

MEMORIAS DE CÁLCULO PARA DISEÑO ELECTRICO PROYECTO UNIFICACIÓN DE CUENTAS EDIFICACIÓN CARRERA 39 #4ª- 45.



Elaboró: CAB
Revisó: MOH

ENERO 2020

MEMORIAS DE CÁLCULO PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE PROYECTO UNIFICACIÓN DE CUENTAS EDIFICACIÓN CARRERA 39# 4ª-45.

CONTENIDO

0. INTRODUCCIÓN

A. ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGA.....	4
FACTOR DE POTENCIA.....	4
ANÁLISIS ARMONICOS.....	4
B. ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO	7
C. ANÁLISIS DE CORTO CIRCUITO Y FALLA A TIERRA.	7
D. ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN.	10
E. ANÁLISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELÉCTRICO.....	11
F. ANÁLISIS DE NIVEL DE TENSIÓN.....	12
G. CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.	12
H. CÁLCULO DEL TRANSFORMADOR INCLUYENDO LOS EFECTOS DE LOS ARMONICOS.....	14
CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	16
I. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES	17
J. VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES.....	18
K. CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECCIÓN DE EQUIPOS	18
L. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES	19
M. CÁLCULO DE CANALIZACIONES	21
N. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA	22
O. CÁLCULO DE REGULACIÓN.....	22
P. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS	23
Q. DIAGRAMAS UNIFILARES	23
R. PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS PARA CONTRUCCIÓN.....	25
S. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS.....	25
T. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.....	25
U. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE DESVIACIÓN DE LA NTC 2050.....	28
V. DEMÁS ESTUDIOS QUE EL TIPO DE INSTALACIÓN REQUIERA PARA SU CORRECTA Y SEGURA OPERACIÓN.....	28

0. INTRODUCCIÓN

Este documento hace parte fundamental de los requerimientos solicitados en el artículo 10 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE, para los diseños eléctricos y complementa la certificación requerida para la energización, por parte del operador de red, del proyecto. A continuación, se enuncian los puntos exigidos en dicho artículo, con su respectivo análisis o la no aplicación del mismo.

Datos Eléctricos			
Potencia:	75 kVA	Clase del transformador :	
Tipo de alimentación:	Monofásico	Transformadores Monofásicos de Distribución Tipo Intemperie/P	
Impedancia base:	2323,20 mΩ	Enfriamiento: (IEEE C57.93)	
Frecuencia:	60 Hz	TIPO OA Sumergido en aceite, con enfriamiento natural.	
Relación de Trans.:	55:1		
Primario		Secundario	
Tipo de conexión:		Tipo de conexión:	
Hilos:	2	Hilos:	3
Voltaje de línea:	13,2 kV L-L	Voltaje de línea:	0,24 kV L-L (240 V)
Voltaje de fase:	13,2 kV	Voltaje(s) de fase:	0,24 kV
Corriente de línea:	5,68 A		0,12 kV L-N (120 V)
Corriente de Fase:	5,68 A	Corriente de línea:	312,50 A
Conexión del neutro:	No tiene	Corriente de Fase:	312,50 A
		Conexión del neutro:	solidamente a tierra
Alimentadores			
Primario		Secundario	
Factor mult. de corriente	100 %	Factor mult. de corriente	125 %
Corriente de diseño:	5,68 A	Corriente de diseño:	390,63 A
Material:	COBRE	Material:	COBRE
Voltaje de Operación Cable:	5001-35000 V	Voltaje de Operación Cable:	0 - 2000 V
Tabla aplicada:	Tabla 310.73 CEN 2004	Tabla aplicada:	Tabla 310.16 CEN 2004
Calibre	2 AWG / MCM	Calibre	3/0 AWG / MCM
Temp. Op.	90°C	Temp. Op.	90°C
Fact. Temp	36-40 °C	Fact. Temp	36-40 °C
Corriente nominal cable	150 A	Corriente nominal cable	204,75 A
Conductores por fase	1	Conductores por fase	2
Cap. Total por fase	150 A	Cap. Total por fase	409,5 A
% carga en el cable	3,79%	% carga en el cable	95,39%
% Reserva	96,21%	% Reserva	4,61%
Calibre del neutro:	AWG / MCM	Calibre del neutro:	3/0 AWG / MCM
Conductores por neutro:		Conductores del neutro:	2
Datos de canalización			
Primario		Secundario	
Calibre de conductores	2 AWG / MCM	Calibre de conductores	3/0 AWG / MCM
Aislante	THW	Aislante	THW
Área del cable	86,14 mm ²	Área del cable	201,55 mm ²
Cantidad de cables	3 (Fases + Neutro igual calibre)	Cantidad de cables	6 (Fases + Neutro igual calibre)
Área Total	258,42 mm ²	Área Total	1209,29 mm ²
Tamaño tubería	4 "	Tamaño tubería	3 "
Tipo :	Tubo de PVC, Tipo A	Tipo :	Tubo de PVC Rígido, Sch. 40 y tubo de PE
Área Total	8946,53 mm ²	Área Total	4704,35 mm ²
% de Ocupación	2,89%	% de Ocupación	25,71%
Protecciones			
Primario		Secundario	
Limitaciones sobre el lugar:	Cualquiera	Tipo de protección:	Interruptor automático
% Impedancia del TX:	No mas de 6%		
Tipo de protección:	Ninguna		
Ajuste max. del dispositivo:	0 % I de diseño	Ajuste max. del dispositivo:	125 % I de diseño
Cap. de corriente del dispositivo:	7 A AF	Cap. de corriente del dispositivo:	400 A AF
Max corriente de ajuste:	0,00 A AD	Max corriente de ajuste:	488,28 A AD
Sistema de puesta a tierra			
Tipo de conductor:	Desnudo		
Cantidad de conexiones:	2 CEN 2004 tabla 250-122		
Calibre mínimo:	2/0		

AF: AMPERIOS FRAME
AD: AMPERIOS DE DISPARO

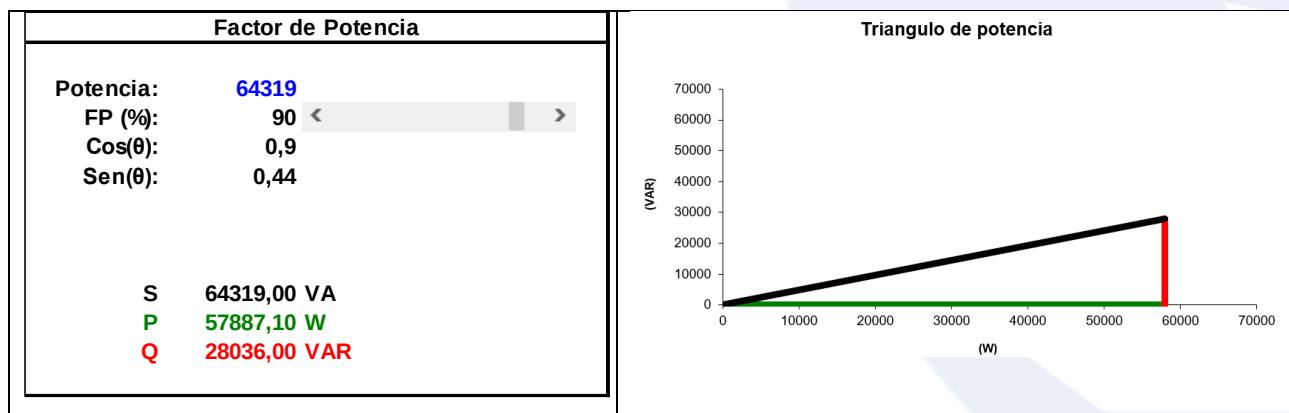
A. ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGA.

A continuación se ilustran los cuadros de cargas para los tableros del proyecto objeto de diseño, las cargas iniciales y espacios para instalar las protecciones de futuras cargas, las cuales no son del alcance de este documento.

