuidad eléctrica, que transporte fluido explosivo				

RIESGO TOLERABLE R_T



Es responsabilidad de la autoridad competente identificar el valor del riesgo tolerable.

Valores representativos de riesgo tolerable R_T donde descargas eléctricas atmosféricas involucran pérdida de vida humana y pérdidas de valores sociales y culturales, se muestran en la Tabla 7 de la NTC 4552 del 2008:

Tabla 7. Valores Típicos de riesgo tolerable

Tipo de pérdida	$R_T (y^{-1})$
Pérdida de vidas o lesiones permanentes	10^{-5}
Pérdida de servicio público	10^{-3}
Pérdida de patrimonio Cultural	10^{-3}

PROCEDIMIENTO PARA EVALUAR LA NECESIDAD DE PROTECCIÓN

De acuerdo con la NTC 4552-1, los siguientes riesgos serán considerados en la necesidad de protección contra rayos para un objeto.

- Riesgos R1, R2 y R3 para una estructura.
- Riesgo R'1 y R'2 para un servicio.

Para cada tipo de riesgo a ser considerado se aplica el siguiente procedimiento (véase la Figura 2).

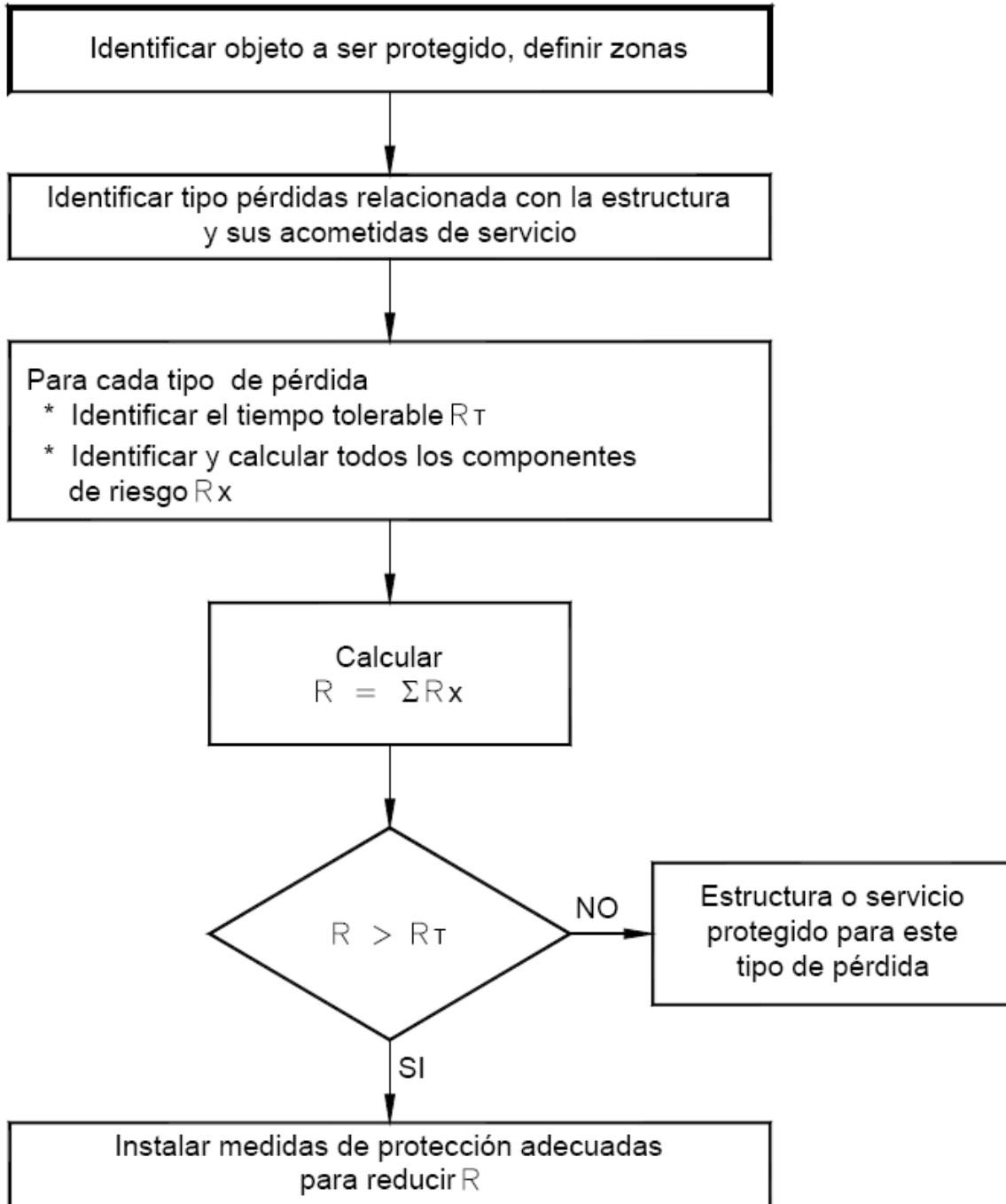


Figura 2. Procedimiento para la decisión de necesidad de protección



SELECCIÓN DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN

La selección de las medidas de protección más adecuadas, será realizada por el ingeniero de diseño de acuerdo con cada componente de riesgo en el riesgo total R, y con los aspectos técnicos y económicos de las diferentes medidas de protección.

Se debe identificar los parámetros críticos que determinan las medidas más eficientes para reducir el riesgo R. Para cada tipo de pérdidas existe un número de medidas de protección las cuales, individual o colectivamente, hacen que se cumpla la condición $R \leq R_T$. La solución adoptada será seleccionada teniendo en cuenta tanto los aspectos técnicos como económicos.

Un procedimiento simplificado para la selección de medidas de protección es mostrado en las Figuras 4 y 5 NTC 4552-2, para estructuras y acometida de servicios respectivamente. En cualquier caso, el instalador o diseñador deberá identificar y reducir las componentes de riesgo más críticas, teniendo en cuenta el aspecto económico.

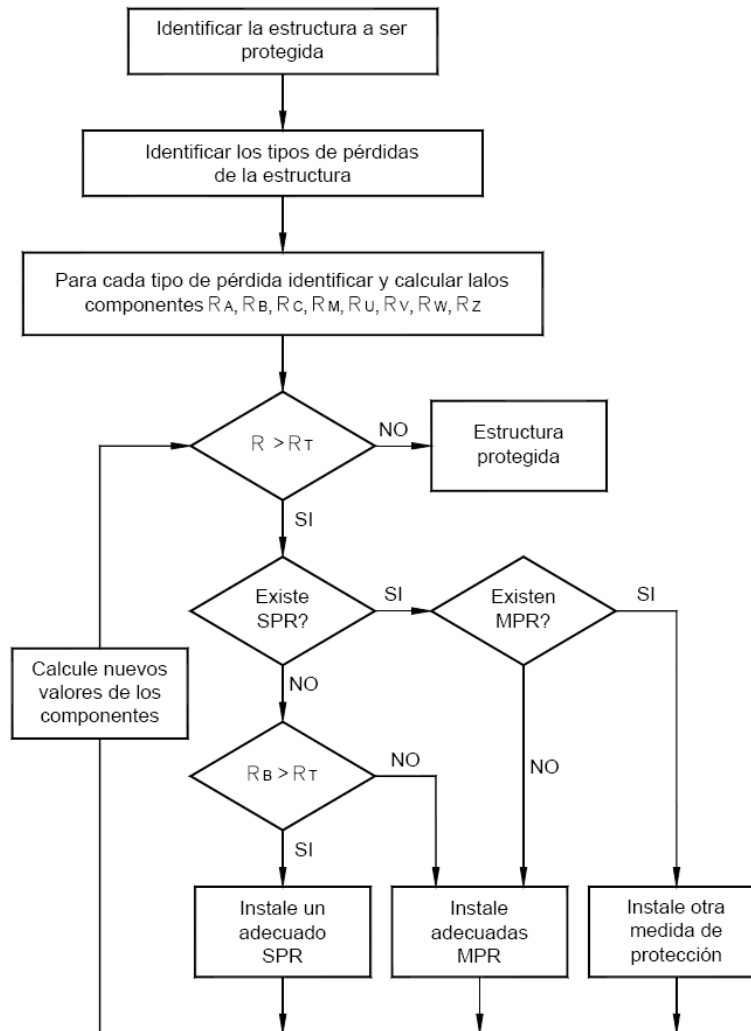


Figura 4. Procedimiento para la selección de medidas de protección en la estructura

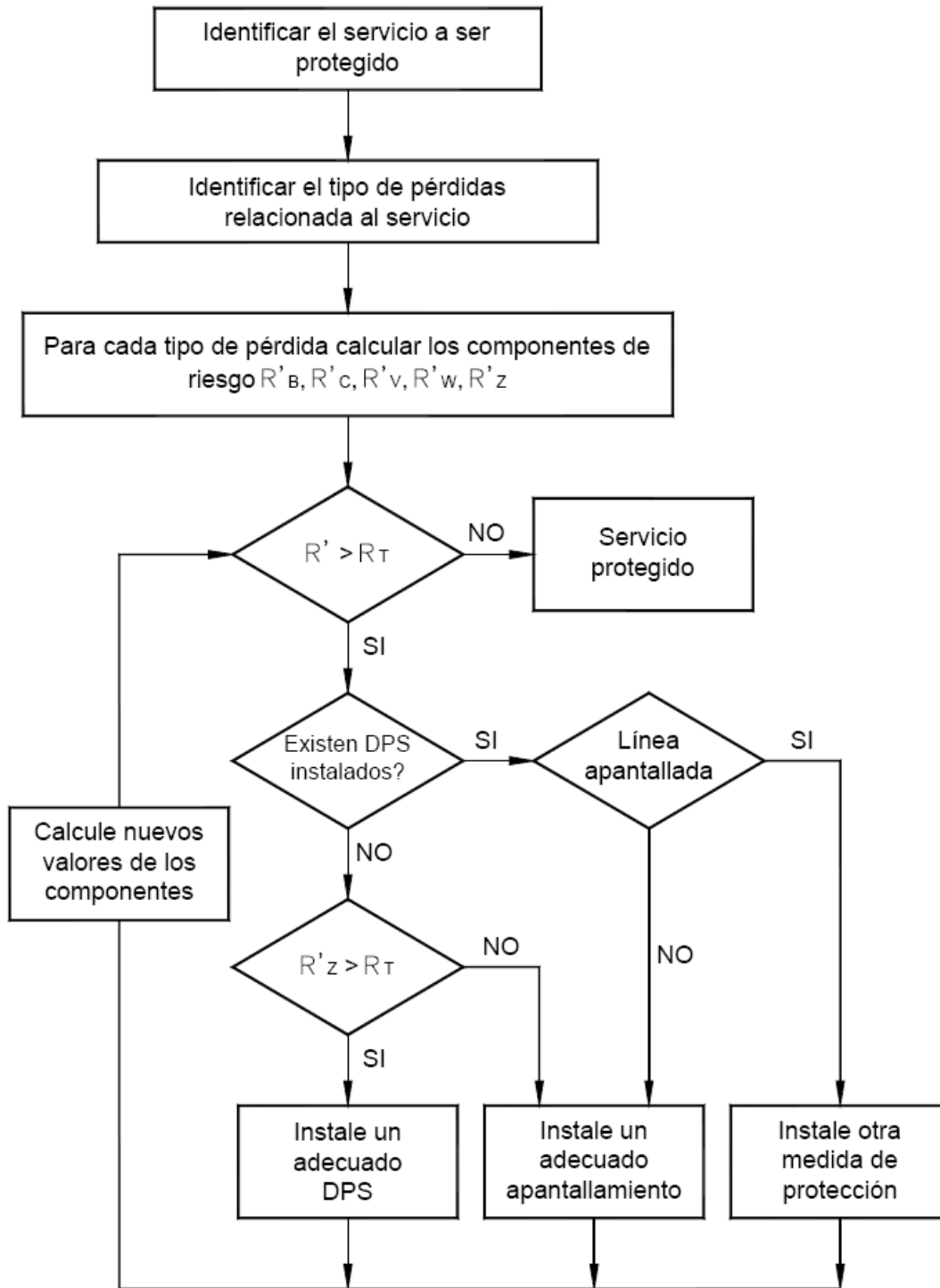


Figura 5. Procedimiento para la selección de las medidas de protección en los servicios

EVALUACIÓN DE LAS COMPONENTES DE RIESGO



ECUACIÓN BÁSICA

Cada componente de riesgo R_x , pueden calcularse a través de la siguiente ecuación general:

$$R_x = N_x P_x L_x$$

En donde:

N_x = Número de eventos peligrosos

P_x = Probabilidad de daño

L_x = Pérdida consecuyente

NOTA El número N_x de eventos peligrosos se ve afectado por: la densidad de descargas a tierra (DDT) y por las características del objeto a proteger; de los objetos que lo rodean; de las características del suelo, entre otros.

NOTA La probabilidad de daño P_x se ve afectada por: las características del objeto a proteger, y las medidas de protección aplicadas.

NOTA Las pérdidas L_x se ven afectada por: usos al cual se somete el objeto, afluencia de personas, tipo de servicios público, valor de los bienes afectados por daño o medidas aplicadas para limitar el monto de las pérdidas.

En la Tabla 8 y 9 NTC 4552-2, se resume los cálculos de los componentes de riesgo para estructura y acometidas de servicio respectivamente.

Tabla 8. Componentes de riesgo en estructuras

Daño	Descargas sobre la Estructura S1	Descargas cercanas a la estructura S2	Descargas sobre las acometidas de servicios S3 ⁽¹⁾	Descargas cercanas a las acometidas de servicios S4 ⁽¹⁾
D1	$R_A = N_D * P_A * L_A$		$R_U = (N_L + N_{Da}) * P_U * L_U$	
D2	$R_B = N_D * P_B * L_B$		$R_V = (N_L + N_{Da}) * P_V * L_V$	
D3	$R_C = N_D * P_C * L_C$	$R_M = N_M * P_M * L_M$	$R_W = (N_L + N_{Da}) * P_W * L_W$	$R_Z = (N_I - N_L) * P_Z * L_Z$
¹⁾ Si la línea tiene más de una sección (aérea, subterránea, apantallada, sin apantallamiento), el valor de R_U , R_V , R_W y R_Z serán la suma de los valores R_U , R_V , R_W y R_Z pertinentes a cada sección de la línea. En caso de que a la estructura lleguen más líneas conectadas a través de diferentes rutas, el cálculo se debe hacer para cada línea. NOTA 1 Las componentes L_x varían de acuerdo al tipo de riesgo a evaluar (R_1, R_2, R_3, R_4) NOTA 2 Para el cálculo de R_Z si $(N_I - N_L) \leq 0$ entonces $R_Z = 0$				



Tabla 9. Componentes de riesgo en acometidas de servicio

Daño	Descargas sobre la estructura S1	Descargas sobre las acometidas de servicios S3	Descargas cercanas a las acometidas de servicios S4
D2	$R'_B = N_D * P'_B * L'_B$	$R'_V = N_L * P'_V * L'_V$	
D3	$R'_C = N_D * P'_C * L'_C$	$R'_W = N_L * P'_W * L'_W$	$R'_Z = (N_i - N_L) * P'_Z * L'_Z$

CALCULOS DE COMPONENTES DE RIESGO EN ESTRUCTURAS

El cálculo general de las componentes de riesgo se efectúa mediante la siguiente Ecuación:

$$R_x = N_x * P_x * L_x$$

En donde:

NX = Numero de eventos peligrosos

PX = Probabilidad de daño

LX = Perdida consecuente

Las formulas generales de cálculo para cada componente de riesgo se citan a continuación: RA = ND*PA*LA

$$R_B = N_D * P_B * L_B \quad R_C = N_D * P_C * L_C$$

$$R_M = N_M * P_M * L_M$$

$$R_U = (N_L + N_{Da}) * P_U * L_U$$

$$R_V = (N_L + N_{Da}) * P_V * L_V \quad R_W = (N_L + N_{Da}) * P_W * L_W \quad R_Z = (N_i - N_L) * P_Z * L_Z$$

$$R'_B = N_D * P'_B * L'_B \quad R'_C = N_D * P'_C * L'_C$$

$$R'_V = (N_L + N_{Da}) * P'_V * L'_V \quad R'_W = (N_L + N_{Da}) * P'_W * L'_W \quad R'_Z = (N_i - N_L) * P'_Z * L'_Z$$

1.El cálculo específico de cada NX, PX y LX para cada componente de riesgo se efectúa según los criterios, tablas y notas de los numerales 6.5.1 a 6.7.5.13 de la NTC 4552 -2. (Ver anexo análisis protección contar Rayo)

Ecuación general para calcular el número anual de eventos El cálculo del número anual de eventos peligrosos sigue la siguiente ecuación general:

$$N_x = DDT * A_x * C_x * 10^{-6}$$

En donde:

DDT = Densidad de rayos a tierra (rayos/Km²-año) AX = Área efectiva de la estructura m².

CX = Factor de corrección.



2. Los valores de AX y CX se valoran para cada Nx particular de acuerdo con los criterios, tablas y notas de los numerales 6.5.1 a 6.5.5 de la NTC 4552 – 2.

3. Áreas efectivas Ad, Ad/a, Ad/b, Am El cálculo de las áreas efectivas debe hacerse según las indicaciones de los numerales 6.5.1 a 6.5.5 de la NTC 4552-2.

4. Área efectiva de la estructura Ad y Ad/b

Para una estructura aislada rectangular con longitud L, ancho W y altura H sobre un terreno plano

$$A_d = LW + 6H(L+W) + 9\pi(H)^2$$

5. Área de influencia de la estructura Am

El área de influencia de la estructura Am está definida entre la frontera de la estructura y una línea localizada a 250 m del perímetro de la estructura (NTC 4552 – 2, Figura 9).

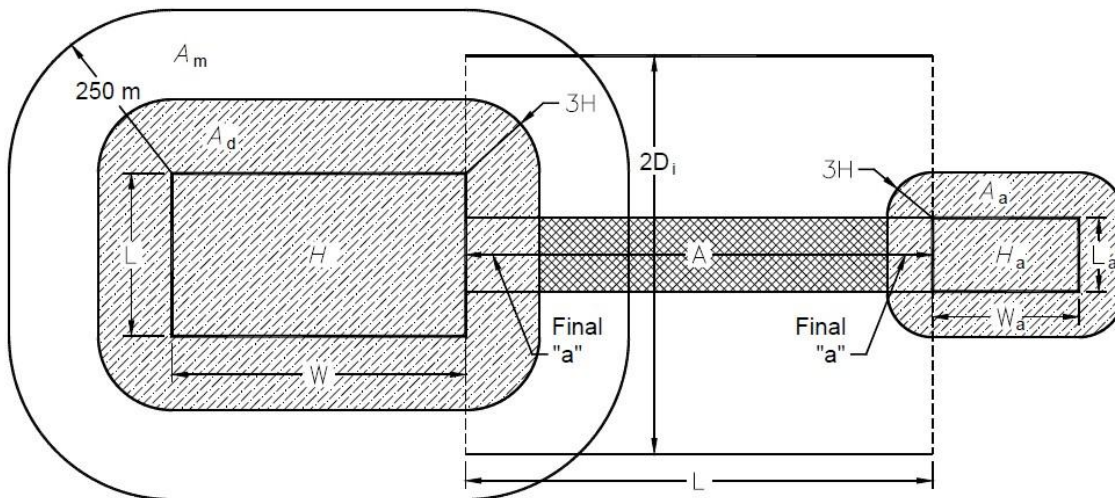


Figura 9. Definición de áreas (Ad, Am, Ai, Ai)

6. Áreas efectivas Ai y Ai

El área efectiva se calcula como sigue (NTC 4552-2 Tabla 12), dependiendo de las características del

Servicio:

	Aérea	Subterránea
Ai	$(L_c - 3(H_a + H_b)) \cdot 6 H_c$	$(L_c - 3(H_a + H_b)) \sqrt{\rho}$
Ai	$1\,000 L_c$	$25 L_c \sqrt{\rho}$

Ai = área efectiva de descargas sobre acometida de servicio m2.

Ai = área efectiva de descargas próximas a la acometida de servicio m2.

Hc = altura sobre la tierra de los conductores de servicio m.



L_c = longitud de la sección de la acometida de servicio, de la estructura al primer nodo m. Un valor máximo de $L_c = 1000$ m puede asumirse.

H_a = altura de la estructura de donde proviene la acometida de servicio m.

H_b = altura del punto de la estructura por donde ingresa la acometida de servicio m.

ρ = resistividad del terreno donde la acometida es enterrada $\Omega.m$. El máximo valor que se puede asumir es de $500 \Omega.m$.

Para cables subterráneos con puesta a tierra terminada en malla se puede asumir una valor de área efectiva equivalente $A_i = A_l = 0$.

Para el presente caso la acometida es subterránea, por lo tanto $A_i = A_l = 0$.

7. Cálculo de los componentes de riesgo

Los componentes de riesgo para la estructura estudiada son $R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W$ y R_Z .

Los respectivos componentes se calculan según se muestra en el Anexo "Análisis de Riesgo Contra

Rayo" de este informe y los valores obtenidos para P_X y L_X correspondientes.

Riesgo tolerable

Los valores representativos de riesgo tolerable R_T donde las descargas atmosféricas involucran pérdida de vida humana y pérdida de valores sociales y culturales se muestran en la Tabla 7 de la NTC

4552-2.

Para el presente caso el estudio de riesgo aplica para las pérdidas de vidas o lesiones permanentes, pérdida de patrimonio cultural, las pérdidas de servicio público y pérdidas económicas.