Lista de Cargas del Sistema													POTENCIA TOTAL			
Datos generales					Alimentación		Consumo unitario			T. Uso	Factor					
N°	TAG	Descripción	Ubicación	Cant.	Tipo	Voltios	Sist.	Valor	Unidad	FP	Eff %	Horas	Oper.	VA	W	VAR
1	TA-N1	TABLERO DIST. 1	PRIMER PISO	1	AC	240	1 Fase	12400	VA	0,90	100	8	1,00	12400,00	11160,00	5405,03
2	TA-N2	TABLERO DIST. 2	PRIMER PISO	1	AC	240	1 Fase	14820	VA	0,90	100	8	1,00	14820,00	13338,00	6459,89
3	TA-N3	TABLERO DIST. 3	PRIMER PISO	1	AC	240	1 Fase	13900	VA	0,90	100	8	1,00	13900,00	12510,00	6058,87
4	TA-N4	TABLERO DIST. 4	PRIMER PISO	1	AC	240	1 Fase	14150	VA	0,90	100	8	1,00	14150,00	12735,00	6167,84
5	TA-N5	TABLERO DIST. 5	PRIMER PISO	1	AC	240	1 Fase	9500	VA	0,90	100	8	1,00	9500,00	8550,00	4140,95

Tabla 1. Cuadros de cargas Edificación.

FACTOR DE POTENCIA.



GRAFICA 1. Factor de potencia sin incluir armónicos.

Para una carga demandada de 64.319kVA garantizando un factor de potencia de $fp=0.9$ tendremos una Potencia Reactiva de 28.036kVAR.

ANÁLISIS ARMONICOS.

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

- Convertidores.
- Hornos de arco.
- Compensador de VAR estático.
- Inversores monofásicos.
- Inversores trifásicos.
- Controles de fase electrónicos.
- Cicloconvertidores.
- Variadores de modulación con ancho de pulso.

Dentro del alcance de este proyecto no se encuentra definir ni conectar nuevas cargas, sin embargo, se realiza un análisis de armónicos que sirve de insumo para la selección del transformador de potencia.

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

Evaluación IEEE 519

PROYECTO: EDIFICACIÓN CARRERA 39#4A-45	
IEEE 519 Current Distortion Limits:	
Datos en Rojo: Datos entrados por el usuario	
Datos en Azul: Datos Calculados por el Programa	
Datos en Púrpura: Tabla 10.2 En la hoja de Cálculo	
Tensión de Cortocircuito en % :	4%
Low Voltage Bus Voltage:	240 Volts
High Voltage Bus Voltage:	13200 Volts
Short Circuit at Low Voltage Bus:	2,26 MVA >>>>> 5.436,72 Amps
Short Circuit at High Voltage Bus:	147,06 MVA >>>>> 6.432,21 Amps
Avg. Maximum Demand Load:	75 kVA >>>>> 180,42 Amps
Isc/IL Ratio (load voltage bus):	30
Isc/IL Ratio (high voltage bus):	1961

IEEE 519 Table 10.2						
Ratio	h<11	11<h<17	17<h<23	23<h<35	35<h	TDD
>0	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
0	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Tabla 2: Resultados evaluación distorsión armónica en corriente.

El factor de potencia se ve afectado por la distorsión armónica del sistema, el fp dependerá del THD encontrado de la forma:

$$PF \approx \frac{\cos \phi_1}{\sqrt{1+THD_1^2}}$$

De acuerdo a la normatividad (IEEE 519) para sistemas con tensión menor a 69kV el THD debe ser máximo del 5%, para nuestro análisis nuestro THD en corriente deberá ser inferior al 3% lo que implica que nuestro factor de potencia tendrá un valor de:

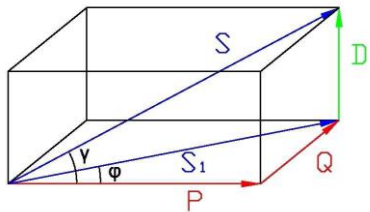
$PF = \frac{0.9}{\sqrt{1 + 0,0009}}$	$PF = 0.8995$	
--------------------------------------	---------------	--

Tabla 3: Factor de potencia afectado por THD.

B. ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO

Las redes de distribución deben cumplir los requerimientos de aislamiento de las partes energizadas, para evitar contactos, tanto por disminución en las distancias de seguridad cuando el aislamiento es el aire o por deficiencias o insuficiencias de los materiales aislantes.

Los conductores seleccionados para baja tensión tienen un aislamiento de 600 V y el voltaje utilizado es de 240 V lo que implica que en condiciones normales de funcionamiento durante su vida útil no se verán sometidos a tensiones superiores que pongan en riesgo su aislamiento.

En media tensión se garantiza el aislamiento al seleccionar una cruceta minio de tres metros de longitud y separación entre líneas mínimo de 40 cm, dado que los conductores son desnudos. La separación enunciada da cumplimiento al requisito de distancias de seguridad especificado en el RETIE para 13.2 kV.

C. ANÁLISIS DE CORTO CIRCUITO Y FALLA A TIERRA.

Los valores de corriente de cortocircuito para el punto de conexión, deben ser suministrados por el operador de red, EMCALI EICE-ESP.

Punto de Conexión: Red de media tensión Aéreas Trifásica a 13.2 kV existente.			
Cambiando poste secundario (603 02 03) por primario, para el montaje del transformador de 75 kVA, poste secundario ubicado sobre la carrera 39 entre los apoyos primarios marcados con los nodos:			
• 111 79 21 (E6190; 50 kVA) y • 100 79 12 (E17882; 50 kVA).			
INFORMACION TECNICA DEL PUNTO DE CONEXIÓN			
Factor de Potencia	0,9	Caída de Tensión	3,5% en baja tensión
Alimentación	Circuito Santa Isabel Subestación Ladera		
Tipo de Acometida	En Media Tension	Aérea	
	En Baja Tension	Subterránea	
Nivel Corto Circuito en Demanda Media	Trifásico (3Φ)	6.44 kA	
	Monofásico (1Φ)	4.15 kA	
Subestación Tipo	Exterior	Capacidad Estimada a Utilizar	75 kVA
Distancia a la Subestación	1882 mts		

Tabla 4. Información técnica punto de conexión en MT.

El análisis de corrientes corto circuito en Baja Tensión se presenta a continuación:

Calculo de corriente de corto circuito

TRANSFORMADOR MONOFASICO

Potencia:	75 kVA		
Voltaje en lado de falla (V2):	0,24 kV	V1:	13,2 kV
Voltaje de corto circuito %:	4 Tabla T1		
Ra:	0,5086712 Ohm	Rr	0,00016816 Ohm reflejada
Xa:	1,99264299 Ohm	Xr	0,00065872 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: Zt = 30,72 mΩ

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

Por lo tanto: Xt = 30,72 mΩ Xr = 0,658mΩ

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

Por lo tanto: Rt = 6,144 mΩ Rr = 0,168mΩ

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

$Z_{total} = \sqrt{(R_t + R_r)^2 + (X_t + X_r)^2}$ Zt = 32,01 mΩ

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

Por lo tanto: Icc, sim = 4,33 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: Icc = 9,42 kA asimetricos

Basado en la norma UTE C-19-05 y IEC 60909.

Tabla 5. Análisis de nivel de cortocircuito en barra principal 240V (salida trafo).

La anterior tabla muestra los diferentes valores de intensidad de corto circuito en la barra principal de baja tensión. El valor de corriente de corto circuito en bornes del transformador corresponde a 9,42kA.

Del anterior cálculo se concluye que las protecciones utilizadas deberán tener como mínimo 10 kA de corriente de cortocircuito.

D. ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN.

Se corrobora la información mediante el programa IEC Risk Assessment Calculator. Y se obtienen los siguientes resultados:

IEC Risk Assessment Calculator - Version 1.0.3

Archivo Opciones Librería Ayuda

Dimensiones de la estructura:

Longitud de la estructura (m): 15
 Anchura de la estructura (m): 10
 Altura del plano del tejado (m)*: 12
 Altura del mayor saliente del tejado (m)*: 12
 * Medido desde la tierra
 Área de colección (m2): 6.022 m2

Características de la estructura:

Riesgo de incendio y daños físicos: Normal
 Eficacia del apantallamiento: Escasa
 Tipo de cableado interno: No apantallado

Influencias ambientales:

Situación respecto a los alrededores: Estructura aislada
 Factor ambiental: Urbano
 Nº de días de tormenta: 30 days/year
 Densidad anual equivalente de rayos: 3.0 flashes/km2
 Ver mapa isocerámico: Ver Mapa

Línea de conducción eléctrica:

Línea eléctrica:
 Línea que llega a la estructura: Cable enterrado
 Tipo de cable externo: No apantallado
 Existencia de transformador MT/BT: Transformador

Otros servicios aéreos:
 Número de servicios conducidos: 0
 Tipo de cable externo: No apantallado

Otros servicios enterrados:
 Número de servicios conducidos: 0
 Tipo de cable externo: No apantallado

Medidas de protección:

Clase de SPQR: Sin SPQR
 Protección contra incendios: Sin medidas
 Protección contra sobretensiones: Sin protección

Tipos de las pérdidas:

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas:
 Riesgos especiales para la vida: Sin riesgos especiales
 Por incendios: Otras estructuras
 Por sobretensiones: No aplica

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales:
 Por incendios: No hay servicios esencial
 Por sobretensiones: No hay servicios esencial

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural:
 Por incendios: Sin valor histórico

Tipo 4 - Pérdidas económicas:
 Riesgos económicos especiales: Sin riesgos especiales
 Por incendios: Propiedad comercial
 Por sobretensiones: Iglesia, prisión, zona pública
 Por tensión de paso/contacto: Ganado en el interior
 Riesgo tolerable de pérd. económ.: 1 en 1000 años

Riesgos calculados:

	Riesgo calculado (Pa)		Riesgo imp. directo (Pa)		Riesgo imp. indirecto (Pa)		Riesgo calculado (Pa)
Pérdidas de vidas humanas:	1,00E-05	=>	1,82E-06	+	1,31E-06	=	3,13E-06
Pérdidas de serv. públicos:	1,00E-03	=>	0,00E+00	+	0,00E+00	=	0,00E+00
Pérdidas de patrimonio:	1,00E-03	=>	0,00E+00	+	0,00E+00	=	0,00E+00
Pérdidas económicas:	1,00E-03	=>	5,60E-05	+	6,70E-04	=	7,26E-04

IEC

Este cálculo del índice de riesgo de IEC pretende orientar en el análisis de diversos criterios que determinan el riesgo de pérdidas debidas al rayo. No es posible cubrir todos los elementos especiales de una estructura que puedan hacer que sufra más o menos daños debidos al rayo. En casos especiales hay factores económicos y personales que podrían ser muy importantes y considerarse junto con el índice obtenido mediante esta herramienta. Se pretende que este

Cálculos

IMAGEN 1. Interfaz entrada y salida de datos análisis de nivel de riesgo.

Con base en los datos de entrada se obtiene que la estructura presenta un nivel de riesgo bajo(Riesgo Calculado), inferiores a los tolerables Rt.

Como puede observarse la subestación y la edificación no requieren apantallamiento, por lo cual no se debe realizar diseño de sistema de protección contra descargas atmosféricas.

E. ANÁLISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELÉCTRICO.

En general la utilización y dependencia tanto industrial como doméstica de la energía eléctrica ha traído consigo la aparición de accidentes por contacto con elementos energizados o incendios, los cuales se han incrementado por el aumento del número de instalaciones, presentándose en los procesos de distribución y uso final de la electricidad la mayor parte de los accidentes.

A medida que el uso de la electricidad se extiende se requiere ser más exigentes en cuanto a la normalización y reglamentación. El resultado final del paso de una corriente eléctrica por el cuerpo humano puede predecirse con un gran porcentaje de certeza, si se toman ciertas condiciones de riesgo conocidas y se evalúa en qué medida influyen todos los factores que se conjugan en un accidente de tipo eléctrico.

La matriz de riesgo de la Tabla 7 (en la próxima página), está basada en el Artículo 9.2 del RETIE de agosto 30 de 2013, y tiene como principal objetivo crear una conciencia sobre los riesgos existentes en todo lugar donde se haga uso de la electricidad suministrada por este provisional.

Valorización Grado de Riesgo: De acuerdo a los resultados obtenidos en la matriz de la tabla 8, se deberán utilizar unas medidas de protección para mitigar los riesgos expuestos. Se recomienda:

- La construcción de una Sistema de Puesta Tierra (SPT), tal como se calculó y especificó en el diseño.
- Proveer el lado de Alta Tensión del Transformador, de Descargadores de Sobretensión DPS (uno por Borne).
- Instalación de descargadores de sobretensión DPS en los tableros eléctricos principales.
- Se recomienda la implementación de extintores, en todos los cuartos que contienen los diferentes equipos eléctricos.

F. ANÁLISIS DE NIVEL DE Tensión.

Los niveles de tensión, requeridos para el proyecto son: 13200V alimentación media tensión establecida por el OR, 240 V trifásicos y 120 V monofásicos.

Demanda Total	64,3 kVA
Voltaje.	240 V, 60Hz, 2 Fases
Regulación de Voltaje de línea.	5% mínimo
Variación de Voltaje de línea.	±10% Maximo
Rango de voltaje operativo	187-229 V

Tabla 6. Niveles de tensión del sistema eléctrico proyectado.

G. CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.

Para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la tabla 14,1.

No se requiere análisis. Según el Artículo 14.4 CÁLCULO Y MEDICIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS del RETIE, se deben realizar análisis de campo electromagnético para tensiones superiores a 57,5 kV.