Comparando el valor de riesgo total calculado con el máximo valor tolerable se tiene:



PROYECTO: DISEÑO ELECTRICO CENTRO INTEGRACION CIUDADANA EN EL MUNICIPIO DEL BAJO BAUDO																				
EVALUACION DE PROTECCION CONTRA RAYOS EN LA ESTRUCTURA - NTC 4552-2																				
RA: Riesgo de lesiones a seres vivos por Vp y Vc fuera de la estructura por Rayo SOBRE la Estructura										PARAMETROS PARA INGRESAR										
RA=ND*PA*LA			No. Eventos Peligrosos			Area Efec Estruct			Perd por lesiones a personas			PARAMETRO	DESCRIPCION		NTC 4552-2					
			ND=DDT*Ad*Cd*10E-6			Ad=LW+6H(L+W)+9π(H)2			LA=ra*lt			DDT	8,78	Densidad de descargas a Tierra (calculado)		Ecuac 4				
ND	PA	LA	DDT	Ad	Cd	L	W	H	ra	lt			Cd	0,5	Factor de Localizacion	Tabla 10				
3,12E-02	1,00E+00	0,001	8,78	7117,87	0,5	34	34	9	0,01	0,1			Cdb	0,5	Factor de Localizacion	Tabla 10				
3,12E-05			3,12E-02			7117,87			0,001					Cr	0,2	Factor de correccion por Trafo AT/BT	Tabla 11			
RB: Riesgo de daños Físicos a la estructura por chispas que causan fuego dentro de la Estructura por Rayo SOBRE la estructura										PARAMETROS PARA INGRESAR										
RB=ND*PB*LB			No. Eventos Peligrosos			Area Efec Estruct			Perdidas por fuego dentro			PARAMETRO	DESCRIPCION		NTC 4552-2					
			ND=DDT*Ad*Cd*10E-6			Ad=LW+6H(L+W)+9π(H)2			LB=rp*hz*rf*Lf			Hb	4	Altura estruc por donde ingresa la acometida (m)		Tabla 12				
ND	PB	LB	DDT	Ad	Cd	L	W	H	rp	hz	rf	Lf	Cda	0,5	Factor de Localizacion	Tabla 10				
3,12E-02	1,00E+00	5,0E-04	8,78	7117,87	0,5	34	34	9	1	1	1,00E-02	5,0E-02	rp	1	Factor reductor de perdidas daños físicos	Tabla 28				
1,56E-05			3,12E-02			7117,87			5,0E-04					hz	1	Factor reductor de perdidas daños físicos	Tabla 30			
RC: Riesgo por falla de sistemas Internos por causa de IER, por Rayo SOBRE la Estructura										PARAMETROS PARA INGRESAR										
RC=ND*PC*LC			No. Eventos Peligrosos			Area Efec Estruct			Perdidas por falla sist Internos			PARAMETRO	DESCRIPCION		NTC 4552-2					
			ND=DDT*Ad*Cd*10E-6			Ad=LW+6H(L+W)+9π(H)2			LC=Lo			δ	19	Resistividad del terreno donde se entierra la acom		Tabla 12				
ND	PC	LC	DDT	Ad	Cd	L	W	H	Lo				L	34	Largo de la Estructura a proteger (m)					
3,12E-02	1E+00	0	8,78	7117,87	0,5	34	34	9	0				W	34	Ancho de la estructura a proteger (m)					
0,00E+00			3,12E-02			7117,87			0					H	9	Altura de la estructura a proteger (m)				
RM: Riesgo por Falla de sistemas internos por causa de IER, por Rayo CERCA DE la estructura										PARAMETROS PARA INGRESAR										
RM=NM*PM*LM			No. Eventos Peligrosos			Area Efec Estruct			Perdidas por falla sist Int			PARAMETRO	DESCRIPCION		NTC 4552-2					
			NM=DDT*(Am-Adb*Cdb)*10E-6			Adb=LW+6H(L+W)+9π(H)2			Am=500*(L+W)+19431			LM=Lo		Probabilidad daño a sist internos x impacto direct		Tabla 16				
NM	PM	LM	DDT	Adb	Cdb	Am	L	W	H	L	W	Lo	PM	0,1	Probabilidad daño a sist internos x impacto cerca	Tabla 18				
4,38E-01	1,00E-01	0	8,78	7117,87	0,5	53431	34	34	9	34	34	0	PU	1	Probabilidad daño a sist internos x impacto cerca	Tabla 16-19				
0,00E+00			4,38E-01			7117,87			53431					PV	1	Probabilidad daños físicos sobre acometidas	Tabla 19			
RU: Riesgo de lesiones A SERES VIVOS dentro por Vc por corrientes de rayo que fluyen por una linea electrica entrante a la Estructura por Rayo SOBRE la Acometida.																				
RU=(NL+Nda)*PU*LU			No. Eventos Peligrosos			Area Efec Estruct Subterranea			Perdidas por falla sist Int			Perd Economicas								
			NL=DDT*AI*Cd*Ct*10E-6			AI=(Lc-3(Ha+Hb))*vδ			Nda=DDT*Ada*Cda*Ct*10E-6			Ada=LW+6H(L+W)+9π(H)2								
NL+Nda	PU	LU	DDT	AI	Cd	Ct	Lc	Ha	Hb	δ	Ada	Cda	Ct	L	W	H	ru	lt		
6,08E-03	1,00E+00	0,001	8,78	-189,23	0,5	0,2	20	12	4	19	7117,87	0,5	0,2	34	34	9	0,01	0,1		
6,08E-06			-1,66E-04			-189,23			0,00624949			7117,87			0,001					
RV: Riesgo de Daños físicos A LA ESTRUCTURA (fuego o explosion por chispa a la entrada de la acometida) por corrientes de rayo que fluyen a traves de la Acometida Electrica por Rayo SOBRE la Acometida																				
RV=(NL+Nda)*PV*LV			No. Eventos Peligrosos			Area Efec Estruct Subterranea			Perdidas por falla sist Int			Perd Economicas								
			NL=DDT*AI*Cd*Ct*10E-6			AI=(Lc-3(Ha+Hb))*vδ			Nda=DDT*Ada*Cda*Ct*10E-6			Ada=LW+6H(L+W)+9π(H)2								
NL+Nda	PV	LV	DDT	AI	Cd	Ct	Lc	Ha	Hb	δ	Ada	Cda	Ct	L	W	H	rp	hz	rf	Lf
6,08E-03	1,00E+00	1,00E-03	8,78	-189,23	0,5	0,2	20	12	4	19	7117,87	0,5	0,2	34	34	9	1	1,00E+00	1,00E-02	1,00E-01
6,08E-06			-1,66E-04			-189,23			0,0062495			7117,87			1,00E-03					
RW: Riesgo de Daños A SISTEMAS INTERNOS (Por sobretensiones inducidas) por corrientes de Rayo que fluyen a traves de la acometida Electrica por Rayos SOBRE LA ACOMETIDA																				
RW=(NL+Nda)*PW*LV			No. Eventos Peligrosos			Area Efec Estruct Subterranea			Perdidas por falla sist Int			Perd Economicas								
			NL=DDT*AI*Cd*Ct*10E-6			AI=(Lc-3(Ha+Hb))*vδ			Nda=DDT*Ada*Cda*Ct*10E-6			Ada=LW+6H(L+W)+9π(H)2								
NL+Nda	PW	LV	DDT	AI	Cd	Ct	Lc	Ha	Hb	δ	Ada	Cda	Ct	L	W	H	Lo			
-1,66E-04	1,00E+00	0	8,78	-189,23	0,5	0,2	20	12	4	19	7117,87	0,5	0,2	34	34	9	0			
0,00E+00			-1,66E-04			-189,23			0,0062495			7117,87			0					
RZ: Riesgo de Daños A SISTEMAS INTERNOS (por sobretensiones inducidas) por corrientes de Rayo que fluyen a traves de la acometida por Rayos CERCA DE LA ACOMETIDA																				
RZ=(NI-NL)*PZ*LZ			No. Eventos Peligrosos			Area Efec Estruct Subterranea			Perdidas por falla sist Int			Perd Economicas								
			NI=DDT*AI*Cd*Ct*10E-6			AI=(Lc-3(Ha+Hb))*vδ			NI=DDT*AI*Ce*Ct*10E-6			AI=25Lc*vδ								
NI-NL	PZ	LZ	DDT	AI	Cd	Ct	Lc	Ha	Hb	δ	Ai	Ce	Ct	Lc	δ		Lo			
3,99E-03	1,00E+00	0	8,78	-189,23	0,5	0,2	20	12	4	19	2179,45	1	0,2	20	19	25	0			
0,0E+00			-1,66E-04			-189,23			0,0038271			2179,45			0					
RESULTADOS DE LA EVALUACION DEL RIESGO																				
TIPOS DE PERDIDAS			R Tolerable	R Calculado	NIVEL DEL RIESGO			PW	PZ	DESCRIPCION		Tabla								
R1: PERDIDA DE VIDA HUMANA O LESIONES PERMANENTES			1,00E-05	5,90E-05	NECESITA PROTECCION CONTRA RAYOS			ra	0,01	Factor reductor de perdidas		Tabla 20								
R2: PERDIDA DE SERVICIO PUBLICO			1,00E-03	2,17E-05	ACEPTABLE			lt	0,1	Perdidas lesiones por Vp y Vc fuera estruct		Ecuac 17								
R3: PERDIDA DE PATRIMONIO CULTURAL			1,00E-03	2,17E-05	ACEPTABLE			ru	0,01	Factor reuctor de perdidas		Tabla 27								
R4: PERDIDA DE VALOR ECONOMICO			1,00E-03	2,17E-05	ACEPTABLE															
NOTA: EL RC < RT, POR LO TANTO ES NECESARIA LA CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE PROTECCION EXTERNA ADICIONAL CONTRA RAYOS																				

Comparando el valor de riesgo total calculado con el máximo valor tolerable se tiene:

Tipo de pérdida	Riesgo tolerable RT	Riesgo Calculado Σ R	NIVEL DEL RIESGO
Pérdida de vidas o lesiones Permanentes	1x10-5	5,90E-05	Se requiere sistema de Apantallamiento Especial
Pérdida de servicio público	1x10-3	2,17E-05	Bajo
Pérdida de patrimonio cultural	1x10-3	2,17E-05	Bajo
Pérdidas económicas	1x10-3	2,17E-05	Bajo



CONCLUSIONES DEL ANALISIS DE RIESGOS CONTRA RAYOS (DESCARGAS ATMOSFERICAS)

Entonces como R es mayor que R_T de la Figura 4. NTC 4552-2 para el Procedimiento para la selección de medidas de protección en la estructura, se puede decir que es una **estructura NO PROTEGIDA**.

PROTECCION DE LA EDIFICACION

- ✓ Aislamiento eléctrico de bajantes expuestas.
- ✓ Equipotencialización efectiva del suelo.
- ✓ Cable apantallado con resistencia de pantalla.
- ✓ Instalar varios extintores contra incendios no menor a 5 lb tipo B.
- ✓ Se instalara una malla de puesta a tierra en la Subestación como se muestra en los planos, para evacuar fallas a tierra, en la parte de baja tensión.
- ✓ Se deberán cumplir las distancias y elementos de seguridad que se indican en los planos.
- ✓ Para el montaje del proyecto se deberá cumplir con el estudio de salud ocupacional presentado en el presente informe.

Sistema de Protección Externo (SPE) Contra Rayos. NTC 4552-3

La protección externa en una edificación tiene como objetivo interceptar los impactos directos de rayo que se dirijan a la estructura, incluyendo aquellos que impacten al costado de ésta, para conducir de manera segura la corriente de rayo desde el punto de impacto a tierra.

El sistema de protección externo también tiene como función dispersar dicha corriente a tierra sin causar daños térmicos o mecánicos ni chispas peligrosas que puedan dar inicio a incendios o explosiones.

La protección externa se compone por tres partes fundamentales: el sistema de captación, los conductores bajantes y el sistema de puesta a tierra.

Una protección externa está diseñada para:

- a) Interceptar los impactos directos de rayo a la estructura (usando el sistema de captación)
- b) Conducir la corriente del rayo de manera segura hacia la tierra (usando un sistema de bajantes)
- c) Dispersar y disipar la corriente de rayo dentro de la tierra (usando un sistema de puesta a tierra)

De acuerdo a los datos obtenidos, nos indica que debemos implementar un sistema de protección externa NIVEL II, para lo cual vamos a utilizar el método electro geométrico, sugerido para estructuras menores a 60m de altura.

De acuerdo con este parámetro de rayo elegimos el nivel de protección II, y aplicamos el método electro geométrico con un radio de 40 m (ver plano).

Método de la esfera rodante

Dependiendo del nivel de protección de acuerdo con la NTC 4552-1 el radio de la esfera rodante se puede escoger a partir de la Tabla 2

Tabla 2. Valores máximos del radio de la esfera rodante según el nivel de protección



Nivel de protección	Radio de la esfera (r_{sc}) [m]
Nivel I	35
Nivel II	40
Nivel III	50
Nivel IV	55

El posicionamiento de los terminales de captación debe realizarse de manera tal que la esfera escogida por el nivel de protección nunca toque ninguna parte de la estructura, de este modo la esfera siempre estará soportada por algún elemento del sistema de captación.

En la práctica, para determinar gráficamente la altura mínima de la instalación de interceptación, se trazan arcos de circunferencia con radio igual a la distancia de impacto r_{sc} , entre los objetos a ser protegidos y el sistema de captación, de tal forma que los arcos sean tangentes a la tierra y a los objetos o tangentes entre objetos; cualquier estructura por debajo de los arcos estará protegida por él o los objetos que conformen el arco, y cualquier objeto que sea tocado por el arco estará expuesto a descargas directas.

En estructuras más altas que el radio de la esfera rodante, pueden existir rayos que impacten los costados de éstas. Cada punto lateral de la estructura tocado por la esfera rodante es un punto factible de ser impactado. Sin embargo, la probabilidad que rayos impacten los costados es prácticamente despreciable para estructuras menores a 60 m.

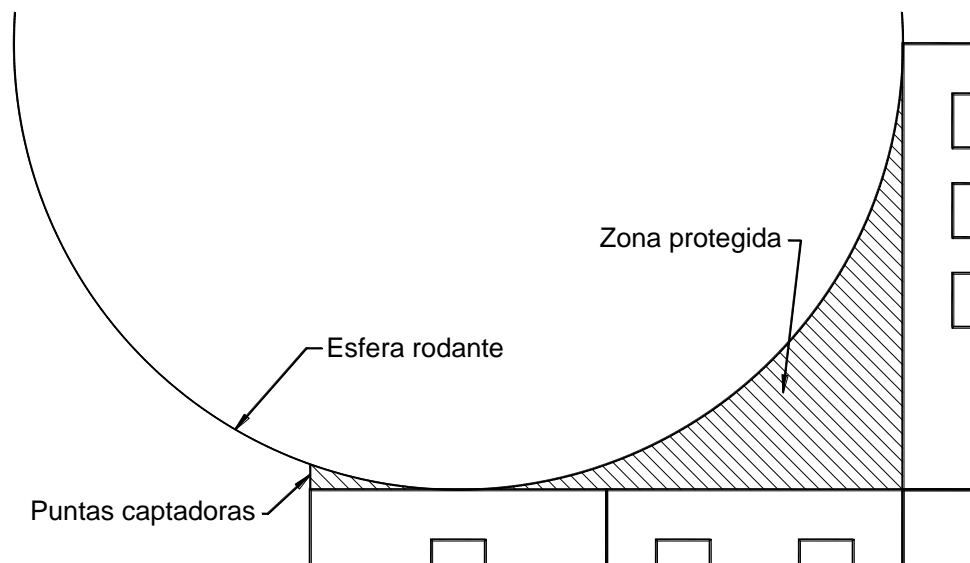


Figura 2. Área de Protección mediante el método de la esfera rodante

Elementos de trabajo del sistema de protección contra descargas atmosféricas.

- **Terminales de captación.**

El sistema de captación es el encargado de interceptar los rayos que vayan a impactar directamente a la estructura y enviar la corriente de rayo por las bajantes de la edificación.

La probabilidad de que una estructura sea penetrada por una corriente de rayo decrece considerablemente por la presencia de un sistema de captación diseñado adecuadamente.



El sistema de captación puede ser compuesto por cualquier combinación de los siguientes elementos:

- Bayonetas (incluyendo mástiles auto soportados)
- Cables colgantes
- Mallas de conductores

Para cumplir con esta normatividad todos los tipos de sistemas de captación deben estar ubicados de acuerdo con los numerales 5.2.1, 5.2.2

Las barras de captación deben estar conectadas entre ellas a nivel del techo para asegurar la división de corrientes. No se pueden utilizar terminales de captación con elementos radiactivos.

Ubicación del sistema de captación

Los terminales de captación instalados en una estructura se deben localizar en las esquinas, puntos expuestos sobresalientes de la estructura y en los bordes. Se debe tener en cuenta que los dispositivos de interceptación de rayos deben ser varillas metálicas sólidas o tubulares en forma de bayonetas (véase la Tabla 5); con una altura por encima de las partes altas de la estructura, no menor a 25 cm.

Deben estar posicionados de acuerdo con uno o más de los siguientes métodos:

El método de ángulo de protección, el método de la esfera rodante y el método de enmallado, tal como se describen a continuación.

Para la utilización de los métodos de diseño se debe considerar lo siguiente:

- El método de esfera rodante es aplicable para estructuras con altura menor a 55 m
- El método de al ángulo de protección es útil para edificaciones con formas simples pero está limitado a la altura de los mismos y el tamaño del sistema de captación.
- El método de enmallado es útil para proteger superficies planas como techos y terrazas.

SISTEMA DE CONDUCTORES BAJANTES

Con el fin de reducir la probabilidad de daño debido a corrientes de rayo fluyendo por el sistema de protección externo, las bajantes deben ser ubicadas de manera tal que a partir del punto de impacto del rayo hasta tierra se cumplan los siguientes requisitos:

- a) Existencia de varios caminos paralelos para la corriente.
- b) La longitud de los caminos de corriente sea mínima.
- c) La equipotencialización a partes conductoras de la estructura esté hecha de acuerdo con los requisitos del numeral 6.2.

NOTA Es considerada como una buena práctica de construcción realizar conexiones laterales de las bajantes cada 10 m o 20 m de altura de acuerdo con la Tabla 6.

Las bajantes deben distribuirse simétricamente alrededor de la estructura a proteger, ubicadas en la parte exterior de ésta y distanciadas entre sí de acuerdo con la Tabla 6 con el fin de reducir la probabilidad de daño debido a corrientes de rayo fluyendo por el sistema de protección externo.

Su separación puede variar dependiendo de objetos que puedan interferir con su recorrido, como ventanas, puertas, rejillas etc. Pero es recomendable una separación igual entre las bajantes. Además cada estructura debe poseer por lo menos dos bajantes y se debe instalar una en cada esquina de la estructura expuesta siempre que sea posible.



Tabla 6. Distancia de separación promedio para conductores bajantes

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

La geometría de las bajantes y los anillos conductores afectan la distancia de separación (véase el numeral 6.3)

- Los conductores para las bajantes e interconexiones entre los elementos del sistema de protección externa deberán tener las siguientes características:
- Para Edificaciones Tipo 2: (Edificaciones que son de altura inferior a 25 m.) Cada una de las bajantes debe terminar en un electrodo de puesta a tierra, estar separadas un mínimo de 10 m. y siempre buscando que se localicen en las partes externas de la Edificación.
- Para la fijación e interconexión de los conductores de bajantes a las puntas y a la estructura del edificio, se deberán utilizar los elementos de fijación con grapas tipo pesado de materiales en bronce, compatibles con el conductor utilizado.
- Los terminales de captación deben proteger un mínimo de 26 cm. por encima del objeto a proteger. Los terminales deben ser puestos con un intervalo mínimo de 8 m a lo largo de la cumbrera y de su perímetro, y a no más de 60 cm. de los bordes de la cumbrera, bordes del techo y de las esquinas pronunciadas de la estructura protegida. En secciones de medio techo, los terminales de aire adicionales deben ser puestas en intervalos que no excedan de los 15 m. Los objetos no metálicos prominentes u objetos de metal que no tengan más de 3/16 pulgadas en grosor requieren de instalaciones de terminales de aire y conductores como los especificados.
- Los Conductores de cobre requeridos por el código UL96-A y NFPA-780 deben interconectar todos los terminales de captación y proveer dos caminos viables hasta el piso. Los conductores deben mantener un camino horizontal o vertical y deben estar libres de empalmes excesivos o de dobleces agudos, Las dobleces deben formar un ángulo de más de 90 ° y tener un radio mayor de 20 cm. Los sujetadores deben estar puestas en cada sitio donde se encuentre un conductor, sin exceder de 1 m. Los Conductores de las bajantes deben ser instalados alrededor del perímetro de la estructura.
- La penetración del techo será requerida para los conductores bajantes o con conexiones a estructuras con armadura de acero usando ensambles "pasantes de techo" con barras sólidas y pasa-techos apropiados. Los conductores no deben atravesar directamente el techo. Los Pasa-techos compatibles con el sistema de penetración del techo deben ser adquiridos e instalados por las especificaciones del fabricante de los pasa-techos.
- Todas las conexiones de los cables deben ser con encajes a presión por tornillo pasante preferiblemente. Todos los sujetadores en estos tornillos deben estar hechos de acero inoxidable.
- Cada bajante deberá terminar en contacto con una varilla debajo del acabado del piso. Las terminaciones de tierra deben consistir en varillas de cobre 5/8 de pulgada por 2.40 m (1,80 m y 1,50 m dependiendo de la resistividad del terreno). El conductor bajante debe estar conectado a las varillas de piso por una unión termo soldada teniendo un mínimo de 1½" pulgadas de contacto entre la varilla y el conductor. Las varillas deben estar puestas a un mínimo de un 30 cm. debajo del piso, un mínimo de 60 cm. de la fundación.