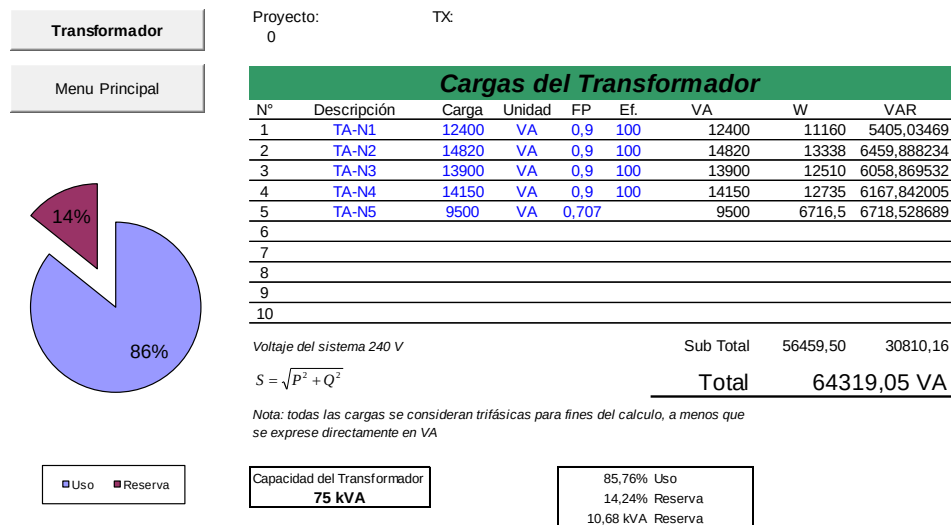
No.	FACTOR DE RIESGO ELÉCTRICO	NIVEL DEL RIESGO	FRECUENCIA DEL RIESGO	POSIBLES CAUSAS	MEDIDAS SE PROTECCIÓN
1	ARCOS ELÉCTRICOS	MODERADO	POSIBLE	- APERTURA DE CORTACIRCUITOS BAJO CARGA - APERTURA DE INTERRUPTORES BAJO CARGA - MAL CONTACTO DE PARTES ENERGIZADAS - APERTURA O CIERRE DE SECCIONADORES CON CARGA - MANIPULACIÓN INDEBIDA DE EQUIPOS DE MEDIDA.	- UTILIZAR EXTINGUIDORES DE ARCO. - SACAR DE FUNCIONAMIENTO LAS CARGAS ANTES DE ACCIONAR LOS INTERRUPTORES. - UTILIZAR MONOGAFAS CON FILTRO UV. - CONSERVAR LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD. (SEGÚN RETIE) - REALIZAR AJUSTES PERIÓDICOS DE BORNES ENERGIZADOS.
2	AUSENCIA DE ELECTRICIDAD	BAJO	OCASIONAL	- AUSENCIA DEL SERVICIO DE ENERGIA - NO DISPONER DE FUENTES ALTERNATIVAS (PLANTA, UPS, ETC) .	- NO REQUIERE MEDIDAS DE PROTECCIÓN. - EL RESIDENTE DE OBRA DEBE ESTAR EN CAPACIDAD PARA DETECTAR SI EL PROBLEMA ES INTERNO O EXTERNO, PARA CONTACTAR EL PERSONAL IDONEO.
3	CONTACTO DIRECTO	ALTO	OCASIONAL	- NEGLIGENCIA DEL INSTALADOR AL REALIZAR LAS INSTALACIONES. - NO UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL - VIOLACIÓN DE LAS DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD.	- AISLAR LOS PUNTOS ENERGIZADOS. - UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL - PROBAR AUSENCIA DE TENSIÓN, ANTES DEL CONTACTO. - UTILIZAR UN SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA.
4	CONTACTO INDIRECTO	BAJO	REMOTO	- FALLA DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA. - FALLA DEL AISLAMIENTO.	- SEPARAR CIRCUITOS. - EQUIPOTENCIALIZADOR EL SISTEMA DE TIERRA. - REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS. - CONECTAR EL POLO DE TIERRA DE LOS EQUIPOS.
5	CORTOCIRCUITO	MODERADO	POSIBLE	- FALLA DE AISLAMIENTO. (HUMEDAD, TEMPERATURA). - NEGLIGENCIA DEL INSTALADOR AL REALIZAR LAS INSTALACIONES. - UTILIZAR MATERIALES AISLANTES SIN CERTIFICACIÓN RETIE.	- UTILIZAR INTERRUPTORES CON PROTECCIÓN DE CORTACIRCUITO. - BRINDAR CHARLAS DE PARTICIPACIÓN AL PERSONAL TÉCNICO. - UTILIZAR MATERIALES RECONOCIDOS POR SU CERTIFICACIÓN. - PROTEGER DE LA INTEMPERIE, LOS EQUIPOS SENSIBLES A LA HUMEDAD.
6	ELECTRICIDAD ESTÁTICA	BAJO	POSIBLE	- UNIÓN Y SEPARACIÓN CONSTANTE DE MATERIALES COMO AISLANTES, CONDUCTORES, SÓLIDOS O GASES CON PRESENCIA DE UN AISLANTE.	- UTILIZAR UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA. - CONEXIONES EQUIPOTENCIALES.
7	EQUIPO DEFECTUOSO	BAJO	POSIBLE	- MALA INSTALACIÓN - TRANSPORTE INAPROPIADO - REDES ELÉCTRICAS MAL CONSTRUIDAS.	- REVISIÓN A LOS EQUIPOS Y A SU INSTALACIÓN FINAL. - CONSTRUIR LAS INSTALACIONES CUMPLIENDO RETIE.
8	RAYOS	ALTO	REMOTO	- ALTO NIVEL CERÁUNICO. - PROTECCIÓN INADECUADA (POR MAL DISEÑO O MALA CONSTRUCCIÓN)	- INSTALAR PARARRAYOS EN LA ACOMETIDA DEL TRANSFORMADOR. - EQUIPOTENCIALIZAR EL BAJANTE DE LOS PARARRAYOS CON EL SISTEMA DE TIERRA.
9	SOBRECARGA	MODERADO	OCASIONAL	- SUPERAR EL NIVEL DE CARGA DE UN CIRCUITO, SEGÚN EL DISEÑO. - INSTALACIONES QUE NO CUMPLEN CON LAS NORMAS TÉCNICAS - CIRCUITOS ELÉCTRICOS MAL DISEÑADOS O MAL CONSTRUIDOS.	- UTILIZAR INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS CON PROTECCIÓN DE CORRIENTE. - REALIZAR UN DISEÑO ADECUADO DE CONDUCTORES Y PROTECCIONES, TENIENDO EN CUENTA LAS NORMAS TÉCNICAS.
10	TENSIÓN DE CONTACTO	MODERADO	REMOTO	- POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS. - VIOLACIÓN DE LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD. - FALLAS A TIERRA.	- MANTENER LOS EQUIPOS EQUIPOTENCIALIZADOS. - CONSTRUIR UNA PUESTA A TIERRA ADECUADA. - REPETAR LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD.
11	TENSIÓN DE PASO	MODERADO	REMOTO	- POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS. - FALLAS A TIERRA.	- CONSTRUIR UNA PUESTA A TIERRA ADECUADA. - RETRINGIR ACCESO.

Tabla 7: Análisis del origen de Riesgo eléctrico.

H. CÁLCULO DEL TRANSFORMADOR INCLUYENDO LOS EFECTOS DE LOS ARMONICOS.

El cálculo del transformador se realizó con base en la NTC 2050, obteniendo los siguientes resultados:

De acuerdo a lo estipulado se tiene los siguientes valores de carga:



FACTOR K

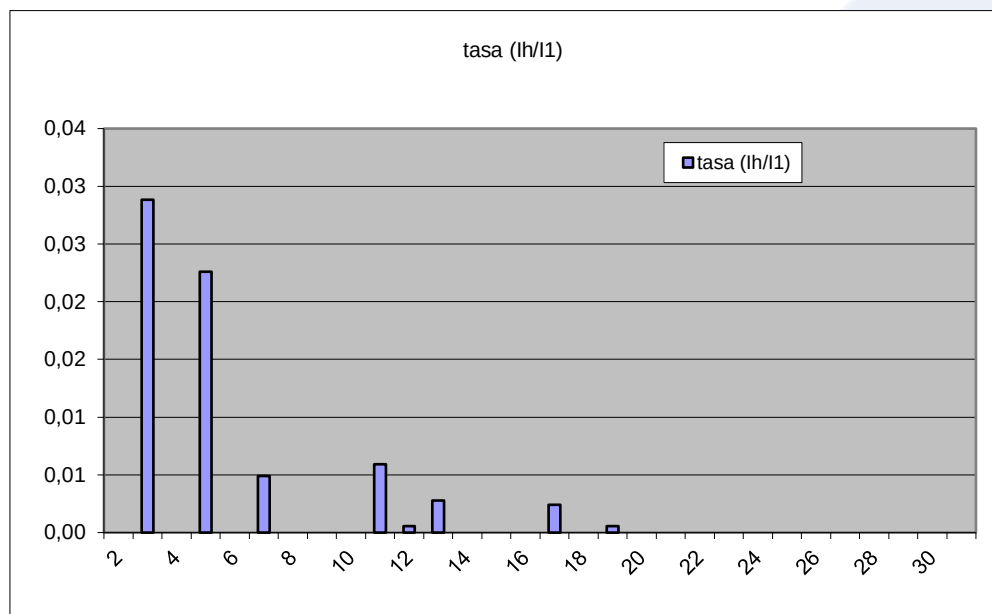
En la gran mayoría de los casos cuando un transformador alimenta cargas no lineales, puede presentar sobrecalentamiento aun cuando no haya alcanzado su potencia nominal. Ahora se sabe que esto es producido por la saturación del núcleo debido a la distorsión armónica. Se estima que el calentamiento de los transformadores debido a las armónicas es directamente proporcional al cuadrado de la armónica multiplicado por las pérdidas que esta produce, de esta manera aparece el factor K el cual es aplicado a transformadores.