CONEXIÓN A LA ESTRUCTURA DE LA EDIFICACION: BAJANTE NATURAL



Se debe considerar el hierro de la estructura del edificio como bajante y que esté aterrizado y equi potencializado máximo cada 10m (IEC-602305-4), con el sistema de tierras de la edificación; implementando un sistema que garantice la conexión eléctrica de la estructura, siempre y cuando se garantice una unión solida entre todas las interconexiones y que se garantice que los esfuerzos mecánicos que se ejerzan por las corrientes de rayo no provoquen ruptura del concreto.

Las varillas de refuerzo de las paredes o de las columnas de concreto y el armazón estructural de acero pueden ser usados como bajantes naturales. Se debe suministrar una terminal de unión en el techo para facilitar la unión al sistema de captación y terminales de unión con el sistema de puesta a tierra, a menos que se use únicamente la cimentación de concreto reforzado como terminal de puesta a tierra.

Cuando se use una varilla en particular del refuerzo de acero como bajante, se debe tener cuidado con la ruta a tierra para asegurar que la varilla que está localizada en la misma posición sea usada en toda la vía de bajada, de este modo se proporciona una continuidad eléctrica directa.

Cuando no se pueda garantizar la continuidad vertical de las bajantes naturales, que proveen una ruta directa desde el techo hasta el piso, se deben instalar conductores adicionales al acero reforzados.

Se debe adicionar un sistema de bajantes externo, dondequiera que haya duda de la ruta más directa para las bajantes (por ejemplo para edificios existentes).

El constructor del edificio debe ser consultado para determinar si es permitida la soldadura a las varillas de refuerzo. Todo el trabajo necesario debe ser realizado e inspeccionado antes de verter el concreto (por ejemplo la planeación del SIPRA debe llevarse a cabo en conjunto con el diseño de la estructura).

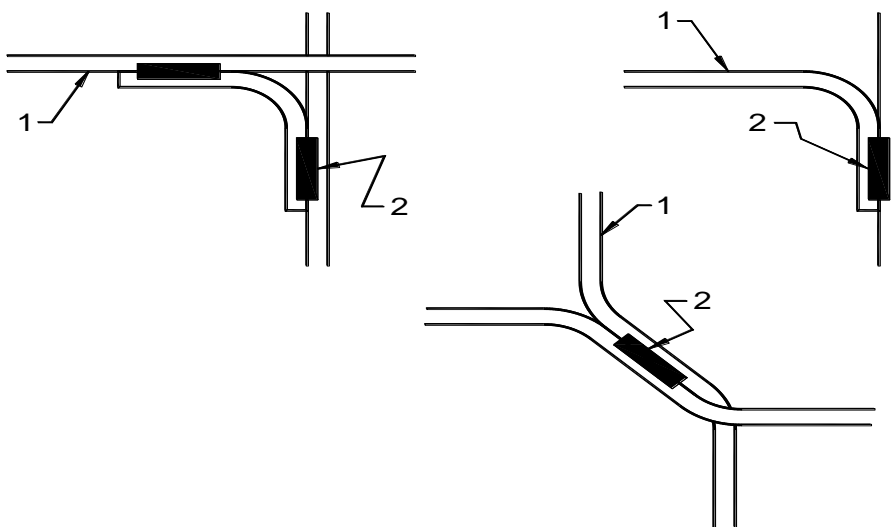
E.4.3.3 Soldadura o sujeción a las varillas de acero de refuerzo

La continuidad de las varillas de refuerzo debe ser establecida por sujeción o soldadura.

NOTA pueden ser apropiadas las abrazaderas que cumplan con la norma EN 50164-1

La soldadura a las varillas de refuerzo son permitidas únicamente si es aprobado por el diseñador de trabajos civiles. Las varillas de refuerzo deben ser soldadas sobre una longitud mayor a 30mm (véase la Figura E.6)

Figura E.6. Uniones de soldadura de varillas de refuerzo o de concreto reforzado (si es permitido)



Estas soldaduras, pueden ser reemplazadas por conectores de presión a tornillo (tipo SPT) en material de cobre, aluminio o bimetálicos.

La paredes y techos externos pueden ser usado como apantallamiento electromagnético para los equipos eléctricos y equipos de procesamiento de Información dentro de la estructura. (Véase la NTC4552-2, Anexo B y la normatividad nacional vigente o en su defecto la norma IEC 62305-4 o los documentos normativos IEEE C62.41-1 e IEEE C62.41-2 o la normatividad UIT serie K.).

La Figura E.28 da un ejemplo de una estructura de acero reforzado que usa el acero de refuerzo interconectado como bajantes y como apantallamiento electromagnético del espacio encerrado. Para más detalle véase la normatividad nacional vigente o en su defecto la norma IEC 62305-4 o los documentos normativos IEEE C62.41-1 e IEEE C62.41-2 o la normatividad UIT serie K..

Dentro del dominio del sistema de captación en el techo, todas las partes conductoras con una longitud mayor que 1 m deben ser interconectadas para formar una malla. El enmallado de apantallamiento podría ser conectado al sistema de captación en el filo del techo y también en otros puntos dentro del área del techo de Acuerdo con el numeral 6.2.

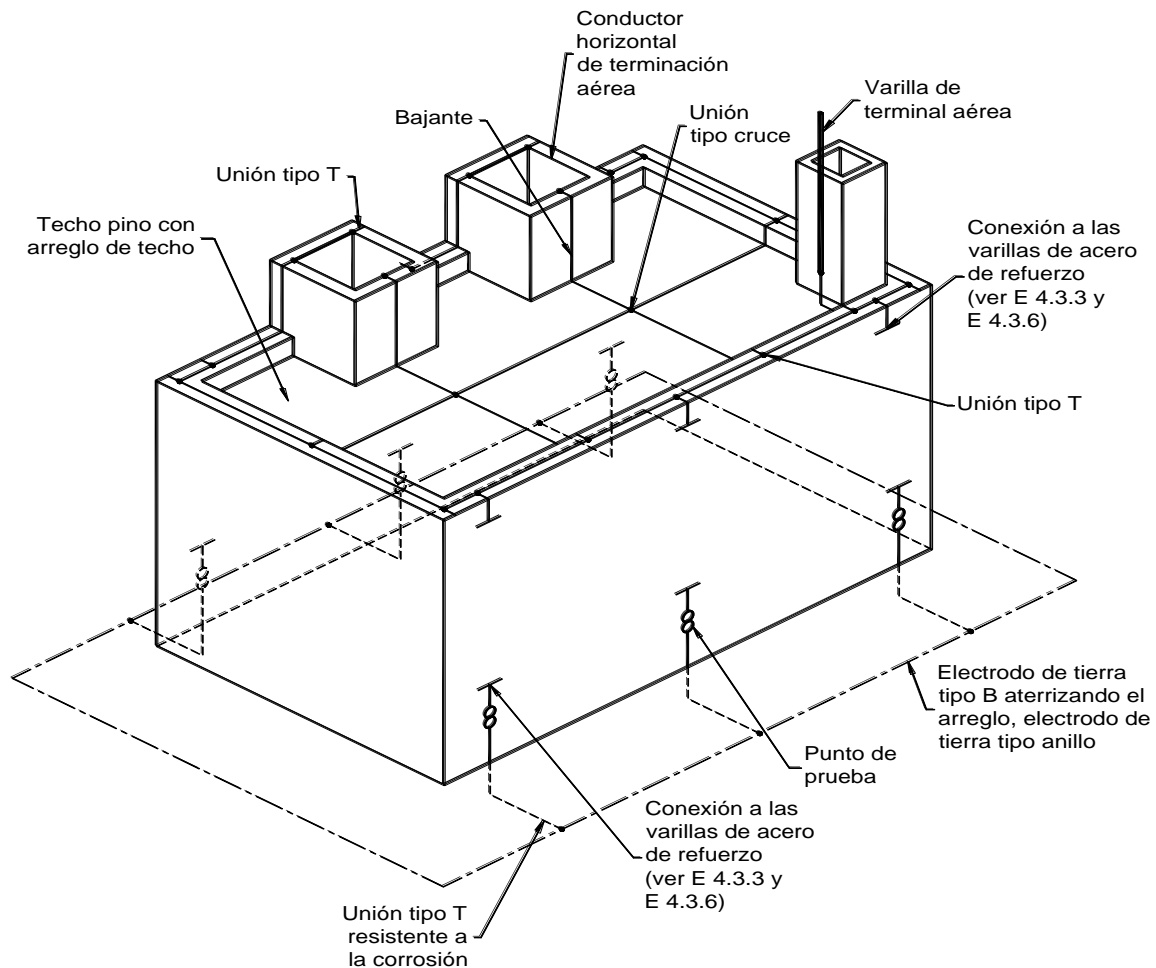


Figura E.28. Construcción de un SIPRA externo sobre una estructura de concreto reforzado con acero usando el refuerzo de las paredes externas como componentes naturales

- **LOS CONDUCTORES DE PUESTAS A TIERRA.** NTC 4552-3

El sistema de puesta a tierra es usado para dispersar y disipar la corriente de rayo que viene por las bajantes reduciendo al mismo tiempo el peligro de tener tensiones de paso y de contacto peligrosas. La forma de la puesta a tierra y sus dimensiones son un criterio importante en su diseño. En términos generales para el sistema de



protección externo se debe buscar un bajo valor de resistencia de puesta a tierra (si es posible valores menores a 10Ω a baja frecuencia).

Para los sistemas de puesta a tierra de la protección contra rayos es recomendable que éstos estén integrados con todos los demás sistemas de puesta a tierra (comunicaciones, potencia) por medio de uniones que garanticen la equi potencialidad en todas las condiciones de operación.

La resistencia del anillo puesta a tierra será de 10Ω . De acuerdo al RETIE según protección contra Rayos.

Si en caso tal a la hora de medir la tierra no cumple con el valor mínimo establecido por la norma se deberá instalar una varilla de cobre en paralelo para disminuir el valor de la resistencia.

En la tabla A.1 se definen los valores para Z , y Z_1 , en función de la resistividad del terreno y de acuerdo al nivel de riesgo obtenido el presente proyecto. Dado que el nivel de riesgo obtenido es NIVEL II, y que la resistividad medida del terreno es de 47.5Ω , obtenemos de la tabla un valor de $Z=4 \Omega$, el cual debemos tener en cuenta para el diseño de la malla a tierra del sistema.
 En donde.

Z : Es la impedancia convencional a tierra del sistema de protección contra rayos (Tabla A.1)

Z_1 : Es la impedancia convencional a tierra de las partes externas o de las líneas subterráneas.

Tabla A.1. Valores convencionales de impedancia de puesta a tierra Z y Z_1 en función de la resistividad del suelo

ρ [Ωm]	Z_1 [Ω]	Impedancia de puesta a tierra convencional en relación con el tipo de SIPRA		
		Z [Ω]		
		I	II	III - IV
≤ 100	8	4	4	4
200	13	6	6	6
500	16	10	10	10
1000	22	10	15	20
2000	28	10	15	40
3000	35	10	15	60

NOTA Los valores reportados en esta tabla están referidos a la impedancia de puesta a tierra convencional de un conductor enterrado bajo condiciones de impulso (10/350 μs)

Procedimiento para el cálculo del sistema de puesta a tierra teniendo en cuenta los valores anteriores: En donde obtenemos la configuración de la malla para una $R=4 \Omega$

Este tipo de configuración consiste en un anillo conductor externo a la estructura y en contacto con el suelo en por lo menos un 80 % de su longitud total; o por los electrodos de puesta a tierra de la cimentación, los cuales deben estar enmallados.

El anillo de tierra (configuración Tipo B) debe estar enterrado preferiblemente a una profundidad de 0,5 m y estar a una distancia de aproximadamente 1 m de las paredes externas.

Los electrodos de puesta a tierra deben instalarse de manera tal que se pueda realizar una inspección durante su construcción.

La instalación de los electrodos de puesta a tierra debe hacerse de manera tal que se minimicen los efectos de corrosión, sequedad y congelamiento del suelo para así estabilizar la resistencia convencional de puesta a tierra.



PROYECTO: DISEÑO ELECTRICO CENTRO INTEGRACION CIUDADANA EN EL MUNICIPIO DEL BAJO BAUDO																			
EVALUACION DE PROTECCION CONTRA RAYOS EN LA ESTRUCTURA - NTC 4552-2																			
RA: Riesgo de lesiones a seres vivos por Vp y Vc fuera de la estructura por Rayo SOBRE la Estructura										PARAMETROS PARA INGRESAR									
RA=ND*PA*LA			No. Eventos Peligrosos			Area Efec Estruct			Perd por lesiones a personas			PARAMETRO	DESCRIPCION		NTC 4552-2				
			ND=DDT*Ad*Cd*10E-6			Ad=LW+6H(L+W)+9π(H)2			LA=ra*Lt			DDT	5,78	Densidad de descargas a Tierra (calculado)	Ecuac 4				
ND	PA	LA	DDT	Ad	Cd	L	W	H	ra	Lt		Cd	0,5	Factor de Localizacion	Tabla 10				
2,06E-02	1,00E-02	0,001	5,78	7117,87	0,5	34	34	9	0,01	0,1		Cdb	0,5	Factor de Localizacion	Tabla 10				
2,06E-07			2,06E-02			7117,87			0,001			Ct	0,2	Factor de correccion por Trajo AT/BT	Tabla 11				
RB: Riesgo de daños físicos a la estructura por chispas que causan fuego dentro de la Estructura por Rayo SOBRE la estructura																			
RB=ND*PB*LB			No. Eventos Peligrosos			Area Efec Estruct			Perdidas por fuego dentro			PARAMETRO	DESCRIPCION		NTC 4552-2				
			ND=DDT*Ad*Cd*10E-6			Ad=LW+6H(L+W)+9π(H)2			LB=rp*hz*rf*Lf			Ha	12	Altura estruc de donde proviene la acometida (m)	Tabla 12				
ND	PB	LB	DDT	Ad	Cd	L	W	H	rp	hz	rf	Lf	Cda	0,5	Factor de Localizacion	Tabla 10			
2,06E-02	2,00E-01	5,0E-04	5,78	7117,87	0,5	34	34	9	1	1	1,00E-02	5,0E-02	rp	1	Factor reductor de perdidas daños fisicos	Tabla 28			
2,06E-06			2,06E-02			7117,87			5,0E-04			hz	1	Factor reductor de perdidas daños fisicos	Tabla 30				
RC: Riesgo por falla de sistemas internos por causa de IER, por Rayo SOBRE la Estructura																			
RC=ND*PC*LC			No. Eventos Peligrosos			Area Efec Estruct			Perdidas por falla sist Internos			PARAMETRO	DESCRIPCION		NTC 4552-2				
			ND=DDT*Ad*Cd*10E-6			Ad=LW+6H(L+W)+9π(H)2			LC=Lo			δ	19	Resistividad del terreno donde se entierra la acom	Tabla 12				
ND	PC	LC	DDT	Ad	Cd	L	W	H	Lo				L	34	Largo de la Estructura a proteger (m)	Tabla 12			
2,06E-02	3E-02	0	5,78	7117,87	0,5	34	34	9	0				W	34	Ancho de la estructura a proteger (m)	Tabla 12			
0,00E+00			2,06E-02			7117,87			0			H	9	Altura de la estructura a proteger (m)	Tabla 12				
RM: Riesgo por Falla de sistemas internos por causa de IER, por Rayo CERCA DE la estructura																			
RM=NM*PM*LM			No. Eventos Peligrosos			Area Efec Estruct			Perdidas por falla sist Int			PARAMETRO	DESCRIPCION		NTC 4552-2				
			NM=DDT*(Am-Adb*Cdb)*10E-6			Adb=LW+6H(L+W)+9π(H)2			Am=500*(L+W)+19431			LM=Lo	PC	0,03	Probabilidad daño a sist internos x impacto direct	Tabla 16			
NM	PM	LM	DDT	Adb	Cdb	Am	L	W	H	L	W	Lo	PM	0,05	Probabilidad daño a sist internos x impacto cerca	Tabla 18			
2,88E-01	5,00E-02	0	5,78	7117,87	0,5	53431	34	34	9	34	34	0	PU	1	Probabilidad daño a sist internos x impacto cerca	Tabla 16-19			
0,00E+00			2,88E-01			7117,87			53431			PV	0,05	Probabilidad daños fisicos sobre acometidas	Tabla 19				
RU: Riesgo de lesiones A SERES VIVOS dentro por Vc por corrientes de rayo que fluyen por una linea electrica entrante a la Estructura por Rayo SOBRE la Acometida.																			
RU=(NL+Nda)*PU*LU			No. Eventos Peligrosos			Area Efec Estruct Subterranea			Perdidas por falla sist Int			Perd Economicas							
			NL=DDT*Al*Cd*10E-6			Al=(Lc-3(Ha+Hb))*v6			Nda=DDT*Ada*Cda*10E-6			Ada=LW+6H(L+W)+9π(H)2		LU=ru*Lt					
NL+Nda	PU	LU	DDT	Al	Cd	Lc	Ha	Hb	6	Ada	Cda	Ct	L	W	H	ru	Lt		
4,00E-03	1,00E+00	0,001	5,78	-189,23	0,5	20	12	4	19	7117,87	0,5	0,2	34	34	9	0,01	0,1		
4,00E-06			-1,09E-04			-189,23			0,004114129			7117,87		0,001					
RV: Riesgo de Daños físicos A LA ESTRUCTURA (fuego o explosion por chispa a la entrada de la acometida) por corrientes de rayo que fluyen a traves de la Acometida Electrica por Rayo SOBRE la Acometida																			
RV=(NL+Nda)*PV*LV			No. Eventos Peligrosos			Area Efec Estruct Subterranea			Perdidas por falla sist Int			Perd Economicas							
			NL=DDT*Al*Cd*10E-6			Al=(Lc-3(Ha+Hb))*v6			Nda=DDT*Ada*Cda*10E-6			Ada=LW+6H(L+W)+9π(H)2		LV=rp*hz*rf*Lf					
NL+Nda	PV	LV	DDT	Al	Cd	Lc	Ha	Hb	6	Ada	Cda	Ct	L	W	H	rp	hz	rf	Lf
4,00E-03	5,00E-02	1,00E-03	5,78	-189,23	0,5	20	12	4	19	7117,87	0,5	0,2	34	34	9	1	1,00E+00	1,00E-02	1,00E-01
2,00E-07			-1,09E-04			-189,23			0,0041141			7117,87		1,00E-03					
RW: Riesgo de Daños A SISTEMAS INTERNOS (por sobretensiones inducidas) por corrientes de Rayo que fluyen a traves de la acometida Electrica por Rayos SOBRE LA ACOMETIDA																			
RW=(NL+Nda)*PW*LW			No. Eventos Peligrosos			Area Efec Estruct Subterranea			Perdidas por falla sist Int			Perd Economicas							
			NL=DDT*Al*Cd*10E-6			Al=(Lc-3(Ha+Hb))*v6			Nda=DDT*Ada*Cda*10E-6			Ada=LW+6H(L+W)+9π(H)2		LW=Lo					
NL+Nda	PW	LW	DDT	Al	Cd	Lc	Ha	Hb	6	Ada	Cda	Ct	L	W	H	Lo			
-1,09E-04	8,00E-01	0	5,78	-189,23	0,5	20	12	4	19	7117,87	0,5	0,2	34	34	9	0			
0,00E+00			-1,09E-04			-189,23			0,0041141			7117,87		0					
RZ: Riesgo de Daños A SISTEMAS INTERNOS (por sobretensiones inducidas) por corrientes de Rayo que fluyen a traves de la acometida por Rayos CERCA DE LA ACOMETIDA																			
RZ=(NI-NL)*PZ*LZ			No. Eventos Peligrosos			Area Efec Estruct Subterranea			Perdidas por falla sist Int			Perd Economicas							
			NI=DDT*Ai*Ce*10E-6			Ai=(Lc-3(Ha+Hb))*v6			NI=DDT*Ai*Ce*10E-6			Ai=25Lc*v6		LZ=Lo					
NI-NL	PZ	LZ	DDT	Ai	Ce	Lc	Ha	Hb	6	Ai	Ce	Ct	Lc	δ		Lo			
2,63E-03	6,00E-02	0	5,78	-189,23	0,5	20	12	4	19	2179,45	1	0,2	20	19	25	0			
0,0E+00			-1,09E-04			-189,23			0,0025194			2179,45		0					
RESULTADOS DE LA EVALUACION DEL DE RIESGO																			
TIPOS DE PERDIDAS										R Tolerable	R Calculado	NIVEL DEL RIESGO		PARAMETRO	DESCRIPCION		NTC 4552-2		
R1: PERDIDA DE VIDA HUMANA O LESIONES PERMANENTES										1,00E-05	6,47E-06	ACEPTABLE		ra	0,01	Factor reductor de perdidas	Tabla 27		
R2: PERDIDA DE SERVICIO PUBLICO										1,00E-03	2,26E-06	ACEPTABLE		lt	0,1	Perdidas lesiones por Vp y Vc fuera estruct	Ecuac 17		
R3: PERDIDA DE PATRIMONIO CULTURAL										1,00E-03	2,26E-06	ACEPTABLE		ru	0,01	Factor rector de perdidas	Tabla 27		
R4: PERDIDA DE VALOR ECONOMICO										1,00E-03	2,26E-06	ACEPTABLE							

NOTA: EL RC < RT, POR LO TANTO NO ES NECESARIA LA CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE PROTECCION EXTERNA ADICIONAL CONTRA RAYOS

Tipo de pérdida	Riesgo tolerable RT	Riesgo Calculado Σ R	NIVEL DEL RIESGO
Pérdida de vidas o lesiones Permanentes	1,00E-05	6,47E-06	Bajo
Pérdida de servicio público	1,00E-03	2,26E-06	Bajo
Pérdida de patrimonio cultural	1,00E-03	2,26E-06	Bajo
Pérdidas económicas	1,00E-03	2,26E-06	Bajo

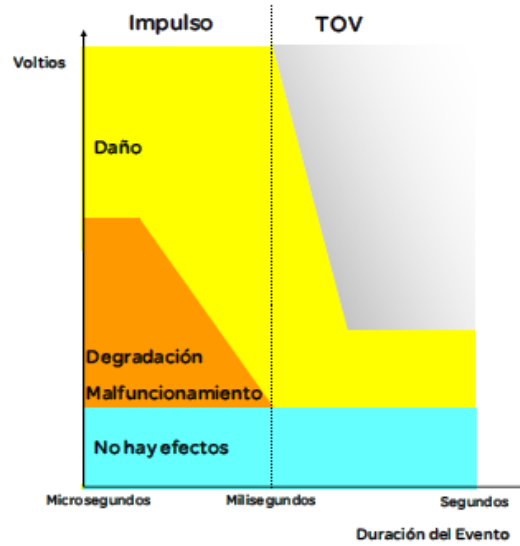


Selección DPS

El DPS es un dispositivo de protección contra sobretensiones

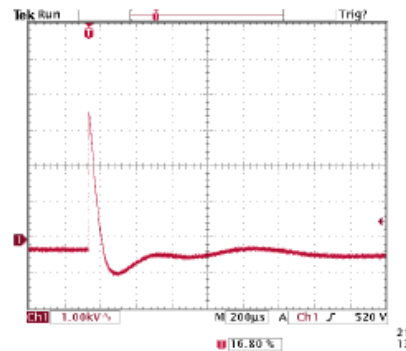
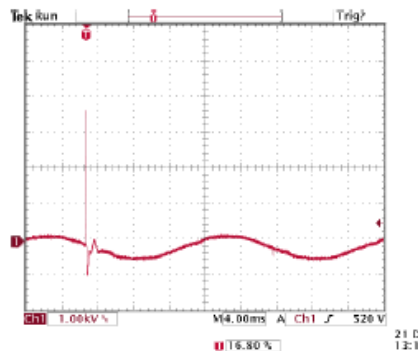
Qué es una Sobretensión Transitoria?