Este factor K viene especificado en los datos de placa de algunos transformadores, indicando la capacidad del transformador para alimentar cargas no lineales sin exceder la temperatura de operación a la cual están diseñados, esto es:

$$Factor\ K = \sum_{h=1}^{\infty} \left(\frac{I_h}{I_{RMS}} \right)^2 h^2$$

Donde la corriente de esta expresión es la corriente de la carga no lineal la cual será o es alimentada por el transformador. Los factores K más comunes de transformadores son 4 y 13, los cuales son utilizados para alimentar cargas que utilizan rectificación principalmente.

De acuerdo al espectro armónico se tiene:



GRAFICA 2: Espectro Armónico

		Nominal	Desclasificación
Potencia	Sn	75 kVA	74 kVA
Tensión	Un	240 V	240
Corriente	In	180 A	179 A
Tasa de distorsión	THD-I	13,0%	
Factor de desclasificación	1/k	0,991	1%
Potencia disponible	Sn'	74 kVA	

La anterior información mostrada en la gráfica de espectro armónico por barras refleja como resultado que la tasa de desclasificación del transformador es mínima, para lo cual el factor K=1.

I. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

A continuación, se presenta el cálculo de malla a tierra (Tabla 8) para la subestación, el cual arrojó como resultado para la malla:

1 electrodos de 5/8"x2,4 m, unidos con cable de cobre desnudo #1/0 mediante soldadura exotérmica. Desde esta malla a tierra van conductores (colas) en calibre #1/0 Cu para aterrizar todos los elementos que complementan el sistema eléctrico.

CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA
Para Sistemas Especiales
Según estándar IEEE Std 142, Cap. 4 y RETE

Proyecto: _____ Diseñador: Miller Orozco
Propietario: _____

1. Características Geoelectricas

Metodo: Wenner
p1 "Acabado": 10000 Ωm Suelo Agricultura tabla 7 IEEE 80
p2 "Terreno": 9,28 Ωm

2. Ubicación Geográfica

Dirección: _____
Depto: Valle del Cauca
Otro: Ninguna

3. Configuraciones especiales
Las configuraciones típicas de Sistemas de puesta a tierra (SPT) como mallas cuadradas, rectangulares y en el "L", son diseñadas bajo los estándares como la IEEE Std 80 y reguladas por el RETE; estas son adoptadas para SPT en subestaciones eléctricas en media, alta y extra alta tensión (MT, AT y EAT), sin embargo existen otro tipo de instalaciones (especiales) dedicadas a otros fines como telecomunicaciones, comercio e industria, que requieren de otro tipo de diseño e implementación; estas son regidas por estándares como la IEEE Std 142, API, NFPA y AT, especialidades en cada campo en particular.

4. Electrodos de Puesta a Tierra
Acorde a los requerimientos del RETE, todos los electrodos o varillas de puesta a tierra deben tener una longitud no menor a 2,4m (2400mm) y pueden ser en una (Lx) longitud de electrodo: 2,4m

4.1. Materiales de los electrodos:
Los materiales de los electrodos o varillas permitidos para todos los arreglos del SPT, deben cumplir los siguientes requisitos:

Tipo de Material	Material	Diámetro mm	Área mm²	Resistencia Ω/m	Resistencia Ω
Varilla	Cobre	12,7	127	1,72	41,3
	Acero inoxidable	12,7	127	1,72	41,3
	Acero galvanizado en caliente	12,7	127	1,72	41,3
	Acero inoxidable	12,7	127	1,72	41,3
Tubo	Cobre	25,4	507	0,86	20,3
	Acero inoxidable	25,4	507	0,86	20,3
	Acero galvanizado en caliente	25,4	507	0,86	20,3
	Acero inoxidable	25,4	507	0,86	20,3
Pase	Cobre	38,1	1500	0,27	6,4
	Acero inoxidable	38,1	1500	0,27	6,4
	Acero galvanizado en caliente	38,1	1500	0,27	6,4
	Acero inoxidable	38,1	1500	0,27	6,4
Cable	Cable desnudo	38,1	1500	0,27	6,4
	Cable a cobre estañado	38,1	1500	0,27	6,4

Figura 61 (IEEE Std 142)

Áreas de influencia del electrodo respecto a su longitud y resistencia.

5. Resumen del Sistema de SPT Propuesto

Número de electrodos del sistema: 1
Separación mínima entre electrodos: NA
Utilización de productos químicos: No
Calibre mínimo a barraje Eq.: #4 AWG Cu
Tipo de electrodo: Varilla
Material del electrodo: Cobre
Resistencia esperada: 3,89 Ω
Diagrama del sistema:

Electrodo 12,7mm x 2,4m

5. Resistencia de puesta a Tierra esperada
Cálculo del valor esperado de resistencia de tierra, teniendo en cuenta la configuración especial seleccionada y la longitud del electrodo calculado.

5.1 Configuración del arreglo seleccionado
Una varilla de longitud "L" y radio "a"

$$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \left(\ln \frac{4 \cdot L}{a} - 1 \right)$$

Valor esperado de R_g : 3,89 Ω

Nota: No se requiere el tratamiento del terreno en el lugar de ubicación de los electrodos.

Tabla 8: Tabla utilizada para el cálculo de la malla a tierra del proyecto, según IEEE 80 de 2005.

J. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES

El cálculo económico de conductores es un estudio que se realiza con el fin de establecer en términos de dinero las pérdidas de energía debidas a la resistencia propia de cada conductor. Dichas pérdidas son calculadas mediante la ecuación:

$$E = R \cdot I_{max}^2 \cdot \Delta t$$

Donde **E** es la energía disipada por el conductor, **R** es la resistencia propia del conductor, y se calcula mediante la ecuación $R = \rho \cdot l / S$; **I_{max}** es la corriente máxima que pasará por el conductor y **Δt** es el intervalo de tiempo.

$R = \rho \cdot l / S$: Donde ρ es la resistividad eléctrica del material conductor [Ωm], l es la longitud del circuito [m] y **S** es la sección transversal del conductor en [mm^2]. Sustituyendo se tiene la ecuación:

$$E = \rho \cdot l / S \cdot I_{max}^2 \cdot \Delta t$$

Se deduce que entre mayor sea la resistividad del conductor, mayores serán las pérdidas de energía en el mismo.

La norma especifica las resistividades del cobre y el aluminio a 20°C, con los siguientes valores: $18.35 \times 10^{-9} \Omega m$ para Cu, y $30.3 \times 10^{-9} \Omega m$ para Al.

El cálculo económico se realizará para periodos de una (1) hora, en los diferentes tramos que aplican al proyecto, iniciando en los circuitos de M.T. hasta el transformador; y finalizando en las acometidas parciales de B.T hasta cada tablero o equipo de gran potencia. Finalmente, con la ecuación;

$$\text{Pérdida en \$ por día} = 24 \times E \times \$W$$

Se obtiene la pérdida en \$ por día. Donde $\$W$ es el valor en pesos de cada Wh.

ANALISIS ECONOMICO DE CONDUCTORES

ρ Cobre=	1,8350E-08
---------------	------------

ALIMENTADOR	l=longitud [m]	Calibre conductor	S= seccion del conductor[m ²]	I _{max}	I _{max} ²	Δt[h]	E [Wh]	Perdida \$ x dia
ACOMETIDA PRINCIPAL	30	#3/0	8,50E-04	200,00	40000,00	1	25,903	360,567

PERDIDA TOTAL POR DIA \$ 361

PERDIDA TOTAL POR AÑO \$ 131.607,12

Tabla 9: Perdidas en \$ de los diferentes alimentadores.

Pérdida total por día [\$]: 360.567 a corriente máxima para todas las cargas y factor de simultaneidad 1 en todo el sistema eléctrico.

K. VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES

El cálculo de la corriente requerida para cada circuito ramal se realizó en los cuadros de carga de la sección "A" de este documento; las acometidas de los tableros se calcularon para el diagrama unifilar principal (numeral "Q"). Todos los cálculos fueron comparados con las corrientes expuestas en la tabla 310-16 de la NTC 2050, para elegir el conductor que respaldara esa corriente, más el factor de seguridad, a la temperatura permitida en la normatividad colombiana.

DESCRIPCION DE ACOMETIDA Y ALIMENTADOR	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA (kW)	POTENCIA (kVA)	CORRIENTE NOMINAL [A]	CORRIENTE DISEÑO [A]	CONDUCTOR	CAPACIDAD DE CORRIENTE 75°C [A]	CANTIDAD DE CONDUCTORES X FASE	VERIFICACIÓN CONDUCTOR
ACOMETIDA BT	0,9	67,5	75,00	312,50	390,63	Cu 2#3/0xF	200	2	400,0

CUMPLE

Tabla 10: Verificación de conductores de los diferentes alimentadores.

L. CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECCIÓN DE EQUIPOS

No aplica, ya que no se utilizan estructuras especiales de sujeción.

El diseño se acoge a lo dispuesto por el Operador de Red EMCALI para este tipo de estructuras. El operador de red ya realizó los cálculos correspondientes a la configuración utilizada.

M. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES

Se presenta el siguiente diagrama para la realización de la coordinación de las protecciones:

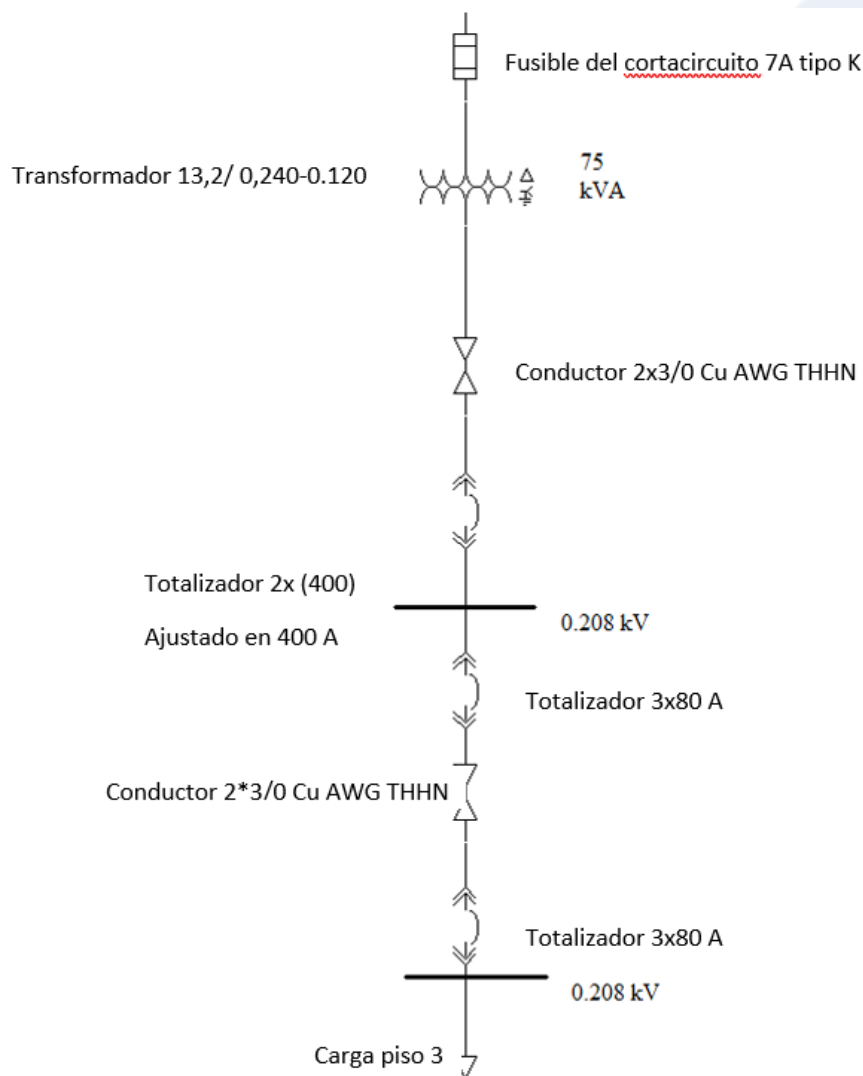


Figura 3. Diagrama unifilar.

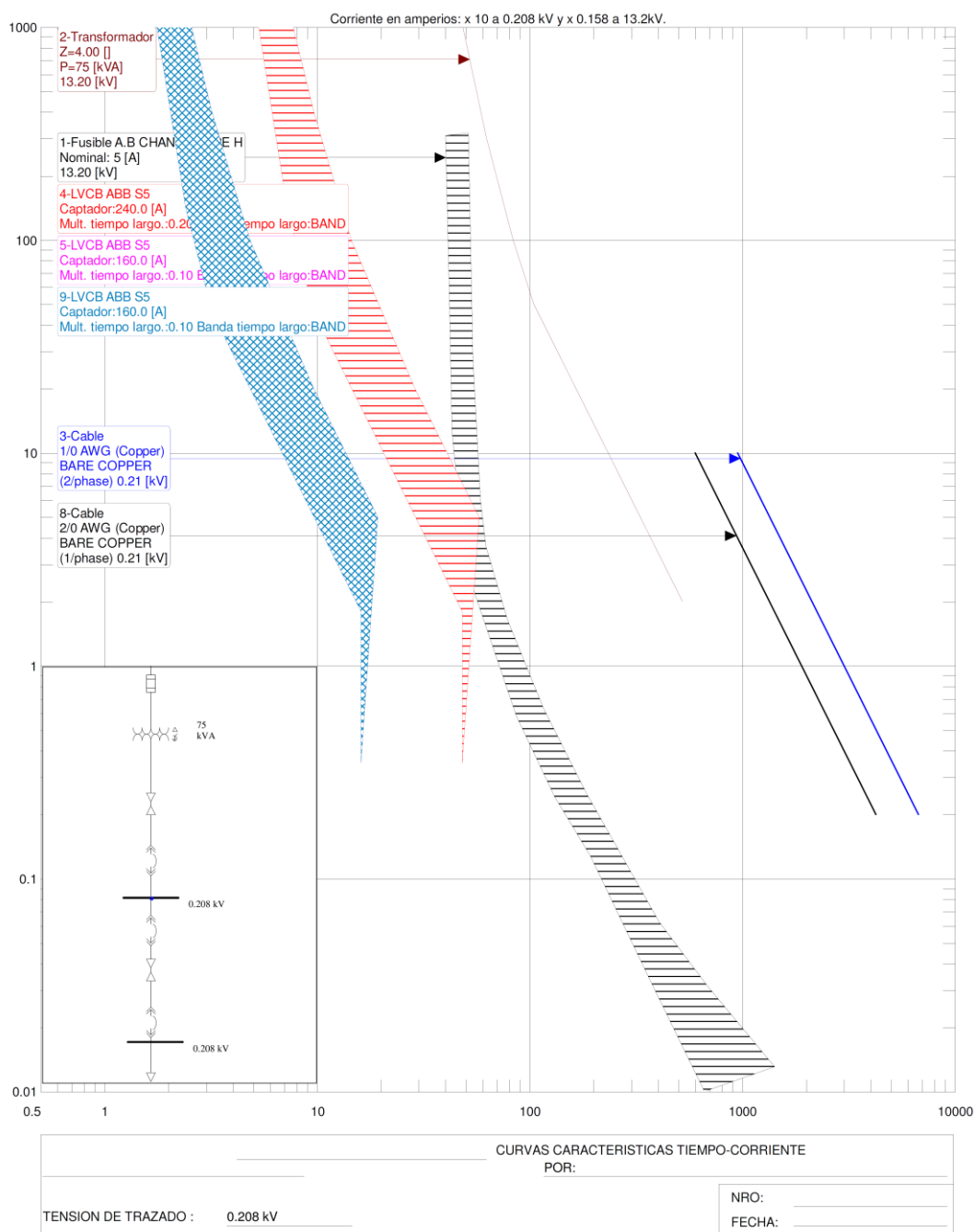


Tabla 11: Resultados de las protecciones sugeridas.