- **Elevados Impulsos de Tensión**
 - Pueden alcanzar varios miles de voltios.
- **Duración muy corta**
 - Del orden de microsegundos.
 - Sobretensión Transitoria \neq Sobretensión Permanente (TOV)
- **Frente de onda muy rápido (di/dt)**
- **Origen:**
 - 35% son externos a la instalación
 - 65% son internos a la instalación



Qué es una Sobretensión Transitoria?

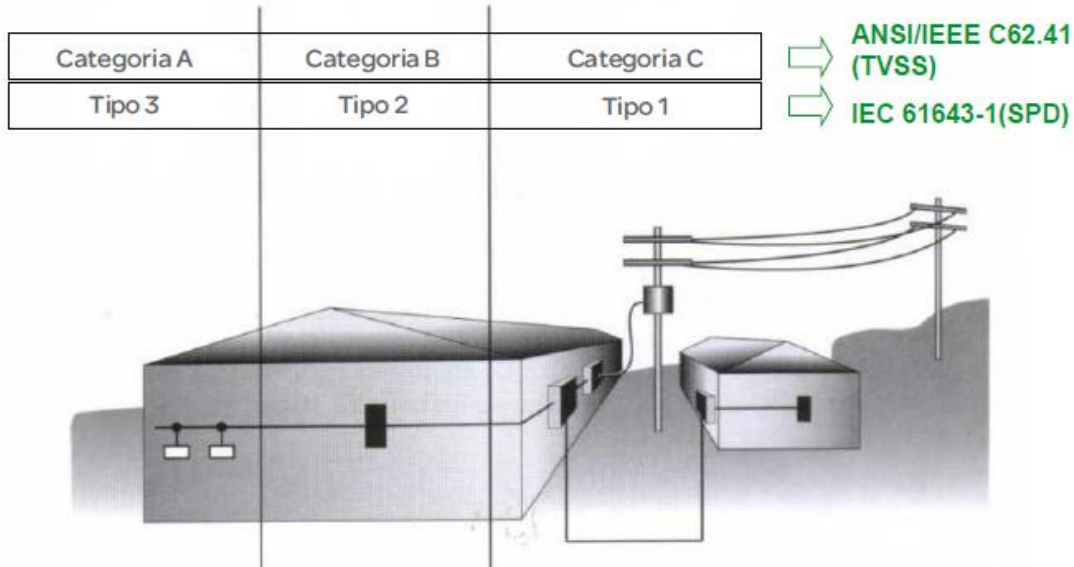
- La Sobretensión Transitoria dura solo microsegundos.



- Los DPS NO protegen contra otros Problemas de Calidad de Energía como Sobretensiones Permanentes, Subtensiones, Factor de Potencia o Armónicos. Los DPS están diseñados para proteger contra Sobretensiones Transitorias únicamente.



Clasificación según la norma



Tecnologías Utilizadas

- Todos los Dispositivos de Protección contra Sobretensiones (DPS) utilizan diferentes tecnologías para derivar los impulsos de corriente lejos de las cargas finales. Las principalmente utilizadas son:

• MOV : Varistores de Oxido Metálico



• Spark Gap : Descargador vía de chispas



- Los DPS limitan una sobretensión transitoria a valores seguros relacionados con el Máximo Voltaje de Operación Continuo (MCOV) del supresor.

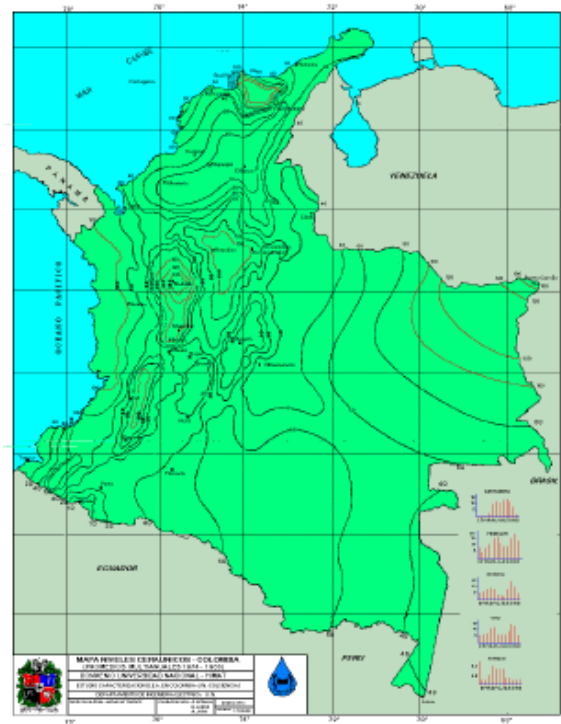


Selección de un DPS

• Ubicación geográfica de la aplicación.

Nivel Isocerámico	Puntos
Alto	18
Medio	10
Bajo	2

Días de Tormentas al Año	
Alto	30 ó más
Medio	15 a 30
Bajo	0 a 15



• Ubicación respecto a otras actividades.

Ambiente	Puntos
Rural	11
Sub- Urbano	6
Urbano	1

• Ubicación respecto a otras construcciones.

Construcción	Puntos
El más Alto	11
Mediano	6
El mas Pequeño	1

• Tipo de Acometida

Acometida	Puntos
Ultimo Cliente	11
Cientes Múltiples	6
Independiente	1

• Histórico de Disturbios

Disturbios	Puntos
Frecuentes	11
Ocasionales	6
Escasos	1



• Costo de Reparación del Equipo que se Daña

Reparación	Puntos
Costosa	19
Moderada	11
Económica	3

• Importancia del Equipo que va ser Protegido

Equipos	Puntos
Indispensable	19
Medios	11
Pueden Detenerse	3

Tabla de Selección

ANSI/IEEE C 62.41	INDICE DE EXPOSICIÓN CALCULADO				
	De 12 a 24	De 25 a 38	De 39 a 55	De 56 a 75	De 76 a 100
Categoría C	120 kA 120 kA	160 kA 120 kA	240 kA 160 kA	320 kA 240 kA	480 kA 320 kA
Categoría B	50 kA 36 kA	80 kA 50 kA	120 kA 80 kA	160 kA 120 kA	240 kA 160 kA
Categoría A		36 kA	50 kA 36 kA	80 kA 50 kA	120 kA 80kA

Se requiere Un DPS 3F+N+T Clase I+II 3x230V <= 20KA



ANALISIS DE RIEGOS ELECTRICOS

9.2 ANALISIS DE RIESGO ELECTRICO

EVALUACIÓN DE RIESGOS

RIESGO A EVALUAR: _____

_____ por _____ (al) o (en) _____

EVENTO O EFECTO: *EJ. Quemaduras* FACTOR DE RIESGO (causa): *EJ. Arco eléctrico* FUENTE: *EJ. Celda de 13,8 kV*

POTENCIAL <input type="checkbox"/> REAL <input type="checkbox"/>				FRECUENCIA						
				E	D	C	B	A		
En personas		Económicas	Ambientales	Imagen de la empresa	No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Varias veces/año en la Empresa	Varias veces al mes en la Empresa	
CONSECUENCIAS	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 (>1día)	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

LUGAR DE LA EVALUACIÓN: _____ EVALUADOR: _____ MP: _____ FECHA: AA/MM/DD

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. <i>Requiere permiso especial de trabajo.</i>	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. <i>Requiere permiso de trabajo.</i>	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	Inadmisibles para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. <i>Requiere permiso especial de trabajo.</i>	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. <i>No requiere permiso especial de trabajo.</i>	El líder del trabajo debe verificar: ¿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.



Seguridad Eléctrica SAS.
www.segelectrica.com.co

Calle 44c N° 57-49, Bogotá, Colombia.
info@segelectrica.com.co

Tel: +(571)3156200 - 3157800
© Copyright FAVIO CASAS-OSPINA



Actividades a Realizar	Riesgos	Nivel (Alto y Medio)	Barreras de Control	Barreras de Seguridad	Barreras de Soporte	
ASCENSO Y DESCENSO A POSTES USANDO ESCALERA	Colisión, volcamiento	A		Cinturón de seguridad Inspección preoperacional del vehículo, Certificación técnica del vehículo, cinta reflectiva, conos, vallas.	Capacitación en Manejo defensivo Certificación aptitud psicométrica de conductores, Cumplimiento normas de tránsito.	
	Caída de objetos Arco eléctrico	B A	Load boster Desenergización del circuito	EPP (Casco con barbuquejo) Gafas protección UV. Guantes dieléctricos clase 2	Procedimiento desenergización de circuitos Capacitación y Entrenamiento Supervisión	
	Caída de altura Electrocución	A A	Desenergizar el circuito	Sistema de acceso (escalera) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Línea de vida, Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento, eslinga en Y).	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera. Personal certificado para TSA. Includo Ayudante para TSA.	
	Caída de altura Caída de objetos Sobre esfuerzos	A M B		EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes de vaqueta y dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Línea de vida, Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento) ; polea, cuerda de servicio, eslinga en Y.	Personal certificado para TSA. Includo Ayudante para TSA.	
	Caída de altura	A		Sistema de acceso (escalera) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Línea de vida, eslinga en Y, ames, conectores, eslinga de posicionamiento).	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera. Personal certificado para Trabajo Seguro en Alturas Includo Ayudante para TSA.	
CAMBIO DE CRUCETAS EN ESTRUCTURA EN RETENSIÓN	Caída de objetos Arco eléctrico	M A	Load boster Desenergización del circuito, bloqueo	Etiquetado, EPP (Casco con barbuquejo, guantes dieléctricos clase 2, gafas UV) Detector de tensión,	Procedimiento desenergización de circuitos Entrenamiento y socialización del procedimiento desenergización de circuitos. Supervisión	
	Caída de altura	A	Sistema de acceso (carro canasta)	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TSA. Includo Ayudante para TSA.	
	Caída de altura Caída de objetos Contacto con electricidad	A M A	Sistema de acceso (carro canasta), Desenergización del circuito (corte visible)	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal en MT, distancias de seguridad	
	Caída de altura	A	Sistema de acceso (carro canasta)	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TSA. Includo Ayudante para TSA.	
	Caída de altura Caída de objetos Sobre esfuerzos	A M M	Sistema mecánico (polea y manilla de servicio)	Sistema de acceso (grúa con canasta, escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes de vaqueta y dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento)	Personal certificado para TSA. Includo Ayudante para TSA.	
	Caída de altura Caída de objetos Sobre esfuerzos	A M M	Sistema de acceso (carro canasta) Sistema mecánico (polea y manilla de servicio)	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes de vaqueta y dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento)	Personal certificado para TSA. Includo Ayudante para TSA.	
	Caída de altura	A	Sistema de acceso (grúa con canasta)	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TSA. Includo Ayudante para TSA.	
	Caída de altura Caída de objetos Contacto con electricidad	A M A	Sistema de acceso (grúa con canasta)	Sistema de acceso (grúa con canasta, escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para desinstalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad	
	Caída de objetos Arco eléctrico	M A B		EPP (Casco con barbuquejo) Gafas protección UV. Guantes dieléctricos clase 2	Procedimiento seguro energización de circuitos, Entrenamiento energización de circuitos	
	CAMBIO DE AISLAMIENTO EN BAJA TENSION	Colisión, volcamiento	A		Cinturón de seguridad Inspección preoperacional del vehículo, Certificación técnica del vehículo	Capacitación en Manejo defensivo Certificación aptitud psicométrica de conductores, Cumplimiento normas de tránsito.
		Caída de objetos Arco eléctrico	M A	Load boster Desenergización del circuito Candados	EPP (Casco con barbuquejo), gafas UV, guantes dieléctricos clase 2, botas dieléctricas, etiquetado.	Procedimiento desenergización de circuitos, Bloqueo y etiquetado. Entrenamiento y socialización del procedimiento Supervisión
		Caída de altura Caída de objetos	A	Sistema de acceso (grúa con canasta)	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TSA. Includo Ayudante para TSA.
		Caída de altura Caída de objetos Contacto con electricidad	A M A	Sistema de acceso (grúa con canasta) Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad
Caída de altura Caída de objetos Sobre esfuerzos		A M M	Sistema de acceso (grúa con canasta)	EPP (Casco con barbuquejo), gafas, guantes, botas dieléctricas)	Personal capacitado y competente para realizar la labor	
Caída de altura Caída de objetos Contacto con electricidad		A M A	Sistema de acceso (grúa con canasta, Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, guantes vaqueta, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad	
Caída de altura		A	Sistema de acceso (grúa con canasta,	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera o pretales. Certificado para TSA. Ayudante para TSA.	
Caída de objetos Arco eléctrico		M A B		EPP (Casco con barbuquejo) Gafas protección UV. Guantes dieléctricos clase 2	Entrenamiento energización y desenergización de de circuitos	
CAMBIO DE CRUCETA EN ESTRUCTURA DE PASO		Colisión, volcamiento	A		Cinturón de seguridad Inspección preoperacional del vehículo, Certificación técnica del vehículo	Capacitación en Manejo defensivo Certificación aptitud psicométrica de conductores, Cumplimiento normas de tránsito.
	Caída de objetos Arco eléctrico	M A	Load boster Desenergización del circuito, Candado.	EPP (Casco con barbuquejo) Gafas protección UV. Guantes dieléctricos clase 2, etiquetado.	Procedimiento desenergización de circuitos, Bloqueo y etiquetado. Entrenamiento y socialización del procedimiento Supervisión	
	Caída de altura	A	Sistemas de acceso, grúa con canasta.	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TSA. Includo Ayudante para TSA.	
	Contacto eléctrico	A	Desenergizar el circuito	EPP: Detector de ausencia de tensión		
	Caída de altura Caída de objetos Contacto con electricidad	A M A	Sistemas de acceso, grúa con canasta, Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad	
	Caída de altura Caída de objetos Sobre esfuerzos	A M M	Sistemas de acceso, grúa con canasta, Sistema mecánico (polea y manilla de servicio)	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes de vaqueta y dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento)	Personal certificado para TSA. Includo Ayudante para TSA.	
	Caída de altura Caída de objetos Contacto con electricidad	A M A	Sistemas de acceso, grúa con canasta, Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, ames, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad	



	Caida de altura	A	Sistemas de acceso, grúa con canasta.	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnes, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TDA incluido Ayudante para TDA
	Caida de objetos Arco eléctrico	M A		EPP (Casco con barbuqueo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2	Entrenamiento energización de circuitos
APERTURA Y CIERRE DE SECCIONAMIENTOS CON CARGA MENOR A 75 KVA	Caida de objetos Arco eléctrico	M A	Load boster Desenergización del circuito	EPP (Casco con barbuqueo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2 Detector de tensión certificado	Entrenamiento desenergización de circuitos
	Caida de objetos Arco eléctrico	M A	Load boster Desenergización del circuito	EPP (Casco con barbuqueo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2 Detector de tensión certificado	Entrenamiento desenergización de circuitos
ASCENSO Y DESCENSO A POSTES CON PRETALES	Caida de objetos Arco eléctrico	B A	Load boster Desenergización del circuito	EPP (Casco con barbuqueo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2	Procedimiento desenergización de circuitos Entrenamiento y Supervisión
	Caida de altura Electrocución	A A	Desenergizar el circuito	Sistema de acceso (pretales) EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPCC (Linea de vida -feno y mosqueton Tie off, arnes, conectores, eslinga de posicionamiento); Equipo de puesta a tierra para BT, guantes dieléctricos clase 0.	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en pretales. Personal certificado para TDA incluido Ayudante para TDA. PR instalación segura de equipo de puesta a tierra BT.
	Electrocución	A	Desenergizar el circuito	EPP (Casco con barbuqueo), gafas protección UV, guantes dieléctricos clase 0, Detector de ausencia de tensión -pinza voltiamperimétrica.	Capacitación y entrenamiento en redes de BT PR instalación segura equipo de puesta a tierra BT.
	Caida de alturas Electrocución	A A	Desenergizar el circuito	Sistema de acceso (pretales) EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPCC (Linea de vida -feno y mosqueton Tie off, arnes, conectores, eslinga de posicionamiento); Equipo de puesta a tierra para BT, guantes dieléctricos clase 0.	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en pretales. Personal certificado para TDA incluido Ayudante para TDA.
	Caida de altura Caida de objetos Sobre esfuerzos	A M B		EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes de vaqueta y dieléctricos, botas dieléctricas) EPCC (Linea de vida, Tie off, arnes, conectores, eslinga de posicionamiento), polea, cuenta de servicio.	Personal certificado para TDA incluido Ayudante para TDA
	Caida de altura Electrocución	A A		Sistema de acceso (pretales) EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPCC (Linea de vida, Tie off, arnes, conectores, eslinga de posicionamiento).	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con pretales. Personal certificado para Trabajo Seguro en Alturas incluido Ayudante para TDA
	Caida de Alturas Electrocución	A A		Sistema de acceso (pretales) EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPCC (Linea de vida -feno y mosqueton Tie off, arnes, conectores, eslinga de posicionamiento); Equipo de puesta a tierra para BT, guantes dieléctricos clase 0.	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con pretales. Procedimiento seguro instalación equipo de puesta a tierra BT. Personal certificado para Trabajo Seguro en Alturas incluido Ayudante para TDA
TENDIDO Y TENSIONADO DE CONDUCTORES EN BAJA TENSION	Caida de objetos Arco eléctrico	M A	Load boster Desenergización del circuito Candado	EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes dieléctricos clase 2, botas dieléctricas, etiquetado.	Procedimiento desenergización de circuitos Entrenamiento y socialización de procedimiento Supervisión
	Caida de altura	A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnes, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TDA incluido Ayudante para TDA.
	Caida de altura Caida de objetos Contacto con electricidad	A M A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnes, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad
	Caida de altura Caida de objetos Contacto con electricidad	A M A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnes, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad
	Caida de altura Caida de objetos	A M	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnes, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TDA incluido Ayudante para TDA
	Caida de objetos Arco eléctrico	M A		EPP (Casco con barbuqueo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2	Entrenamiento energización de circuitos
			B		
CAMBIO DE POSTE EN MEDIA TENSION CON GRUA DE FUERZA	Caida de objetos Arco eléctrico	M A	Load boster Desenergización del circuito Candado	EPP (Casco con barbuqueo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2 Detector de tensión certificado, Etiquetado	Entrenamiento desenergización de circuitos Bloqueo y etiquetado
	Caida de altura	A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnes, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera o pretales. Certificado para TDA Ayudante para TDA
	Contacto eléctrico	A	Desenergizar el circuito	EPP, Detector de ausencia de tensión	Personal competente para realizar las pruebas de ausencia de tensión
	Caida de altura Caida de objetos Contacto con electricidad	A M A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergización del circuito	EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes vaqueta, botas dieléctricas, guantes dieléctricos) EPCC (Tie off, arnes, conectores, eslinga de posicionamiento) Sistema de acceso (Pretales o escalera)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad
	Caida de altura	A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes dieléctricos, guantes vaqueta, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnes, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera o pretales. Certificado para TDA Ayudante para TDA
	Caida de objetos	A		EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes, botas dieléctricas)	Personal competente y certificado en manipulación de maquinaria pesada
	Caida de altura Caida de objetos Sobre esfuerzos	M M M	Sistemas de acceso grúa canasta Sistema mecánico (polea y manija de servicio)	EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes vaqueta, botas dieléctricas, guantes dieléctricos) EPCC (Tie off, arnes, conectores, eslinga de posicionamiento) Sistema de acceso (Pretales o escalera)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera o pretales. Certificado para TDA Ayudante para TDA
Caida de altura Caida de objetos	A M	Sistemas de acceso grúa canasta	EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes vaqueta, botas dieléctricas, guantes dieléctricos) EPCC (Tie off, arnes, conectores, eslinga de posicionamiento) Sistema de acceso (Pretales o escalera)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera o pretales. Certificado para TDA Ayudante para TDA	
Caida de altura Contacto con electricidad	A A	Sistemas de acceso grúa canasta	EPP (Casco con barbuqueo, gafas, guantes vaqueta, botas dieléctricas, guantes dieléctricos) EPCC (Tie off, arnes, conectores, eslinga de posicionamiento) Sistema de acceso (Pretales o escalera)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera o pretales. Certificado para TDA Ayudante para TDA	
Caida de objetos Arco eléctrico	M A		EPP (Casco con barbuqueo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2	Entrenamiento energización de circuitos	
REPOSICION DE FUSIBLES EN MEDIA TENSION		B			
	Colisión, volcamiento	M		Cinturon de seguridad Inspección preoperacional del vehículo, Certificación tecnomecánica del vehículo	Capacitación en Manejo defensivo Certificación aptitud psicométrica de conductores, Cumplimiento normas de tránsito.
	Contacto eléctrico, caída de objetos arco eléctrico	M		EPP (Casco con barbuqueo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2	Aplicación de distancias de seguridad, personal capacitado y competente para la realización de la labor
	Contacto eléctrico, caída de objetos	M		EPP (Casco con barbuqueo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2	Aplicación de distancias de seguridad, personal capacitado y competente para la realización de la labor
CARGUE Y DESCARGUE DE POSTES CON GRUA DE FUERZA	Arco eléctrico	M		EPP (Casco con barbuqueo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2 Bata dieléctrica	Personal competente para la manipulación de circuitos y cargas capacitación y ree entrenamiento en lo mismo.
	Aplastamiento Atrampamiento	A M		EPF/casco dieléctrico, botas dieléctricas, gafas de seguridad e inspecciones al equipo	Personal certificado para manipulación de maquinaria pesada y manipulación de gruas de fuerza
	Aplastamiento Atrampamiento Machucos	A M		EPF/casco dieléctrico, botas dieléctricas, gafas de seguridad e inspecciones al equipo	Certificación en el manejo de equipos, gruas de fuerza formación personal en manejo de cargas
	Aplastamiento Atrampamiento	M M		EPP (Gafas, Casco de seguridad, botas con puntera, guantes de vaqueta) Cinturon de seguridad Inspección preoperacional del vehículo, Certificación tecnomecánica del vehículo	Capacitación en manejo de cargas Distancias de seguridad en el manejo de cargas. Capacitación en Manejo defensivo Certificación aptitud psicométrica de conductores, Cumplimiento normas de tránsito.
	Aplastamiento Atrampamiento Machucos	A M		EPF/casco dieléctrico, botas dieléctricas, gafas de seguridad e inspecciones al equipo	Certificación en el manejo de equipos, gruas de fuerza formación personal en manejo de cargas
	Aplastamiento Atrampamiento	M M		EPP (Gafas, Casco de seguridad, botas con puntera, guantes de vaqueta) Cinturon de seguridad Inspección preoperacional del vehículo, Certificación tecnomecánica del vehículo	Capacitación en manejo de cargas Distancias de seguridad en el manejo de cargas. Capacitación en Manejo defensivo Certificación aptitud psicométrica de conductores, Cumplimiento normas de tránsito.
	Colisión, volcamiento	A		Inspección preoperacional del vehículo, Certificación tecnomecánica del vehículo	Capacitación en Manejo defensivo Certificación aptitud psicométrica de conductores, Cumplimiento normas de tránsito.