Las gráficas muestran selectividad total en el sistema eléctrico proyectado.

N. CÁLCULO DE CANALIZACIONES

El dimensionamiento de la tubería conduit para canalizar las acometidas eléctricas y los circuitos alimentadores, se realizó siguiendo la tabla C11 del apéndice C de la norma NTC2050; de acuerdo al calibre del cable a utilizar en cada acometida o circuito ramal. Esta tubería está especificada en todos los planos, en los cuadros de carga y en los diagramas unifilares relacionados al proyecto.

- Cálculo de ocupación canalización circuitos en tubería conduit IMC:

Ocupacion de ductos						
Cable Monopolar						
N°	Calibre	Aislante	Cantidad	Diametro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2
1	3/0	CABLE MONOPOLAR 75 (PVC-PVC) 600 V	6	18,24	261,30	1567,80
2	12	CABLE MONOPOLAR 75 (PVC-PVC) 600 V	1	5,36	22,56	22,56
3	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0	60	16,62	0,00
4	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0	60	16,62	0,00
5	12	TTU 90 (XLPE-PVC) 600 V	0	60	16,62	0,00
					Area Total	1590,36 mm2
Tipo de Ducto: Tubo Metalico Intermedio IMC						
Diametro: 3 Pulgadas						
Diámetro mínimo recomendado 4 "					Diametro**	80,7 mm
					Area Total	5114,90 mm2
Max. Ocupacion				40,00%	Ocupación	31,09%

La ocupación para tubería IMC que alberga la acometida principal de distribución tiene una ocupación inferior al 40%, lo que asegura una selección adecuada en este sistema de canalizaciones.

O. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA

Las instalaciones eléctricas presentan pérdidas de energía por diversos motivos, en un proyecto de subestación se evaluarán principalmente las pérdidas de energía relacionadas a la resistividad propia de los materiales conductores, y a las causadas por la constante K de regulación. En el capítulo 11 (Cálculo económico de conductores) se estableció el procedimiento a seguir para calcular las pérdidas de energía debidas a la resistividad del material conductor.

Para conocer las pérdidas de potencia en los conductores, debidas a la regulación, se utiliza la ecuación:

$$P=I*V*Reg\%$$

I Es la corriente en Amperios y se calcula aplicando la ecuación:

$$I=S\sqrt{3*V}$$

Con lo anterior se tiene la siguiente tabla de resultados:

DESCRIPCION DE ACOMETIDA Y ALIMENTADOR	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA (kW)	POTENCIA (kVA)	CORRIENTE NOMINAL	% REG	P=I*V*%REG		CONDUCTOR
						PARCIAL	TOTAL	
ACOMETIDA PRINCIPAL BT	0,9	67,5	75,00	312,50	0,85	552,50	552,50	Cu No 1#3/0xF

Tabla 12: Perdidas de potencia en el sistema eléctrico proyectado.

Las pérdidas totales son de 0.552kW para todo el sistema eléctrico, lo que equivale a 0,8% de la carga demandada.

P. CÁLCULO DE REGULACIÓN

A continuación se presenta el cálculo de regulación de las acometidas:

CÁLCULOS DE PROTECCIONES, ACOMETIDAS, ALIMENTADORES Y REGULACIONES DE CONDUCTORES																
$P = VI \cdot (f.p \cdot e_{ff})$	$I_{Diseño} = \frac{S}{V \cdot \sqrt{3}} \cdot 1,25 \cdot (F.D)$	$Z_{eff} = (R_{AC} \cdot \cos \theta) + (X_L \cdot \sin \theta)$	$Caida_{F-N} = Z_{eff} \cdot long \cdot I_N$	$Caida_{F-F} = Caída_{F-N} \cdot \sqrt{3}$	$\%Reg = \left[\frac{Caida_{F-F}}{V_{taje}} \right] \cdot 100$											
DESCRIPCION DE LA CARGA A ALIMENTAR	EFICIENCIA	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA (W)	POTENCIA (VA)	FACTOR DE DEMANDA	CORRIENTE NOMINAL	CORRIENTE DE DISEÑO*	PROTECCION	CONDUCTOR FASE / NEUTRO	CONDUCTOR TIERRA	Impedancia Eficaz (Z _{eff})	Longitud (Kmts)	Caida F-N (V)	Caida F-F (V)	Voltaje (V)	% Caída
ACOMETIDA PRINCIPAL MINIMA PARA TABLERO GENERAL DE BAJA TENSION	1	0,9	67.500	75.000	1	312,50	390,63	3X400A	Cu No 2#3/0x F + 2#3/0x N	Cu No 2/0 AWG	0,120	0,025	1,17	2,03	240	0,85

Tabla 13: Porcentajes de Regulación.

Podemos verificar que los porcentajes de regulación no sobre pasan el 3,5%.

Q. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS

No aplica. En este proyecto no hay clasificación de áreas según las normas IEC o NFPA.

R. DIAGRAMAS UNIFILARES

A continuación, en la figura 6, se muestra el diagrama eléctrico unifilar de la distribución realizada desde el lado de baja tensión del transformador.