INSTALACION O CAMBIO DE RETENIDAS EN MEDIA TENSION	Machucos Caída a un nivel inferior	B M A		EPP (Guantes de camaza, botas de seguridad, gafas de protección UV ropa de dotación) Señalización	Capacitación en el uso de EPP dotación de los mismos por parte de la empresa Conocimiento del área de trabajo
	Caída de objetos Arco eléctrico	M A	Load boster Desenergización del circuito Candados	EPP (Casco con barbuquejo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2, Etiquetado	Procedimiento desenergización de circuitos Entrenamiento y socialización del procedimiento, Bloqueo y etiquetado Supervisión
	Caída de altura	A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TDA Includo Ayudante para TDA
	Caída de altura Caída de objetos Contacto con electricidad	A M A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad
	Caída de altura Caída de objetos Contacto con electricidad	M M A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad
	Caída de altura	A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TDA Includo Ayudante para TDA
	Caída de objetos Arco eléctrico	M A		EPP (Casco con barbuquejo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2	Entrenamiento energización de circuitos
INSTALACIÓN Y CAMBIO DE RETENIDAS EN BAJA TENSION	Machucos Caída a un nivel inferior	B M A		EPP (Guantes de camaza, botas de seguridad, gafas de protección UV ropa de dotación) Señalización	Capacitación en el uso de EPP dotación de los mismos por parte de la empresa Conocimiento del área de trabajo
	Caída de objetos Arco eléctrico	M A	Load boster Desenergización del circuito Candados	EPP (Casco con barbuquejo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2, Etiquetado	Procedimiento desenergización de circuitos Entrenamiento y socialización del procedimiento Supervisión, Bloqueo y etiquetado
	Caída de altura	A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TDA Includo Ayudante para TDA
	Contacto eléctrico Caída de altura Caída de objetos	A M A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergizar el circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento); Detector de ausencia de tensión	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad; Personal certificado para TDA Includo Ayudante para TDA
	Contaduras Machucos	M		EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes de camaza, botas dieléctricas)	Personal certificado para TDA Includo Ayudante para TDA
	Caída de altura Caída de objetos Contacto con electricidad	M M A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad
	Caída de altura	A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TDA Includo Ayudante para TDA
	Caída de objetos Arco eléctrico	M B		EPP (Casco con barbuquejo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2	Entrenamiento energización de circuitos
	Caída de objetos Arco eléctrico	M A	Load boster Desenergización del circuito Candados	EPP (Casco con barbuquejo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2, Etiquetado	Procedimiento desenergización de circuitos Entrenamiento y socialización del procedimiento Supervisión
	Caída de altura	A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TDA Includo Ayudante para TDA
MANTENIMIENTO Y CAMBIO DE BAJANTES DE TRANSFORMADORES	Caída de altura Caída de objetos Sobre esfuerzos	A M M	Sistemas de acceso grúa canasta Sistema mecánico (polea y manilla de servicio)	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes de vaqueta y dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Personal certificado para TDA Includo Ayudante para TDA
	Caída de altura Caída de objetos Contacto con electricidad	M M A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad
	Caída de altura	A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TDA Includo Ayudante para TDA
	Caída de objetos Arco eléctrico	M M		EPP (Casco con barbuquejo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2	Entrenamiento energización de circuitos
		B			
	Aplastamiento	M		EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes vaqueta, botas dieléctricas, guantes dieléctricos) Cinturon de seguridad	Entrenamiento, Procedimientos en manejo de cargas
	Colisión, volcamiento	M		Inspección preoperacional del vehículo, Certificación teconómica del vehículo	Capacitación en Manejo defensivo Certificación aptitud psicometrica de conductores, Cumplimiento normas de transito.
		B			
	Caída de objetos Arco eléctrico	M A	Load boster Desenergización del circuito Candados	EPP (Casco con barbuquejo), gafas, guantes vaqueta, botas dieléctricas, guantes dieléctricos) Etiquetado	Procedimiento desenergización de circuitos y Bloqueo y etiquetado Entrenamiento y socialización del procedimiento Supervisión
	Caída de altura	A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TDA Includo Ayudante para TDA
Caída de altura Caída de objetos Contacto eléctrico	M M A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad, personal certificado para TDA	
Machucos, golpes	M		EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas)	Personal capacitado y entrenado para operar transformadores; Montaje y Desmontaje	
Caída de altura Caída de objetos Aplastamiento	A M M	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes vaqueta, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Personal capacitado y entrenado para operar transformadores; Montaje y Desmontaje/ manejo de cargas y personal certfico en maquinaria pesada.	
Caída de altura Caída de objetos Aplastamiento	A M M	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Personal capacitado y entrenado para operar transformadores; Montaje y Desmontaje/ manejo de cargas y personal certfico en maquinaria pesada.	
Caída de altura Caída de objetos Golpes, machucos, heridas	A M M	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Personal capacitado y competente	
Caída de altura Caída de objetos Contacto con electricidad	M M A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad	
Caída de altura	A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TDA Includo Ayudante para TDA	
Caída de objetos Arco eléctrico	M A		EPP (Casco con barbuquejo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2	Personal capacitado y Entrenado en energización de circuitos e Instalación de fusibles	
Contacto con electricidad Caída de altura	M A	Sistemas de acceso grúa canasta	EPP (Casco con barbuquejo) Gafas protección UV Guantes dieléctricos clase 2 EPOC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Personal capacitado y competente para la actividad a realizar. Personal certificado para TDA Includo Ayudante para TDA	
Colisión, volcamiento	A		Cinturon de seguridad Inspección preoperacional del vehículo, Certificación teconómica del vehículo, Cinta reflectiva, conos, valas.	Capacitación en Manejo defensivo Certificación aptitud psicometrica de conductores, Cumplimiento normas de transito.	



CAMBIO DE TRANSFORMADOR CON APAREJO (Diferencial)	Caída de objetos Arco eléctrico	B	Load booster Desenergización del circuito Candado	EPP (Casco con barbuveo) Gafas protección UV, Guantes dieléctricos clase 2	Procedimiento desenergización de circuitos Capacitación y Entrenamiento Duplicación	
	Caída de altura	A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (grúa,escalera o pretales) EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Linea de vida, Tle off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento, eslinga en Y)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes. Personal certificado para TGA. Incluido Ayudante para TGA.	
	Electrocución, Arco Eléctrico	A	Desenergizar el circuito	EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes de vaqueta y dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Equipo puesta a tierra en BT y MT.	Procedimiento Seguro instalación equipos de puesta a tierra	
	Caída de altura Caída de objetos Sobre esfuerzos Electrocución	A M B A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergizar el circuito	EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes de vaqueta y dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Linea de vida, Tle off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento), polea, cuerda de servicio, eslinga en Y, soportes.	Personal certificado para TGA. Incluido Ayudante para TGA, Procedimiento Seguro desconexión de transformador.	
	Caída de altura Caída de Objetos Dobresfuerzos	A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera, pretales) EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Linea de vida, eslinga en Y, amés, conectores, eslinga de posicionamiento, soporte)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes. Personal certificado para Trabajo Seguro en Alturas incluido Ayudante para TGA. Procedimiento Seguro izaje de cargas.	
	Caída de alturas Caída de Objetos Electrocución, Arco eléctrico	A B A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergizar el circuito	EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes de vaqueta y dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Linea de vida, Tle off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento), polea, cuerda de servicio, eslinga en Y.	Personal certificado para TGA. Incluido Ayudante para TGA, Procedimiento Seguro conexión de transformador.	
	Caída de alturas Caída de Objetos Electrocución, Arco eléctrico	A B A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergizar el circuito	EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes de vaqueta y dieléctricos clase 0 y clase 2, botas dieléctricas) Equipo puesta a tierra en BT y MT.	Procedimiento Seguro desinstalación equipos de puesta a tierra	
	Caída de alturas	A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Linea de vida, Tle off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento, eslinga en Y)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes. Personal certificado para TGA. Incluido Ayudante para TGA.	
	Electrocución, Arco Eléctrico	A		EPP (Casco con barbuveo), gafas protección UV, guantes dieléctricos, clase 2, botas dieléctricas)	Procedimiento Seguro para normalización de circuitos.	
	CAMBIO DE PROTECCIONES	Caída de objetos Arco eléctrico	M A	Load booster Desenergización del circuito Candado	EPP (Casco con barbuveo) Gafas protección UV, Guantes dieléctricos clase 2 ., Botas de seguridad, Detector de tensión certificado, etiquetado.	Procedimiento desenergización de circuitos Entrenamiento y socialización del procedimiento Duplicación
Caída de altura		A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TGA. Incluido Ayudante para TGA.	
Contacto eléctrico		A	Desenergizar el circuito	EPP, Detector de ausencia de tensión		
Caída de altura Caída de objetos Contacto con electricidad		A M A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergización del circuito	Sistema de acceso (grúa con canasta, escalera o pretales) EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad	
Caída de altura Caída de objetos Sobre esfuerzos		A M M	Sistemas de acceso grúa canasta Sistema mecánico (polea y manilla de servicio)	Sistema de acceso (grúa con canasta, escalera o pretales) EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TGA. Incluido Ayudante para TGA.	
Caída de altura Caída de objetos Contacto con electricidad		A M A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergización del circuito	Sistema de acceso (grúa con canasta, escalera o pretales) EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes dieléctricos, guantes vaqueta, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad	
Caída de altura		A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (grúa con canasta, escalera o pretales) EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes dieléctricos, guantes vaqueta, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera o pretales. Certificado para TGA. Ayudante para TGA.	
Caída de objetos Arco eléctrico		M A		EPP (Casco con barbuveo) Gafas protección UV, Guantes dieléctricos clase 2 Botas de seguridad Detector de tensión certificado, etiquetado	Entrenamiento energización de circuitos	
Caída de objetos Arco eléctrico		M A	Load booster Desenergización del circuito Candado	EPP (Casco con barbuveo) Gafas protección UV, Guantes dieléctricos clase 2 Botas de seguridad Detector de tensión certificado, etiquetado	Entrenamiento desenergización de circuitos	
CAMBIO DE POSTE EN BAJA TENSION CON GRUA		Caída de altura Contacto eléctrico	A	Desenergizar el circuito, sistema de acceso grúa canasta	EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes dieléctricos clase 2, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento) Sistema de acceso (Pretales o escalera) Detector de ausencia de tensión	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera o pretales. Certificado para TGA. Ayudante para TGA. certificado
	Caída de altura Caída de objetos Contacto con electricidad	A M A	Sistemas de acceso (grúa de fuerza) Desenergización del circuito	EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes vaqueta, botas dieléctricas, guantes dieléctricos) EPOC (Tie off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento) Sistema de acceso (Pretales o escalera)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad	
	Caída de altura Caída de objetos Sobre esfuerzos	A M M	Sistemas de acceso (grúa canasta) Sistema mecánico (polea y manilla de servicio)	EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento) Sistema de acceso (Pretales o escalera)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera o pretales. Certificado para TGA. Ayudante para TGA.	
	maquillaciones, quemaduras por fricción Caída de altura Caída de objetos	M M A	Sistemas de acceso (grúa canasta)	EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes vaqueta, botas dieléctricas, guantes dieléctricos) EPOC (Tie off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento) Sistema de acceso (Pretales o escalera grúa con canasta)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera o pretales. Certificado para TGA. Ayudante para TGA.	
	Caída de altura	A	Sistemas de acceso (grúa canasta)	Sistema de acceso (grúa con canasta, escalera o pretales) EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes dieléctricos, guantes vaqueta, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera o pretales. Certificado para TGA. Ayudante para TGA.	
	Caída de altura Caída de objetos Contacto con electricidad	A M M	Desenergización del circuito Sistemas de acceso (grúa canasta)	EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes vaqueta, botas dieléctricas, guantes dieléctricos) EPOC (Tie off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento) Sistema de acceso (Pretales o escalera grúa con canasta)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad	
	Caída de objetos Arco eléctrico	M A		EPP (Casco con barbuveo) Gafas protección UV, Guantes dieléctricos clase 2	Entrenamiento energización de circuitos	
	APERTURA DE SECCIONAMIENTOS CON CARGA MAYOR A 75 KVA	Colisión, volcamiento	A		Cinturon de seguridad Inspección preoperacional del vehículo, Certificación biomecánica del vehículo	Capacitación en Manejo defensivo Certificación aptitud psicometrica de conductores, Cumplimiento normas de tránsito.
		Caída de altura	A	Sistema de acceso (grúa con canasta)	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TGA. Incluido Ayudante para TGA.
		Caída de objetos Arco eléctrico	M A	Load booster Desenergización del circuito	EPP (Casco con barbuveo) Gafas protección UV, Guantes dieléctricos clase 2 Detector de tensión certificado	Entrenamiento desenergización de circuitos
Caída de altura		A	Sistema de acceso (grúa con canasta)	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TGA. Incluido Ayudante para TGA.	
CAMBIO DE AISLAMIENTO EN MEDIA TENSION	Colisión, volcamiento	A		Cinturon de seguridad Inspección preoperacional del vehículo, Certificación biomecánica del vehículo	Capacitación en Manejo defensivo Certificación aptitud psicometrica de conductores, Cumplimiento normas de tránsito.	
	Caída de objetos Arco eléctrico	M A	Load booster Desenergización del circuito Candado	Casco con barbuveo, gafas UV, guantes dieléctricos clase 2, botas dieléctricas, Etiquetado.	Procedimiento desenergización de circuitos Entrenamiento y socialización del procedimiento Duplicación, Bloqueo y etiquetado	
	Caída de altura Caída de objetos	A A	Sistema de acceso grúa con canasta,	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TGA. Incluido Ayudante para TGA.	
	Contacto eléctrico	A	Desenergizar el circuito	EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes, botas dieléctricas), Detector de ausencia de tensión	Personal capacitado y competente para realizar la labor	
	Caída de altura Caída de objetos Contacto con electricidad	A M A	Sistema de acceso grúa con canasta, Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPOC (Tie off, amés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad	
	Caída de altura caída de objetos golpes, raspaduras	A M	Sistema de acceso grúa con canasta,	EPP (Casco con barbuveo), gafas, guantes, botas dieléctricas)	Personal capacitado y competente para realizar la labor	



TENDIDO Y TENSIONADO DE CONDUCTORES EN MEDIA TENSION	Caida de altura Caida de objetos Contacto con electricidad	M M A	Sistema de acceso grúa con canasta. Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, guantes vaqueta, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad
	Caida de altura	A	Sistema de acceso grúa con canasta,	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, guantes vaqueta, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera o pretales. Certificado para TSA. Ayudante para TSA
	Caida de objetos Arco eléctrico	M A	Desenergizar el circuito	EPP (Casco con barbuquejo) Gafas protección UV. Guantes dieléctricos clase 2	Entrenamiento energización de circuitos
	Caida de objetos Arco eléctrico	M A	Load boster Desenergización del circuito Candados	EPP (Casco con barbuquejo), gafas, guantes dieléctricos clase 2, botas dieléctricas, etiquetado, Ropa protección	Procedimiento desenergización de circuitos Entrenamiento y socialización del procedimiento ; Bloqueo y etiquetado Supervisión
	Caida de altura	A	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TSA. Incluido Ayudante para TSA.
	Contacto eléctrico	A	Desenergizar el circuito	EPP, Detector de ausencia de tensión	
	Caida de altura Caida de objetos Contacto con electricidad	M M A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad
	Caida de altura Caida de objetos Contacto con electricidad	M M A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad
	Caida de altura Caida de objetos	M M	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TSA. Incluido Ayudante para TSA.
	Caida de objetos Arco eléctrico	M A B		EPP (Casco con barbuquejo) Gafas protección UV. Guantes dieléctricos clase 2	Entrenamiento energización de circuitos
Mantenimiento de Redes en BT con línea energizada menor a 1.000 V	Arco eléctrico	M A	Desenergización del circuito Candado	EPP (Casco con barbuquejo) Gafas protección UV. Guantes dieléctricos clase 0 Botas de seguridad Detector de tensión certificado, etiquetado	Entrenamiento desenergización de circuitos
	Caida de altura Contacto eléctrico	M A	Sistema de acceso (grúa canasta)	EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos clase 0, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento) Sistema de acceso (Pretales o escalera) Detector de ausencia de tensión	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera o pretales. Certificado para TSA. Ayudante para TSA certificado
	Caida de altura Caida de objetos Contacto con electricidad	M M A	Sistemas de acceso (grúa de fuerza) Desenergización del circuito	EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes vaqueta, botas dieléctricas, guantes dieléctricos) EPCC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento) Sistema de acceso (Pretales o escalera)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera o pretales. Certificado para TSA. Ayudante para TSA.
	Caida de altura Contacto eléctrico	M A	Sistema de acceso (grúa canasta)	EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos clase 0, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento) Sistema de acceso (Pretales o escalera) Detector de ausencia de tensión	Procedimiento para ascenso y descenso de postes en escalera o pretales. Certificado para TSA. Ayudante para TSA certificado
	Caida de objetos Arco eléctrico	M A	Load boster Desenergización del circuito Candados	EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos clase 2, botas dieléctricas, etiquetado)	Procedimiento desenergización de circuitos Entrenamiento y socialización del procedimiento Supervisión
Mantenimiento de Red Tranzita en RT	Caida de altura Caida de objetos Contacto con electricidad	M M A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TSA. Incluido Ayudante para TSA.
	Caida de altura Caida de objetos Contacto con electricidad	M M A	Sistemas de acceso grúa canasta Desenergización del circuito	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes dieléctricos, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para instalación de equipo de puesta a tierra temporal, distancias de seguridad
	Caida de altura Caida de objetos	M M	Sistemas de acceso grúa canasta	Sistema de acceso (escalera o pretales) EPP (Casco con barbuquejo, gafas, guantes, botas dieléctricas) EPCC (Tie off, arnés, conectores, eslinga de posicionamiento)	Procedimiento para ascenso y descenso de postes con grúa, escalera o pretales. Personal certificado para TSA. Incluido Ayudante para TSA.
	Caida de objetos Arco eléctrico	M A B		EPP (Casco con barbuquejo) Gafas protección UV. Guantes dieléctricos clase 2	Entrenamiento energización de circuitos
	Colisión, volcamiento	A		Cinturon de seguridad Inspección preoperacional del vehículo, Certificación técnica del vehículo, Planeamiento diario de la seguridad	Capacitación en Manejo defensivo Certificación aptitud psicométrica de conductores, Cumplimiento normas de tránsito, Observador
TALA DE ARBOLES	Golpes atrapamiento Cortaduras Dobresfuerzos, posiciones Incomodas Ruido	M M M M B	Freno de cadena Aparatos y cuerdas	Casco de seguridad, Protector auditivo, protector de pierns, botas de seguridad. Cinta, conos, avisos Preoperacional motosierra, inspección motosierra, inspección área de trabajo, observaciones de seguridad	Procedimiento uso seguro de motosierra, Procedimiento de poda Entrenamiento y socialización del procedimientos Capacitación manejo de cargas, sobreesfuerzos, higiene postural Supervisión
	Golpes atrapamiento Cortaduras	M M A	Freno de cadena Aparatos y cuerdas	Casco de seguridad, Protector auditivo, protector de pierns, botas de seguridad. Cinta, conos, avisos Preoperacional motosierra, inspección motosierra, observaciones de trabajo, planeamiento de seguridad	Procedimiento uso seguro de motosierra Entrenamiento y socialización del procedimiento, Capacitación manejo de cargas, sobreesfuerzos, higiene postural Supervisión
	Golpes atrapamiento Cortaduras Dobresfuerzos,	M M M	Freno de Cadena Aparatos y cuerdas	Casco de seguridad, Protector auditivo, protector de pierns, botas de seguridad. Cinta, conos, avisos Preoperacional motosierra, inspección motosierra, observaciones de trabajo, planeamiento de seguridad	Procedimiento uso seguro de motosierra Entrenamiento y socialización del procedimiento, Capacitación manejo de cargas, sobreesfuerzos, higiene postural Supervisión
USO SEGURO DE MOTOSIERRA	Colisión, volcamiento	A		Cinturon de seguridad Inspección preoperacional del vehículo, Certificación técnica del vehículo, Planeamiento diario de la seguridad	Capacitación en Manejo defensivo Certificación aptitud psicométrica de conductores, Cumplimiento normas de tránsito, Observador
	Cortes Golpes Atrapamiento Daño musculoesquelético	M M M A	Freno de cadena	Casco de seguridad, Protector auditivo, protector de pierns, botas de seguridad. Cinta, conos, avisos Preoperacional motosierra, inspección motosierra, observaciones de trabajo, planeamiento de seguridad	Procedimiento uso seguro de motosierra Entrenamiento y socialización del procedimiento, Capacitación manejo de cargas, sobreesfuerzos, higiene postural Supervisión



9.3 CALCULO ECONOMICO DE CONDUCTORES

INSTALACION DE UNA SUBESTACION DE 15 KVA	
Precio de energía activa :	Col\$ 480
Aumento anual de costo de energía, sin incluir efectos de inflación :	3 %
Precio de la variación anual de la demanda :	Col\$ 0 / W-año
Tasa de capitalización :	16 %
Vida económica de la instalación :	20 Años
Emisiones de CO ₂ en el momento de la generación por unidad de energía eléctrica :	0,149 kg-CO ₂ /kWh
Emisiones de CO ₂ en el momento de la producción del cobre por kilo de cobre :	4,09 kg-CO ₂ /kg-Cu
Condiciones	
Descripción : ACOMETIDA PRINCIPAL	
Tensión nominal :	380 V
Tipo de circuito :	Fase-fase-fase
Tipo de cable :	0,6/1 kV – tripolar
Sección técnica :	4 AWG/kCmil
Longitud :	15 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año :	150 A
Tasa de aumento anual de carga :	1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado :	90 °C
Temperatura ambiente media :	40 °C
Número de horas de operación de circuito :	24
Número de días por año de operación de circuito :	365
Costo del cable :	Col\$ 500,62 / m-mm ²



Descripción : ACOMETIDA PARCIAL A T-N
Tensión nominal : 380 V
Tipo de circuito : Fase-fase-fase
Tipo de cable : 0,6/1 kV – tripolar
Sección técnica : 4 AWG/kCmil
Longitud : 30 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 150 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 90 °C
Temperatura ambiente media : 40 °C
Número de horas de operación de circuito : 24
Número de días por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col\$ 500,62 / m-mm2

Descripción : CIRCUITOS PARCIALES TOMAS E ILUMINACION MONOFASICA
Tensión nominal : 117 V
Tipo de circuito : Fase-neutro
Tipo de cable : 450/750 V - unipolar
Sección técnica : 12 AWG/kCmil
Longitud : 300 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 150 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 90 °C
Temperatura ambiente media : 40 °C
Número de horas de operación de circuito : 24
Número de días por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col\$ 500,62 / m-mm2

Descripción : CIRCUITO PARCIAL ILUMINACION BIFASICA
Tensión nominal : 220 V
Tipo de circuito : Fase-fase
Tipo de cable : 450/750 V - unipolar
Sección técnica : 10 AWG/kCmil
Longitud : 700 m
Corriente de proyecto máxima prevista para el primer año : 150 A
Tasa de aumento anual de carga : 1 %
Temperatura máxima nominal para el tipo de cable considerado : 90 °C
Temperatura ambiente media : 40 °C
Número de horas de operación de circuito : 24
Número de días por año de operación de circuito : 365
Costo del cable : Col\$ 500,62 / m-mm2



Cálculo												
	Sección Técnica (STEC)				Sección Económica y Ambiental (SEAC)							
Circuito	Sección nominal (AWG/ kCmil)	CI (\$)	CJ (\$)	CT (\$)	Sección nominal (AWG/ kCmil)	CI (\$)	CJ (\$)	CT (\$)	Ahorro de inversión (\$)	Tiempo de retorno de inversión (años)	Ahorro de energía (kWh)	Ganancia ambiental (reducción de CO2) (kg -CO2)
ACOMETIDA PRINCIPAL	4	381.780	36.387.617	36.769.397	750	2.789.850	2.025.258	4.815.108	31.954.289	1	71.588	26.420
ACOMETIDA PARCIAL A T-N	4	763.560	72.775.234	73.538.794	750	5.579.700	4.050.516	9.630.216	63.908.577	1	143.176	52.840
CIRCUITOS PARCIALES TOMAS E ILUMINACION MONOFASICA	12	8.224.800	3.100.093.036	3.108.317.836	500	80.574.000	40.494.507	121.068.507	2.987.249.329	0	6.374.164	2.403.320
CIRCUITO PARCIAL LUMINACION BIFASICA	10	20.241.200	4.551.911.004	4.572.152.204	500	188.006.000	94.487.182	282.493.182	4.289.659.022	1	9.286.300	3.496.367
		29.611.340	7.761.166.890	7.790.778.230		276.949.550	141.057.463	418.007.013	7.372.771.217	1	15.875.228	5.978.946



PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL PARA RIESGOS ELECTRICOS



RECUERDE

Su seguridad depende del buen estado de sus equipos:

De trabajo: Ropa de trabajo, ropa de lluvia, herramientas aisladas y los equipos de medición.

De seguridad: Escalera portátil, cinturón de seguridad, protector facial, sogas, pértigas, cadenas de puestas a tierra, guantes dieléctricos, cobertores y alfombras aislantes.

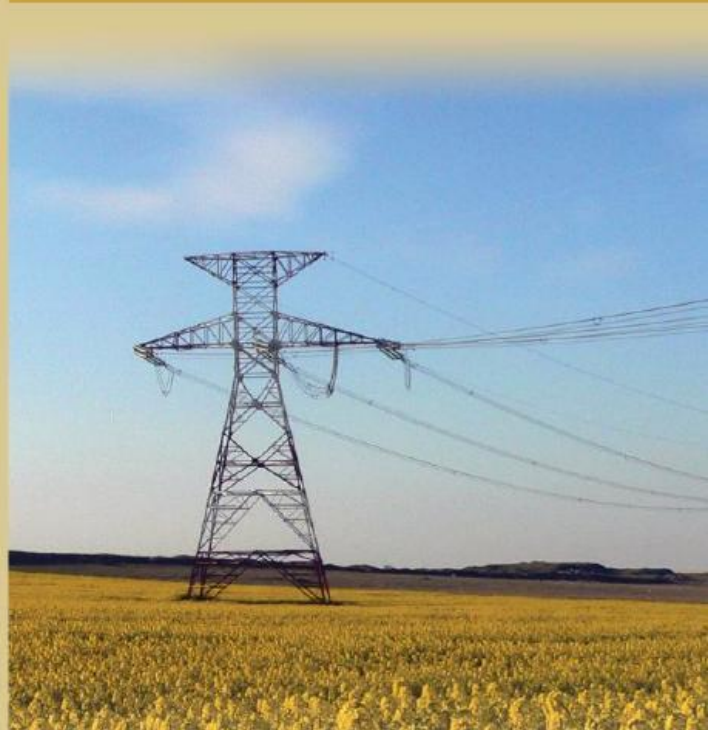
Equipos complementarios: Vehículo, botiquín, extintor portátil, equipo de comunicaciones.

De la capacidad de analizar cada situación de trabajo que se presente, contemplando todas y cada una de las variables que puedan surgir:

- Nivel de tensión de la instalación.
- Tipo de instalaciones: celdas a nivel, en altura, en centros urbanos o ciudades o trabajos en instalaciones subterráneas, teniendo en cuenta que a partir de fosas de un metro de profundidad deberán estar entibadas.
- Condiciones climáticas desfavorables por lluvia o tormenta.
- Subir a postes teniendo que sortear cables de otros servicios (cctv).

PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ELECTRICIDAD

MATERIAL DE CAPACITACIÓN





LAS 5 REGLAS DE ORO

1° Regla de oro

Corte efectivo de todas las fuentes de energía.

Con el fin de aislar todas las fuentes de tensión que puedan alimentar la instalación en la que se operará, debe efectuarse la apertura de los circuitos en cada uno de los conductores incluyendo al neutro.

2° Regla de oro

Bloqueo y enclavamiento de los aparatos de corte.

Se bloquearán y/o enclavarán los equipos de corte en posición de apertura o cierre según la naturaleza del trabajo a realizar, colocando a su vez una señalización de prohibición de maniobras.

- Bloqueos.
- Trabas.
- Señalización "No Maniobrar".
- Zona protegida.

3° Regla de oro

Verificación de ausencia de tensión.

Mediante aparatos adecuados al rango de operación y en la secuencia de operación que se detalla, deberá comprobarse la ausencia de tensión en cada una de las fases incluyendo el neutro de la instalación en la que se desarrollarán los trabajos.

Secuencia de comprobación:

A) Una vez abierto el circuito, se comprobará la ausencia de tensión.

B) Luego se accederá a un punto de la instalación con presencia de tensión para corroborar el correcto funcionamiento del detector de tensión.

C) Comprobado el correcto funcionamiento del detector de tensión, se repetirá el punto A.

Toda instalación será considerada con tensión hasta tanto no se verifique la ausencia de tensión (siempre aplicando la secuencia de comprobación).

4° Regla de oro

Puesta a tierra y en cortocircuito.

Esta operación consiste en conectar todas las fases de la instalación a tierra, mediante un equipo de morcetos y conductores de sección adecuada, en el mismo lugar donde se ha comprobado la ausencia de tensión.

En el caso de instalaciones de media tensión se colocarán, siempre con pértigas aislantes, siendo la primera conexión ajustada a la toma de tierra y luego las tres restantes, una por cada fase.

5° Regla de oro

Señalización de la zona de trabajo.

Señalizar la zona de trabajo con elementos adecuados, dicha zona será aceptada como zona segura de trabajo, permitiéndonos además distinguirla de otras zonas colindantes que estén con tensión.



INTRODUCCIÓN

Toda actividad humana conlleva riesgos de distinto grado, que comprometen la salud de los trabajadores. La actividad de distribución eléctrica no escapa a esta realidad. El objetivo de este tríptico es informar de manera sencilla a los trabajadores de dicha actividad, sobre los riesgos presentes durante el desarrollo de sus tareas habituales y la forma en que se los puede prevenir.

TRABAJOS CON RIESGO ELÉCTRICO

El realizar tareas de manipulación de energía eléctrica implica estar expuesto en forma casi permanente a una energía peligrosa, cuya presencia sólo es percibida por instrumentos técnicos y no por nuestros sentidos. Esa falta de percepción nos lleva equivocadamente a generar un acostumbramiento de seguridad y dada esta habitualidad, nos relajamos respecto de las medidas de seguridad y control, simplificando pasos de un proceso, que posiblemente culminará en un accidente grave.

RIESGO ELÉCTRICO

Es todo aquel riesgo originado al sufrir el paso de una corriente eléctrica por el cuerpo humano pudiendo producir quemaduras graves y muerte por asfixia o paro cardíaco.



NIVELES DE TENSIÓN

Para tener en cuenta las medidas de prevención a tomar, debemos conocer los distintos niveles de tensión que existen:

DENOMINACIÓN	RANGO DE TENSIÓN	DISTANCIA DE SEGURIDAD
Muy Baja Tensión (MBT)	Hasta 50 Voltios	Ninguna
Baja Tensión (BT)	De 50 V y hasta 1.000 V	0,80 m
Media Tensión (MT)	De 1.000 V y hasta 33.000 V	0,80 m
Alta Tensión (AT)	De 33 KV y hasta 220 KV	0,90 m - 2,10 m
Muy Alta Tensión (MAT)	De 220 KV y hasta 500 KV	2,20 m - 3,60 m

En ambientes secos y húmedos se considerará como tensión de seguridad hasta 24 Voltios respecto de tierra.

METODOLOGÍAS DE TRABAJOS ELÉCTRICOS CON TENSIÓN

Trabajo en contacto: Este método es utilizado en instalaciones de BT y MT. Consiste en aislar al trabajador de los puntos con tensión y de tierra, por medio de elementos de protección personal (guantes, mangas, pecheras y alfombras aislantes) y herramientas aisladas.

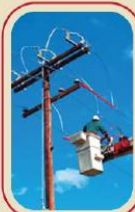
Trabajo a distancia: Consiste en la aplicación de técnicas destinadas a alejar al trabajador de los puntos con tensión (MT), utilizando para tal fin equipos adecuadamente diseñados y fabricados con materiales de alta rigidez mecánica y dieléctrica (cobertores, capuchones y pértigas).

Trabajo a potencial: Este método consiste en aislar al trabajador con respecto del potencial de tierra y conectarlo al mismo potencial del conductor energizado. Esta modalidad es utilizada para tareas de mantenimiento en líneas de transmisión de más de 33 KV (AT).

BAJA TENSIÓN



MEDIA TENSIÓN



ALTA TENSIÓN



OTROS RIESGOS DE LA ACTIVIDAD

- Trabajos en altura**
- Antes de comenzar a trabajar en altura debemos verificar el estado de los equipos de ascenso (trepador, cinturón y escalera extensible).
 - Una vez verificados, no comience el ascenso sin tener correctamente colocado el cinturón de seguridad.
 - Observe si existen interferencias con líneas aéreas de otros servicios u otro tipo de obstáculo como ramas o nidos de aves.

Precauciones antes de subir a un poste

- Inspeccionar visualmente el poste.
- Si se sospecha que está podrido interiormente se deberá proceder de la siguiente manera:
 - 1-Despejar unos 20 cm. de profundidad y clavar un destornillador u otra herramienta punzante en su base, ver si este penetra con facilidad, delatando así el mal estado de conservación.
 - 2-Golpear el poste con una maza, desde la base hacia arriba hasta una altura de 2 metros, para ver si se escucha un sonido sólido por sano o hueco por podrido.
 - 3-Hacer oscilar al poste transversalmente respecto de la línea que soporta; en caso de percibir un leve crujido, delatará su mal estado.



ESCALERAS DE MANO

- Las escaleras deberán ser construidas con materiales no conductores; pueden ser de madera, debiendo estar en perfecto estado de conservación, no serán pintadas.
- Pueden ser fabricadas en material de fibra plástica dieléctrica.
- Utilizarlas de manera segura. Si vamos a acceder a una pared o techo, la misma deberá superar un metro esa altura, nunca se deberán utilizar los tres últimos peldaños.
- En su parte inferior, deberá contar con zapatas antideslizantes para que no resbale ni bascule.
- Para que sea más eficiente y segura, en su diseño deberá contar con un dispositivo de apoyo para postes y un sujetador en su parte superior para fijarse allí.



TRANSMISION

Artículo 44. Trabajos en líneas de transmisión. En toda labor de intervención en líneas de transmisión se debe cumplir el diagnóstico, planeación y ejecución contemplados en el presente reglamento y seguir los siguientes procedimientos:

- a) Programar la actividad a desarrollar identificando los puntos de seccionamiento de la línea y cruces con otros circuitos.
- b) Preparar los materiales, equipos, herramientas y elementos de seguridad, verificando su capacidad y buen estado.

Para las labores de revisión, mantenimiento o construcción de líneas de transmisión, cada empresa se hará responsable de la seguridad de cada uno de sus trabajadores tomando las medidas necesarias por riesgo de orden público.

Cada empresa debe establecer guías y manuales de procedimientos seguros para cada actividad que se realice en las líneas de transmisión. Allí se indicarán los pasos a seguir en cada actividad, los materiales a emplear, los equipos, herramientas, los factores de riesgo identificados, los elementos de seguridad y protección personal que deben utilizarse, y las normas de seguridad que se deben cumplir.

Estos documentos estarán disponibles para la consulta y deben ser divulgados (entregados) a todos sus trabajadores quienes firmarán el respectivo documento de recibo.

Los procedimientos de seguridad establecidos en las guías y manuales deben ser concordantes con la tecnología y mejor práctica de mantenimiento que disponga la empresa, para que de esta forma garanticen la calidad de la ejecución, la seguridad y salud ocupacional de los ejecutores, y la preservación del medio ambiente incluyendo las acciones necesarias para preservar la vida de las personas de la comunidad que pudieran resultar afectadas con los trabajos.

Cuando se requiera aplicar cargas mecánicas a la estructura o estructuras debe hacerse un análisis y determinar las cargas máximas que pueden ser aplicadas y en qué condiciones, para evitar fallas que pueden lesionar o poner en peligro la vida de los ejecutores. Se tendrá en cuenta los árboles de carga y los límites de tensión máxima de los conductores y herrajes de los conjuntos de tracción.

TRABAJOS SIN TENSION

Artículo 45. Medidas de prevención en trabajos sin tensión. Toda intervención sin tensión en las líneas de transmisión se debe efectuar sólo después de aplicar las cinco reglas de oro indicadas en el presente reglamento, con las siguientes consideraciones particulares:

- a) Desconexión.
- b) Bloqueo o condena, enclavamiento y señalización de los equipos de corte.
- c) Verificación de la ausencia de tensión.
- d) Puesta a tierra y en cortocircuito.

Artículo 46. Desconexión. De acuerdo a la magnitud de los trabajos, condiciones operativas del sistema y siempre que sea posible, debe efectuarse corte visible mediante la apertura de los puentes de conexión de las líneas de transmisión, en las estructuras de retención adyacentes al sitio de los trabajos, para permitir aislarlos de



los tramos energizados de líneas que pueden funcionar como condensadores para el sistema.

Al manipular los puentes, siempre deben estar puestos a tierra hasta tanto no sean asegurados y aterrizados en forma definitiva.

En los sitios de trabajo donde no es posible verificar físicamente el corte visible, el jefe de trabajos debe validar y confirmar mediante comunicación directa con el responsable de ejecutar las maniobras de operación, que la línea de transmisión está desenergizada y aterrizada en los seccionadores de línea en cada una de las subestaciones que interconecta.

En líneas de doble circuito, donde uno de los circuitos es intervenido con línea desenergizada, el otro circuito debe consignarse con riesgo de disparo y recierres desconectados, de tal forma que en caso de falla o desconexión no prevista, no se restituya el servicio hasta no confirmar con el jefe de trabajos en sitio, si la apertura fue debido a alguna maniobra o accidente generado por los trabajos ejecutados.

Artículo 47. Bloqueo o condena, enclavamiento y señalización de los equipos de corte. En los equipos de cada subestación donde se hace el corte visible para los circuitos de líneas de transmisión, deben ser bloqueados y/o enclavados eléctrica o mecánicamente, mediante los dispositivos propios del equipo y recomendados por el fabricante o en su defecto, por mecanismos o dispositivos que se diseñen y prueben su efectividad para tal efecto. Estos mecanismos y dispositivos deben impedir que el equipo de corte se accione de manera accidental.

Para garantizar que sólo la persona autorizada opere el equipo de corte, el mecanismo de bloqueo debe permitir la instalación de un candado y la llave la portará o dispondrá de manera segura el responsable de la operación del equipo, y solo podrá retirarlo, con orden expresa del jefe de trabajos en campo.

La señalización e identificación de no opera el equipo que contiene la información básica de los trabajos, no debe ser removida o retirada hasta que el jefe de trabajos así lo autorice.

Artículo 48. Verificación de la ausencia de tensión. Por ningún motivo se asumirá que una línea de transmisión está desenergizada, mediante percepciones individuales de ausencia de ruido audible o efecto visual por efecto corona, eliminación de radiointerferencia en receptores de radio, efecto de campo eléctrico sobre la piel, o cualquier otra percepción que no sea verificable por medidas físicas y equipos adecuados.

Para mejorar la confiabilidad de las medidas de ausencia de tensión en líneas de transmisión, el equipo de medida debe tener un dispositivo autónomo que verifique el correcto funcionamiento del equipo de medida, o en su defecto, el personal de campo debe portar un dispositivo comprobador de correcta operación del equipo.

Artículo 49. Puesta a tierra y en cortocircuito. Las puestas a tierra en líneas de transmisión deben ser instaladas en cada una de las estructuras adyacentes y lo más



cerca posible del sitio donde se van a realizar los trabajos, mediante un puente de puesta a tierra individual por fase donde la conexión a tierra puede hacerse sobre la estructura metálica si procede, o bajante a tierra que esté unido al sistema de puesta a tierra de la estructura.

- a) Los juegos de puesta a tierra de cable y conectores deben cumplir con las especificaciones de máxima corriente de falla prevista para la línea de transmisión en el sitio de trabajo, según lo especificado en los requisitos mínimos para equipos de puesta a tierra, y deben contar con un sistema de señalización que sean claramente identificadas por los integrantes del grupo de trabajo que están en la parte superior de la estructura y desde tierra.
- b) En el caso de ejecutarse trabajos en una línea de transmisión de doble o más circuitos, en la cual se interviene un circuito desenergizado paralelo a otro energizado, debe instalarse en forma adicional una puesta a tierra de protección individual en el sitio de trabajo específico donde se encuentre el ejecutor, para que absorba las tensiones inducidas del otro circuito energizado que pueden afectarlo.
- c) Al retirar los puentes de puesta a tierra, deben iniciarse por los instalados en el sitio de trabajo y posteriormente los de las estructuras adyacentes, teniendo en cuenta retirar primero la grapa instalada en el conductor de fase y luego la de la estructura, evitando siempre hacer puente entre la fase desconectada y la puesta a tierra, para que el cuerpo del ejecutor no sea el camino de corriente de la puesta a tierra.
- d) Una vez retirados los puentes de puesta a tierra debe verificarse que la cantidad es igual a los instalados y cerciorarse que ninguna otra continúa instalada. En el caso que se hayan manipulado conductores de fase o reinstalado puentes en estructuras de retención debe hacerse una verificación de cumplimiento de las distancias de seguridad fase – tierra y entre fases.
- e) Además de seguir los procedimientos generales para instalación correcta de puesta a tierra dadas en el artículo condiciones generales, el ejecutor debe asegurar el máximo contacto entre el conector de tierra y la estructura, cable de guarda o bajante a tierra, para lo cual se debe retirar los contaminantes tales como pinturas, corrosión, hongos, entre otros, mediante herramientas abrasivas que cumplan este objetivo.
- f) Al ordenar la energización de la línea, se debe mantener una distancia prudente a la estructura en prevención de falla a tierra o variaciones de las tensiones de contacto y/o de paso.

TRABAJOS CON TENSION



Artículo 50. Habilitación y plan de trabajo. Los trabajos en tensión deben ser realizados por trabajadores con habilitación vigente, con plan de trabajo previamente aprobado que describa las actividades paso a paso con las medidas de seguridad necesarias, y con la debida autorización de acuerdo con el procedimiento definido por cada empresa. Se dispondrá siempre de un plan de emergencia y de personas responsables para la atención de primeros auxilios.

Antes de todo trabajo el personal ejecutor debe efectuar una reunión previa y realizar una inspección visual para verificar el estado de las instalaciones, los materiales y herramientas colectivas destinadas a la ejecución del mismo. Verificar visualmente que no existan descargas parciales, en el aislamiento del equipo a intervenir.

Para toda intervención de los equipos, de forma previa debe hacerse coordinación con el personal de protecciones, control y operación de la red para verificar la seguridad operativa del sistema durante las maniobras y establecer los planes de emergencia operativos.

Artículo 51. Medidas preventivas. Para realizar trabajos con tensión en transmisión se debe utilizar solamente las herramientas y equipos diseñados y aprobados para el uso específico y tener especial cuidado en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

a) Realizar pruebas de rutina periódicamente para los equipos de trabajo con tensión de acuerdo a los procedimientos normalizados de nivel nacional o internacional.

Las herramientas que presenten valores de prueba fuera de los aceptados deben ser marcadas y retiradas de uso.

b) Conocer la carga máxima mecánica a la tensión, a la flexión y torsión que soportan cada una de las herramientas que se utilicen de acuerdo con las fichas técnicas y nunca sobrepasar esta carga.

c) Transportar las herramientas evitando someterlas a cizalladuras o roturas y cubrirlas con lonas u otro material de protección contra golpes y humedad.

d) Colocar siempre las herramientas sobre una lona impermeable, nunca directamente en el suelo o sobre elementos cortantes.

e) Para ejecutar trabajos en equipos energizados, debe contarse previamente con la consignación, teniendo bloqueados los recierres en los extremos de alimentación de los circuitos a intervenir y de los que cruzan por debajo del vano o vanos intervenidos.

f) El responsable de la operación de la subestación, informará al jefe de trabajo sobre cualquier evento que ocurra en la subestación, para que el jefe de trabajo tome las decisiones pertinentes.

g) Durante la ejecución de los trabajos, no disminuir las distancias de seguridad de acuerdo al voltaje nominal fase-fase y el factor de corrección por altitud. En caso de tener duda de la distancia mínima, utilizar las pértigas aislantes para asegurar que se cumple con la distancia mínima.

h) Para trasladar herramientas o materiales entre la estructura y el suelo debe usarse siempre una cuerda de servicio y polea de maniobra dieléctricas.

i) Los tableros y equipos de patio que hacen parte del circuito a intervenir, deben identificarse y señalizarse con un rotulo de “No Operar”.

TRABAJOS EN ALTURAS CON CARGAS Y EN CONDICIONES ESPECIALES



Artículo 52. Trabajo con manipulación de cargas en alturas. En trabajos con manipulación de cargas en alturas se debe observar:

- a) Para toda carga que requiera estar suspendida y sometida a tracción mecánica debe conocerse su peso y volumen, con el objetivo de determinar los equipos y herramientas para su manipulación.**
- b) Todos los equipos utilizados para manipular una carga deben tener un factor de seguridad de por lo menos 2.5 veces el peso de la carga suspendida. Al momento de utilizarlos se debe hacer una inspección con el fin de verificar su estado y condición operativa.**
- c) Para pasar herramienta o materiales entre diferentes niveles, siempre debe utilizarse recipientes sujetos a la estructura para evitar la caída de este y el material que contenga.**
- d) Los elementos que son utilizados para la manipulación de cargas, deben ser independientes de los elementos utilizados para la protección de caída de alturas de las personas.**

Artículo 53. Trabajos sobre conductores eléctricos aéreos. En trabajos sobre conductores eléctricos aéreos se debe observar:

- a) En la planeación de los trabajos de montaje y reparación de conductores aéreos se debe tener en cuenta las características técnicas del conductor a intervenir, las cargas a las cuales está sometido cada conductor, la capacidad de carga y nivel de seguridad del tipo de estructura a intervenir al igual que las adyacentes.**
- b) Siempre que sea posible, debe tenerse como primera opción, la posibilidad de ejecutar el trabajo en línea desenergizada y con los conductores en el piso. En caso contrario, debe elaborarse un procedimiento que incluya el análisis de estabilidad mecánica de la estructura y los conductores que serán sometidos a cargas y que proteja contra caídas a los ejecutores.**
- c) Se debe planear con la debida anticipación y se deben establecer los procedimientos para el ascenso, descenso y desplazamiento sobre el conductor o conductores y estructuras, al igual que el esquema de protección con línea de vida para los ejecutores buscando puntos de anclaje diferentes al conductor intervenido, y la selección detallada de los equipos y dispositivos necesarios, así como los criterios y procedimientos para cada etapa del trabajo, las condiciones para un eventual rescate de algún ejecutor.**

Artículo 54. Trabajo en condiciones especiales. Las empresas deben disponer de un procedimiento normalizado para la atención de emergencias donde expliquen los aspectos técnicos, se identifiquen los riesgos y las medidas de prevención y protección para las personas y el medio ambiente.

Para los sitios de trabajo donde se han presentado atentados terroristas y se presume existencia de minas antipersona, debe solicitarse a la fuerza pública, que luego de hacer la revisión protocolaria, entregue la zona de trabajo delimitada e imparta las indicaciones para prevenir cualquier accidente con explosivos.

Artículo 55. Recubrimiento de protección y pintura de estructuras. Los trabajadores que ejecuten actividades de pintura o recubrimiento de estructuras y equipos, deben



protegerse con elementos de protección personal acordes con los riesgos generados por los componentes químicos de las pinturas, solventes y anticorrosivos utilizados. Se tendrá disponible en el sitio de trabajo la ficha técnica de seguridad para atención de accidentes de trabajo y posibles derrames. Estas fichas harán parte del plan de emergencia de esta actividad.

Artículo 56. Ejecución de obras civiles y de protección en sitios de torre. Para los trabajos de obras civiles y obras de protección de estructuras en líneas de transmisión, se debe proceder de acuerdo con lo estipulado en las normas vigentes de seguridad para la ejecución de obras de construcción civil y vigilar el cumplimiento de lo estipulado en la legislación vigente en materia de gestión ambiental en cuanto al uso y aprovechamiento de los recursos naturales.



Manual del usuario

OPERACION Y
MANTENIMIENTO
DE TRANSFORMADORES
DE PEQUEÑA POTENCIA



Asea Brown Boveri Ltda

Colombia





INDICE

	Página
1 Introducción	3
2 Mantenimiento e inspección de líneas y barrajes	3
3 Programa de mantenimiento preventivo	3
4 Periodicidad de las inspecciones	4
5 Normas de mantenimiento del aceite aislante	5
6 Mantenimiento e inspección de los bujes	5
7 Mantenimiento e inspección del equipo de refrigeración	6
8 Mantenimiento e inspección de los termómetros	6
9 Mantenimiento e inspección del nivel de aceite	7
10 Mantenimiento e inspección de los relés de protección	7
11 Mantenimiento e inspección de la válvula de sobrepresión	8
12 Mantenimiento e inspección de los respiradores de sílica gel	8
13 Mantenimiento e inspección de las empaquetaduras	8
14 Cómo detectar una fuga?	9
15 Fallas y contramedidas	9

Asea Brown Boveri Ltda
Colombia

2





1 INTRODUCCION

El transformador requiere menor cuidado comparado con otros equipos eléctricos. El grado de mantenimiento e inspección necesarios para su operación depende de su capacidad, de la importancia dentro del sistema eléctrico, del lugar de instalación dentro del sistema, de las condiciones climatológicas, del ambiente y en general, de las condiciones de operación.

En esta parte del manual se suministran las instrucciones de operación y mantenimiento. Nuestra intención es prestar la asistencia necesaria al personal de mantenimiento para facilitarle una inspección

periódica del transformador e indicarle los pasos que se deben seguir para efectuar un examen más detallado de la parte activa en caso de que se requiera.

ATENCIÓN:

Si éste va a ser el transformador de repuesto (en Stand-by) deberá conservarse siempre en las mejores condiciones. Por lo tanto, su mantenimiento debe ser igual al del transformador en servicio teniendo especial cuidado en vigilar el estado de su aceite.

2 MANTENIMIENTO E INSPECCION DE LINEAS Y BARRAJES

El mantenimiento y la inspección conllevan un trabajo peligroso; de ahí que deba hacerse de antemano un programa, poniendo especial atención en la seguridad de las vidas humanas y del equipo.

Cuando se trabaja con barrajes, líneas, terminales, etc., el trabajo debe iniciarse sólo después de haber

confirmado que éstas partes están desenergizadas, verificando para ello que los interruptores están en posición de abierto, lo cual se debe comprobar con un detector para circuitos. La omisión de estas verificaciones, pensando erróneamente que los circuitos no tienen voltaje, puede causar graves accidentes.

3 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Anote las lecturas de los medidores que están generalmente instalados, ya que son de mucha utilidad. Cuando las lecturas sean muy diferentes de las obtenidas en condiciones normales, es necesario realizar una cuidadosa verificación.

Además de lo anterior, se debe prestar atención a los fenómenos anormales tales como ruido, cambio de color o de olores, que pueden detectarse a través de los sentidos.

1. Temperatura del transformador.

La temperatura del transformador está directamente relacionada con la duración de los materiales de aislamiento, por lo que es necesario prestarle atención.

En el caso de transformadores construidos de acuerdo con normas ANSI, la temperatura máxima permitida para el aceite es de 90 grados C y la temperatura máxima del punto más caliente de 110 grados C.

2. Inspección del volumen de aceite.

El volumen del aceite tiene siempre que ser verificado desde el punto de vista del aislamiento y de la refrigeración.

Cuando el nivel de aceite fluctúe notoriamente en relación con la temperatura, se debe detectar la causa para un oportuno arreglo.

3. Ruido.

En algunos casos se puede percibir algún ruido anormal, cuando se está familiarizado con el sonido que el transformador produce durante la operación normal, lo cual puede ayudar a descubrir alguna falla. Las siguientes son las causas posibles de ruido anormal:

a) Resonancia de la caja y de los radiadores debida a cambios anormales en la frecuencia de la fuente de corriente,

b) un defecto en el mecanismo de ajuste del núcleo,

c) un defecto en la estructura central, (como desajuste en el núcleo) es posible que se encuentren flojos los tornillos de sujeción de las bridas,

d) aflojamiento de las piezas de anclaje, y

e) ruido anormal por descarga estática, debido a partes metálicas carentes de tierra o a imperfección de la puesta a tierra.

Estos ruidos pueden detectarse desde fuera o

Asea Brown Boveri Ltda

Colombia





acercándose a la caja, aún cuando no sean muy fuertes.

4. Aflojamiento de las piezas de fijación y de las válvulas.

Cuando encuentre los terminales de tierra flojos, desenergice el transformador y apriételos enseguida. Los tornillos de los cimientos que estén sujetos a grandes cargas, deben ser apretados firmemente para evitar el desplazamiento del transformador.

En algunos casos las válvulas se aflojan debido a vibraciones, apriételas nuevamente.

5. Fugas de aceite.

Las fugas de aceite pueden ser causadas por el deterioro de algún empaque o por mal posicionamiento; algunas tardan en descubrirse, verifique cuidadosamente las válvulas y los empaques. Si hay algún defecto que pudiera causar una fuga, informe a ABB.

4 PERIODICIDAD DE LAS INSPECCIONES

La tabla que aparece enseguida, muestra la frecuencia con que debe revisarse el transformador.

PERIODICIDAD DE LAS INSPECCIONES

No	Piezas a inspeccionar	Periodicidad	Observaciones
1	Termómetros	Una vez al año	
2	Accesorios con contactos de alarma y/o disparo	Una vez al año	Verifique las condiciones de operación de los contactos y mida la resistencia de aislamiento del circuito
3	Ventiladores de refrigeración	Una vez al año	Si se encuentra alguna anomalía
4	Conservador	Una vez en cinco años	
5	Resistencia de aislamiento de los devanados	Una vez al año	Cuando se note un cambio brusco después de años de uso o cuando se note un cambio en comparación con datos registrados en pruebas anteriores.
6	Medición de Tan delta	Una vez en tres años	Igual que el punto 5.
7	Rigidez del aceite dieléctrico.	Una vez al año	
8	Valor de acidez del aceite.	Una vez al año	
9	Prueba del funcionamiento del aceite.	Revise si se nota anomalía en las pruebas de los ítem 5 al 8.	Tome dos litros de aceite y revíselos de acuerdo con ASTM D3487
10	Aceite de aislamiento filtrado	Revise si se nota anomalía en las pruebas de los ítem 5 al 8.	
11	Componentes del interior	Una vez en siete años	

Asea Brown Boveri Ltda

Colombia





5 NORMAS DE MANTENIMIENTO DEL ACEITE AISLANTE

Para mantener el transformador en perfectas condiciones de operación se deben tener en cuenta los puntos anteriores, cuidando también de la operación de rutina y sin falta alguna se debe dar el tratamiento adecuado en cuanto se note algún cambio en las condiciones de servicio. Es necesario también desenergizar el transformador a intervalos regulares y llevar a cabo una inspección meticulosa.

Con esta rutina y con inspecciones regulares, el grado de deterioro se podrá minimizar. Ya que un transformador está formado de muchas partes, tales como el aceite de aislamiento, los equipos de refrigeración, etc. debe ser atendido permanentemente. El aceite además de servir como medio aislante sirve para transferir el calor generado en las bobinas y el núcleo hacia las paredes del tanque y los radiadores. Por esto se requiere que cumpla con las siguientes características:

- elevada rigidez dieléctrica
- baja viscosidad
- bien refinado y libre de materiales que puedan corroer las partes metálicas.
- estar libre de humedad y componentes que se polaricen
- tener un bajo punto de fluidez
- que tenga poca evaporación.

Las técnicas de manufacturación de los transformadores y su confiabilidad se han mejorado a tal grado que la inspección interna es casi innecesaria; actualmente el mantenimiento se limita casi exclusivamente al mantenimiento del aceite para prevenir su deterioro:

DETERIORO DEL ACEITE DE AISLAMIENTO

El aceite de aislamiento se deteriora gradualmente por el uso. Las causas son la absorción de la humedad del aire y de partículas extrañas que entran en el aceite y el principal efecto es la oxidación. El aceite se oxida por el contacto con el aire y éste proceso se

acelera por el aumento de la temperatura del transformador y por el contacto con metales tales como el cobre, el hierro, etc.

Además de lo anterior, el aceite sufre una serie de reacciones químicas tales como la descomposición y la polimerización, que producen partículas que no se disuelven en el aceite y que se precipitan en el núcleo y bobinados. Estas partículas son llamadas sedimentos. Los sedimentos no afectan directamente la rigidez dieléctrica, pero los depósitos que se forman sobre los devanados impiden su normal refrigeración.

PREVENCION DEL DETERIORO DEL ACEITE

Debido a que el deterioro del aceite es causado generalmente por la oxidación, el método para prevenirlo consiste en reducir al mínimo posible su superficie de contacto con el aire. Con este propósito se usa un tanque conservador. La humedad también acelera el deterioro del aceite y para evitar esto se debe usar un respirador deshidratante. El método ideal es aquel que utiliza colchón de nitrógeno, o aquel que utiliza una membrana en la superficie del aceite para evitar que el aceite entre en contacto directo con el aire.

El aceite dieléctrico se activa bajo ciertas condiciones de luz, calor y iones de metales pesados, para producir radicales libres que causan auto-oxidación. Para evitar este fenómeno se utilizan aditivos inhibidores de la oxidación.

EVALUACION DEL DETERIORO DEL ACEITE DIELECTRICO

Los métodos para juzgar deterioro de un aceite dieléctrico, son aquellos que miden el grado de oxidación, la densidad específica, la tensión superficial y la tangente delta. Además de la práctica común de medir la rigidez dieléctrica, es recomendable hacer un juicio sintético de todos estos métodos.

6 MANTENIMIENTO E INSPECCION DE LOS BUJES

INSPECCION DE RUTINA

Excesivo calentamiento local:
Ponga atención a la parte sujetadora de los terminales. Es conveniente pintar dicha parte con pintura indicadora de calor.

Contaminación:
Cuando haya mucho polvo y sal, se debe efectuar una

limpieza para la cual debe detenerse el funcionamiento del transformador y usar agua, amoníaco o tetracloruro de carbono, y si están muy sucios, usar ácido clorhídrico concentrado diluido 40 o más veces en agua.

La solución no debe tocar ninguna parte metálica; después de la limpieza las partes de porcelana deben neutralizarse con agua que contenga bicarbonato de sodio en una proporción de 30 gramos por litro.

Asea Brown Boveri Ltda

Colombia





Siempre que use una solución química, asegúrese de lavar después con agua fresca, para que no quede ningún elemento extraño.

En sistemas en los que sea difícil detener el funcionamiento para la limpieza, o en zonas donde haya muchos daños por el polvo o la sal, se está usando recientemente un método de lavado denominado "de línea caliente". Es un método para lavar los equipos sin parar su funcionamiento, y hay 2 ó 3 formas de hacerlo. En cualquier caso debe verificarse el grado de polvo y sal, la calidad del agua para lavar y el método de impermeabilización cuando se hace la limpieza.

Daños mecánicos:

Verifique si existen daños o fugas de aceite en los bujes.

INSPECCION REGULAR (una vez cada dos años).

Evaluación del deterioro del aislamiento:

Los métodos para detectar el deterioro del aislamiento son la medición de la resistencia de aislamiento y de la tan delta.

La medición de la resistencia de aislamiento en los bujes no es sencilla, ya que el buje y los devanados del transformador deben independizarse; no obstante, la medición debe tratar de hacerse lo mejor posible.

La medición de la tan delta también es difícil, ya que los bujes deben separarse del transformador en la mayoría de los casos.

La evaluación del resultado de la medición no debe

7 MANTENIMIENTO E INSPECCION DEL EQUIPO DE REFRIGERACION

El equipo de refrigeración es la parte más importante en el funcionamiento diario normal de un transformador. Es necesario un cuidado especial en su mantenimiento e inspección, ya que cualquier anomalía puede reducir la vida útil del transformador o causar defectos serios.

RADIADOR DEL TIPO DE AUTO-ENFRIAMIENTO

8 MANTENIMIENTO E INSPECCION DE LOS TERMOMETROS

Es importante que se verifique la temperatura del transformador en servicio, ya que ello indica las condiciones del funcionamiento. Las condiciones internas y la normalidad del interior, por lo tanto, los indicadores que miden la temperatura deben revisarse y mantenerse en buen estado, para que indiquen correctamente la temperatura.

Asea Brown Boveri Ltda

Colombia

depender únicamente de los valores absolutos obtenidos, sino de los valores obtenidos cada año y de la variación entre ellos. Si hay grandes discrepancias en los valores, es necesario un cuidado especial.

Cuando la resistencia de aislamiento es superior a 1000 Mohm a temperaturas normales, puede considerarse como una buena condición, pero el valor de la tan delta también debe tomarse al considerar la evaluación.

INSPECCION POR EXCESIVOS CALENTAMIENTOS PARCIALES

El calentamiento excesivo de los terminales se debe en la mayoría de los casos a aflojamiento; si llegara a observarse, elimine el polvo de las partes de contacto y apriete firmemente.

INSPECCION DE DAÑOS LOCALES (FISURAS) DE LOS BUJES

La limpieza de los bujes debe hacerse según se mencionó. Si los daños son muy serios cambiar por nuevos.

INSPECCION DE FUGAS DE ACEITE

Revise las diversas piezas de los bujes para ver si hay fugas de aceite. Si el aceite se sale por el empaque, ajústelo ó cámbielo. Si son del tipo inmerso en aceite y el aceite se fuga por otra parte fuera del buje, informe al fabricante.

ALMACENAMIENTO

Guarde los bujes parados en un cuarto seco. Se recomienda guardarlos en la caja de empaque en que venían.

Verifique la fuga de aceite de las cabeceras del radiador y de las partes soldadas del panel o del tubo. Si se acumulan sedimentos en las obleas o en el tubo, el flujo del aceite se dificulta y la temperatura desciende. Por esta razón verifique con la mano si estas partes tienen una temperatura adecuada. Si los radiadores son del tipo desmontable verifique que las válvulas se abran correctamente.

TERMOMETRO TIPO RELOJ.

Este es un tipo de medidor de presión con un bulbo que contiene un líquido especial o gas sellado, y que se conecta con un tubo muy fino para mover la aguja por expansión y contracción del fluido; debe verificarse





comparándolo con un termómetro normal una vez al año o más seguido.

También debe verificarse cuidadosamente que no esté corroído en el interior, que no penetre agua, que la aguja se mueva adecuadamente y que los contactos de alarma funcionen correctamente.

Si el cristal está empañado por la humedad que penetra, quite la tapa del cristal y cambie el empaque.

Después de muchos años de uso, el tubo de Bourdon

se desgasta, al igual que el piñón y el soporte, por lo que pueden dar indicaciones erróneas; también las partes indicadoras móviles llegan a caerse por golpes o vibraciones. La tubería guía generalmente es de tipo doble y la unión con el medidor se separa o se rompe fácilmente. Por lo tanto es necesario un manejo cuidadoso del termómetro tipo reloj, cuando se debe quitar durante la inspección del transformador.

Debe verificarse que los contactos de alarma estén colocados adecuadamente.

9 MANTENIMIENTO E INSPECCION DEL INDICADOR DE NIVEL DE ACEITE

El medidor está colocado fuera del conservador y es de construcción simple; muestra el nivel del aceite directamente, viéndolo desde el exterior. Ponga atención a una fuga de aceite por su parte visible.

Cuando el cristal esté manchado, límpielo con un trapo.

El medidor de aceite es resistente a daños y a fallas de indicación, comparado con los modelos viejos de indicadores del nivel de aceite tipo L y tipo U.

INDICADOR DEL NIVEL DE ACEITE TIPO RELOJ

En este indicador el eje giratorio tiene en un extremo un flotador que soporta un brazo conectado al

indicador y, en el otro extremo un magneto para hacer girar el rotor y para permitir el movimiento hacia arriba y hacia abajo del flotador. Cuando el nivel del aceite cambia, éste acciona el brazo de soporte que hace girar el magneto en el otro extremo, y éste a su vez acciona el rotor a través de la pared de división que está colocada fuera del indicador. La aguja señala el nivel del aceite.

El indicador necesita el mismo cuidado de mantenimiento que cualquier instrumento ordinario; además como indicador con flotador metálico, requiere atención cuando hay una indicación incorrecta debida a la penetración del aceite al flotador, por vibraciones, y sobre todo cuando ha funcionado por largo tiempo.

10 MANTENIMIENTO E INSPECCION DEL RELE BUCHHOLZ

Este relé está hecho para proteger al transformador inmerso en aceite contra fallas internas. Está fijado al tubo de conexión entre el tanque del transformador y el conservador.

El funcionamiento del relé se divide en una primera fase (por fallas leves) y una segunda fase (para fallas severas); la primera se usa para la alarma y la segunda para el disparo del transformador.

Su estructura presenta dos flotadores; uno en la parte superior y otro en la parte inferior de un caja de acero (cámara de aceite) y están fijados de tal manera que cada flotador puede girar, siendo su centro de rotación el eje de soporte.

Cada flotador tiene un interruptor de mercurio y los contactos se cierran cuando el flotador gira. Si los materiales estructurales orgánicos del transformador se queman o producen gas causado por un arco pequeño, éste se queda en la parte superior interna de la caja. Cuando el volumen del gas sobrepasa el volumen fijo (aproximadamente 150 a 250 cc) el flotador de la primera fase baja y los contactos se cierran, haciendo funcionar el dispositivo de alarma.

El flotador inferior, que es para la segunda fase, cierra los contactos y hace funcionar el dispositivo de alarma, o dispara el interruptor del circuito cuando se origina un arco en el interior del transformador y se produce súbitamente gas y vapor de aceite, forzando el movimiento del aceite. También cuando el nivel de aceite desciende por debajo del nivel inferior del conservador, el dispositivo de alarma funciona.

A un lado de la caja del relé Buchholz hay una ventanilla de inspección que permite observar el volumen y el color del gas producido, y extraer muestras para evaluar la causa y el grado de la falla.

Los relés buchholz modernos tienen contactos magnéticos de microinterruptor sin embargo hay una gran cantidad de relés con contactos de mercurio.

Los contactos de mercurio deben manejarse con sumo cuidado, ya que pueden romperse cuando hay vibraciones. Como rutina, examine la fuga de aceite y la producción de gas del relé. Si se encuentra gas, tome una muestra de gas y analicela; también verifique el nivel de aceite del conservador.

Asea Brown Boveri Ltda

Colombia





Limpie el cristal de la ventanilla de inspección, revise el interior y verifique si el flotador se mueve normalmente, con el brazo de soporte como su centro de rotación a intervalos regulares.

El relé puede funcionar equivocadamente cuando el flotador esta sumergido en el aceite, cuando el eje de soporte del flotador se sale del conjunto o cuando hay una fuga de aceite.

11 MANTENIMIENTO E INSPECCION DE LA VALVULA DE SOBREPRESION

La válvula de alivio de sobrepresión con contactos de alarma, acciona la alarma cuando funciona la aguja del interruptor. Está colocada haciendo contacto con la placa de expansión; el resorte de ajuste y los contactos del microinterruptor están en relación con el elevador que se relaciona a su vez con la aguja del interruptor.

aguja del interruptor, la cual empuja y dobla la placa de expansión. Cuando la presión alcanza un cierto limite, la placa de expansión se rompe y la presión sale, cerrando los contactos del interruptor microinterruptor, que están en el elevador que se relaciona con la aguja del interruptor, y la alarma suena.

Cuando hay un accidente, la presión interna aumenta y empuja la válvula hacia afuera, haciendo funcionar a la

Verifique si no hay alguna fuga de aceite o de aire del dispositivo.

12 MANTENIMIENTO E INSPECCION DE LOS RESPIRADORES DE SILICA GEL

Estos dispositivos están hechos para eliminar la humedad y el polvo que entran al transformador, con el movimiento del aire resultante de la fluctuación de la temperatura del aceite del transformador; está colocado entre el paso del aire del transformador y la atmósfera.

Si el agente deshidratante se humedece con aceite, es porque hay demasiado aceite en el depósito, o porque hay alguna falla interna cuya causa debe detectarse. Se usa gelatina de silicio como agente deshidratante.

Se debe siempre verificar la apariencia y cantidad del aceite aislante colocado en el recipiente inferior. Cámbielo cuando se observe con polvo o agua.

Generalmente está teñido de azul con cloruro de cobalto, y cuando la absorción de humedad llega a un 30 ó 40 %, el color cambia de azul a rosa; en tal caso se debe cambiar la gelatina de silicio o secarla para volver a usarla. Para regenerarla, coloque la gelatina de silicio en una cubeta o en un perol limpio y agítela mientras la calienta a una temperatura de 100 a 140 grados C; continúe el calentamiento hasta que el color cambie de rosa a azul o extienda la gelatina de silicio mojada en un receptáculo, como una caja de filtro por 4 ó 5 horas, manteniendo la temperatura del secado entre 100 y 140 grados C.

Está formado por un depósito con un agente deshidratante y aceite, así como de las partes metálicas para su fijación. El empaque debe verificarse para ver si está bien asegurado, de manera que no permita la entrada de aire al transformador por ningún sitio que no sea el orificio del respiradero. También verifique si el nivel de aceite del depósito no es más bajo que el nivel fijado.

13 MANTENIMIENTO E INSPECCION DE LAS EMPAQUETADURAS

INSTALACION DE LOS EMPAQUES

tipo de empaquetadura debe usarse, siga las instrucciones.

Cuando use un empaque siga las instrucciones del fabricante, pero en caso de que no las tenga a mano, las siguientes pueden seguirse para un caso general.

METODOS PARA UNIR LOS EMPAQUES

Para los empaques de la superficie de reborde del transformador común, se usa corcho ó nitrilo, si bien el corcho ya no se emplea mucho actualmente. Para algunas uniones se usan empaques especiales de plomo, de asbesto o de anillo en O; si se señala qué

Es mejor usar el empaque sin unión, pero ésta no puede evitarse cuando el empaque es muy grande. Hay empaques redondos, cuadrados, rectangulares y ovalados, pero en cualquier caso trate de unir el empaque por una parte recta. La parte que se sobrepone debe medir más de 50 mm y debe aplicarse

Asea Brown Boveri Ltda

Colombia





un adhesivo en la unión.

Cuando use elemento o un componente para sellar, asegúrese de seleccionar el material adecuado para el empaque; aplique una capa delgada y deje que se seque al aire colocando entonces el empaque.

INDICACIONES PARA EL TRABAJO

Para quitar la corrosión, el nitrilo, el aceite o la grasa,

use un cepillo de alambre, thinner y alcohol.

Ponga el adhesivo únicamente en el lado del empaque y use sólo la cantidad necesaria para fijarlo en su lugar.

Si la fuga de gas o de aceite no se detiene después de un ajuste correcto, el empaque deberá cambiarse por otro.

Un empaque con poca elasticidad, como el de plomo, debe siempre cambiarse por uno nuevo. No vuelva a usar el empaque viejo.

14 COMO DETECTAR UNA FUGA

Cuando la fuga sea abajo del nivel del aceite lave primero con thinner o alcohol la parte afectada, y al eliminarse el polvo o el cemento, el lugar de la fuga se vera claramente como una mancha (negra).

Cuando la fuga sea arriba del nivel del aceite. Cargue el gas de nitrógeno a una presión apropiada (aproximadamente 0.3 a 0.4 Kg/cm²), ponga una solución de jabón líquida en la parte sospechosa del empaque; si hay alguna fuga se formarán burbujas. Tenga cuidado en no permitir el funcionamiento del tubo de escape de la presión durante esta operación.

TRATAMIENTO DE LAS FUGAS DEL TANQUE.

Si la parte de la fuga en el tanque, que contiene aceite, debe repararse por soldadura, tenga cuidado de verificar si el calor de la soldadura no va a producir una mezcla explosiva de gases.

Si la parte de la fuga está a unos 70 mm o más por encima del nivel del aceite, y si el espesor de la pared del tanque es mayor de 6 mm., no habrá peligro de combustión, ya que el aceite enfriará el calor de la soldadura.

Si la parte de la fuga está por encima del nivel del aceite, ponga gas de nitrógeno en el interior del tanque para prevenir un incendio.

Si el espesor de la pared del tanque es menor de 4.5 mm, ponga una pieza de metal encima de la parte de la fuga y sáldela. Es mejor si no hay aceite en el lugar de la reparación.

La manera más simple de reparar un pequeño orificio de fuga es calafatearlo cuidadosamente con un cincel.

No debe taparse el pequeño orificio de la fuga con masilla o con pintura, ya que no dura mucho tiempo.

Un orificio de fuga en la caja de acero no puede repararse con soldadura o calafateándolo. La parte de la caja de acero deberá reemplazarse. Cuando no sea posible perforar un agujero en el sitio de la fuga, golpee e introduzca un tapón impregnado en goma laca u otro componente.

Si se encuentra una fuga en una pieza importante del equipo, consulte con el fabricante el método adecuado de tratamiento.

15 FALLAS Y CONTRAMEDIDAS

1. Causas de la falla

Rastrear la causa de las fallas es la base para tomar medidas que permitan contrarrestarlas. El origen de las fallas no es simple. Generalmente es la combinación de muchos factores que pueden clasificarse de la siguiente manera:

a) Imperfección en las especificaciones

- Error en la selección del tipo de aislamiento.
- Capacidad no apropiada.
- Falta de atención a las condiciones en el lugar de instalación (humedad, temperatura, gases

perjudiciales, etc)

b) Imperfecciones en las instalaciones

- Instalación incorrecta.
- Capacidad y rango de protección del pararrayos incorrectos.
- Interruptor y relé de protección incorrectos

c) Imperfecciones en la operación y mantenimiento del equipo

- Partes conductoras externas flojas y calentamiento de las mismas.

Asea Brown Boveri Ltda

Colombia





- Deterioro del aceite de aislamiento
- Carga excesiva o error en la conexión de los cables.
- Equivocación en el funcionamiento, y descuido en el arreglo de los circuitos de protección.
- Inspección insuficiente de los empaques y de las válvulas.
- Mantenimiento insuficiente de los accesorios.

d) Voltaje anormal

e) Deterioro normal

f) Desastres naturales

2. Tipos de fallas

Las fallas producidas por las causas mencionadas, dan lugar a fallas secundarias y aún terciarias, dificultando su rastreo. Sin embargo, las condiciones de operación en el momento de la falla, los registros de inspección de los relés de protección de las diversas partes, así como el mantenimiento y la inspección regular, ayudarán a detectar la causa en muchísimas ocasiones.

Las fallas de un transformador se pueden clasificar de la siguiente manera:

a) Fallas internas del transformador: En devanados y núcleo

- Interrupción dieléctrica
- Rotura y torsión de los devanados
- Error en el contacto a tierra
- Conmutador de derivaciones abierto
- Aceite de aislamiento

b) Fallas externas del transformador: En el tanque

- Por fugas de aceite en un empaque, válvula, cordón de soldadura
- Por los bujes de los respiradores, válvula de sobrepresión, termómetros, indicador de nivel de aceite, etc
- Defectos en los ventiladores de refrigeración forzada, relé Buchholz, salida de los transformadores de corriente de los bujes, etc.

3. Descubrimiento de las fallas

Es innecesario decir que mientras más pronto se detecte la falla será mejor, y que para ello se requieren un mantenimiento y una inspección cuidadosa; hay normas hechas para la inspección regular y de rutina. Por medio de esta inspección se puede detectar una falla antes de que sea grave, y se puede reducir el daño en lo posible. Algunas fallas son causadas por razones más allá del control humano. Veamos:

a) Fallas repentinas

Asea Brown Boveri Ltda

Colombia

La mayoría de las interrupciones dieléctricas ocurren repentinamente, especialmente la debida a un rayo o a una tensión anormal, causando una falla directa.

La corriente excesiva por un cortocircuito externo o por un golpe mecánico, también sucede repentinamente, y disturbios por sismos e incendios, pueden dañar accidentalmente el transformador.

b) Fallas que se desarrollan lentamente

Las fallas repentinas se relacionan, generalmente, con factores totalmente externos o ajenos al transformador, de tal forma que está fuera de nuestro alcance el poder preverlos y prepararnos para enfrentarlos.

El objetivo de nuestro mantenimiento e inspección es descubrir las fallas que ocurren y que se desarrollan lentamente. Estas fallas son las siguientes:

- Deformación de los materiales de aislamiento y del bobinado, debido a golpes mecánicos causados por un cortocircuito externo. El transformador generalmente se diseña y se fabrica para resistir el calor y los golpes mecánicos. Sin embargo, si se expone a golpes mecánicos intensos y frecuentes, aún una pequeña deformación puede convertirse en una falla interna seria.

- Aislamiento del núcleo. Puede existir aislamiento deficiente entre las láminas del núcleo, entre el tornillo de sujeción del núcleo y el tubo de aislamiento, etc. El aislamiento deficiente causa un cortocircuito en el flujo magnético, produce constantemente una corriente de corto circuito en este lugar y provoca un calentamiento excesivo pudiendo desarrollar fallas serias.

- Aislamiento deficiente debido a una condición operacional dura, como carga excesiva. Según se mencionó en las instrucciones de operación, el aislamiento del transformador se deteriora por el aumento de la temperatura y este deterioro a través de los años empeora y se convierte en una falla seria cuando el transformador sufre una carga excesiva.

- Deterioro de los materiales de aislamiento, del aceite, de los bujes, etc. debido a absorción de humedad, a oxidación y a formación de una corona, etc.

- Deterioro del aislamiento de la parte externa del transformador debido al viento, la nieve, la sal y el polvo. Esto puede prevenirse con una inspección y un mantenimiento correctos.

- Fallas en los accesorios, fuga de aceite, fuga de gas, etc.

4. Fallas internas del transformador





a) Fallas en los devanados

-Cortocircuitos

Hay cortocircuitos entre las espiras, entre las fases y entre las bobinas. La mayoría de las fallas de los cortocircuitos se deben a tensión anormal en el pararrayos, y algunas se deben al deterioro del aceite de aislamiento y a la penetración de la lluvia. También algunos cortocircuitos se deben al deterioro por calor, causado por una fuerza mecánica electromagnética o por una carga excesiva anormal. En general, los cortocircuitos internos causan deformaciones graves en las bobinas, como efecto secundario.

-Rompimiento de los terminales de los devanados

Los terminales de los devanados sufren daños por un exceso de corriente (cortocircuito externo, etc) o por un rayo. También los accidentes de cortocircuito del sistema que se acumulan, causan daños en el soporte del bobinado, por su fuerza destructora mecánica repetida, que finalmente rompe los terminales.

-Cortocircuito a tierra.

El voltaje de impulso o el deterioro del aislamiento pueden causar un cortocircuito a tierra del bobinado o de sus terminales al núcleo o al tanque.

Las fallas mencionadas se pueden detectar fácilmente mediante un diagnóstico externo o una verificación eléctrica.

b) Fallas en el núcleo

Hay fallas debidas a un aislamiento deficiente de los tornillos de afianzamiento del núcleo, o a un canal de enfriamiento de aceite obstruido, lo que causa un calentamiento excesivo del núcleo. Las fallas del núcleo se desarrollan lentamente. El aislamiento y el contacto a tierra deficientes ya mencionados, causan una corriente de cortocircuito parcial, un deterioro del aceite de los materiales de aislamiento en sus alrededores, los cuales gradualmente se convierten en fallas serias.

Una sujeción deficiente entre el núcleo y las bridas del bobinado pueden causar una vibración perjudicial.

5. Cómo detectar fallas internas?

Use los diferentes relés con que cuenta el transformador para detectar y protegerse de fallas accidentales. A continuación se señala cuales son las partes que se emplean para protegerse de fallas internas:

Las que están adheridas directamente al transformador y que detectan las fallas

Asea Brown Boveri Ltda

Colombia

mecánicamente: Relé Buchholz, relé de presión súbita, dispositivo de sobrepresión.

Las que están indirectamente unidas al tablero de control del transformador, y que detectan las fallas eléctricamente: Relé diferencial, relé de sobrecorriente, relé de tierra.





ANEXOS



Consejo Profesional
Nacional de Ingenierías
Eléctrica, Mecánica
y Profesiones Afines

CERTIFICADO DE MATRICULA PROFESIONAL

Original

EL PRESIDENTE DEL CONSEJO PROFESIONAL DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, MECÁNICA Y PROFESIONES AFINES SECCIONAL DE BOYACÁ

CERTIFICA:

1. Que en cumplimiento de la Ley 51 de 1986 y del Decreto 1873 de 1996, NÉSTOR ANDRÉS GÓMEZ FUENTES, identificado con Cédula de Ciudadanía 74.327.434 de Belén (Boyacá), presentó solicitud de matrícula profesional de Ingeniero Electromecánico ante el Consejo Profesional de Ingenierías Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines, Seccional de Boyacá, acreditando para el efecto su grado profesional, otorgado por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia el día 26 de Septiembre de 2008.



2. Que, estudiada la solicitud, el Consejo Profesional de Ingenierías Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines, Seccional de Boyacá, mediante la Resolución 15 del 14 de Octubre de 2008 expidió la matrícula profesional a NÉSTOR ANDRÉS GÓMEZ FUENTES para ejercer la profesión de INGENIERO ELECTROMECHANICO de acuerdo con lo señalado en la ley y el decreto antes citados.
3. Que, mediante la Resolución 63 del 30 de Octubre de 2008, el Consejo Profesional Nacional de Ingenierías Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines confirmó la matrícula anterior y le asignó el número de registro:

BY250-60110

Este certificado se expide en Tunja el día 30 de Octubre de 2008.


JUAN CARLOS MARTÍNEZ MARTIN
Presidente