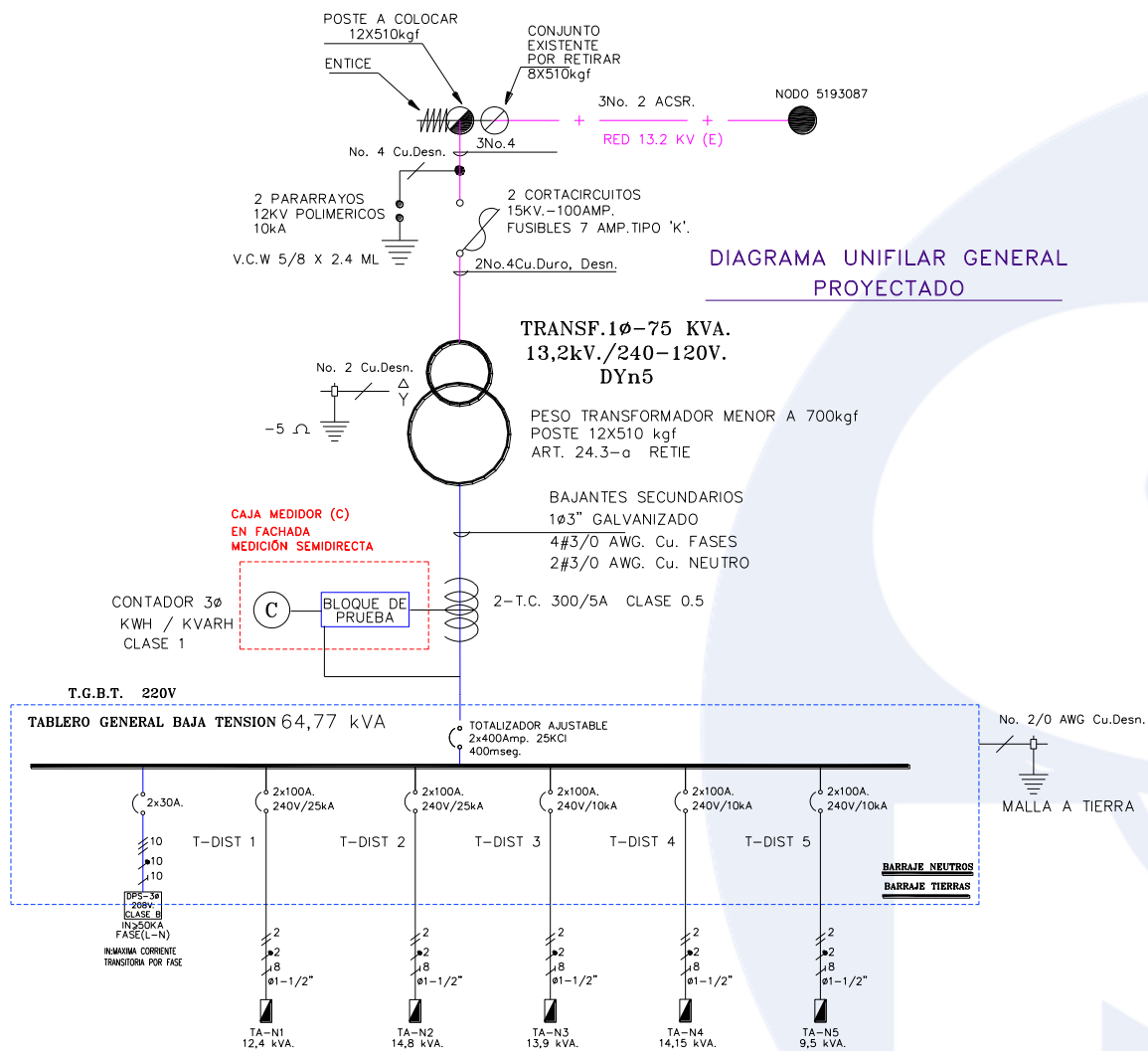


Figura 6. Diagrama unifilar general baja tensión.

S. PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS PARA CONTRUCCIÓN

El diseño eléctrico de este proyecto cuenta con un (1) plano de instalaciones eléctricas, adjuntos, divididos por zonas y/o el tipo de instalación, donde se aplica la normatividad vigente, EMCALI, RETIE 2013, NTC 2050. A continuación se muestra el listado de los planos considerados en el diseño:

PLANO	CONTENIDO
PLA-001	PROYECTO SUBESTACIÓN 75 KVA

T. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS.

Aunque en los planos eléctricos del diseño se especifican las principales características de construcción, a continuación se relaciona las más relevantes:

- Todas las acometidas eléctricas desde la red de media tensión, hasta los tableros de automáticos son en cobre.
- Todos los materiales utilizados para la construcción del sistema eléctrico debe tener certificado de conformidad RETIE vigente.

U. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Teniendo en cuenta que frente al riesgo eléctrico la técnica más efectiva de prevención, siempre será guardar una distancia de seguridad con respecto a las partes energizadas, la subestación tipo seco deberá guardar las distancias mínimas entre tableros de media y baja tensión, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE.

Las partes energizadas a las que el trabajador pueda estar expuesto, se deben poner en condición de trabajo eléctricamente seguro antes de trabajar en o cerca de ellas, a menos que se demuestre que desenergizar introduzca riesgos adicionales.

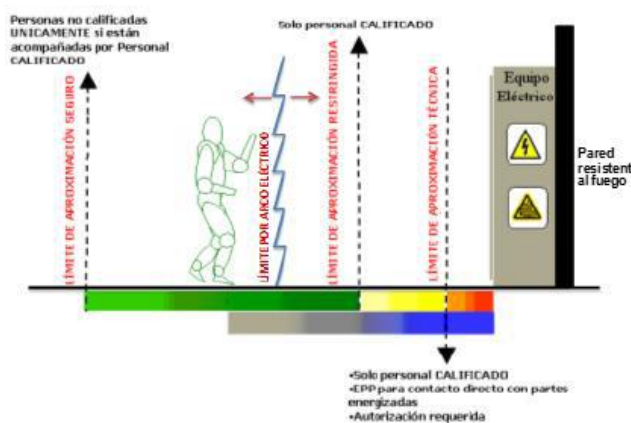


IMAGEN 2: Distancias seguridad RETIE.

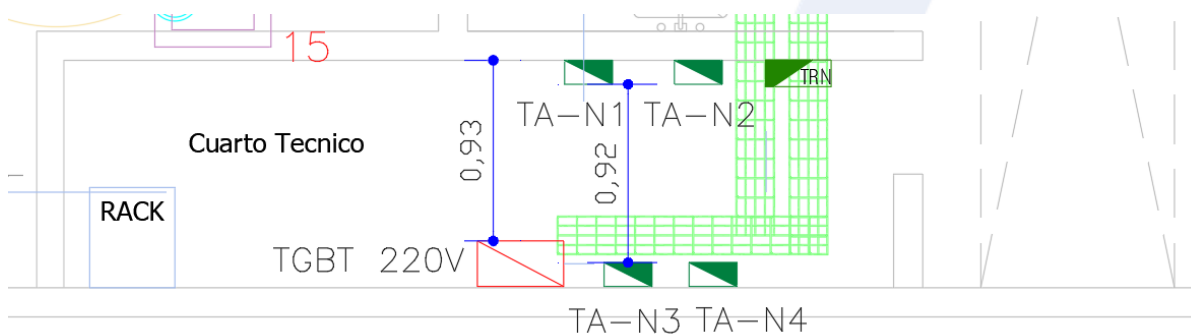


IMAGEN 3: Distancias de seguridad proyectadas tableros BT.

Teniendo en cuenta la figura 13.1 del RETIE se corrobora las distancias de seguridad, tal como se observa a continuación:

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

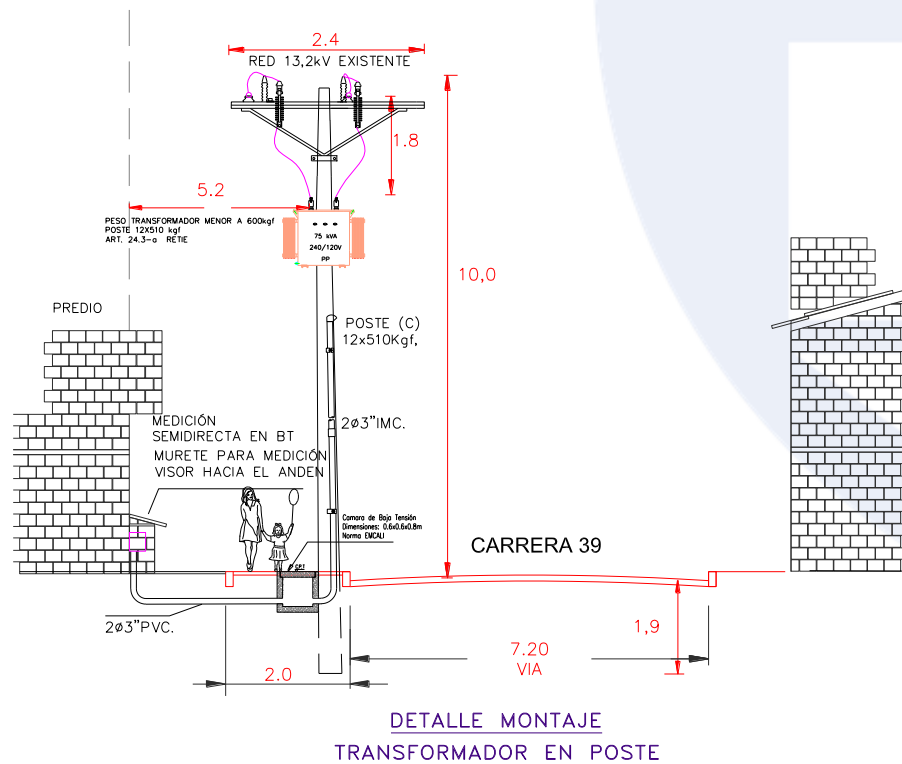
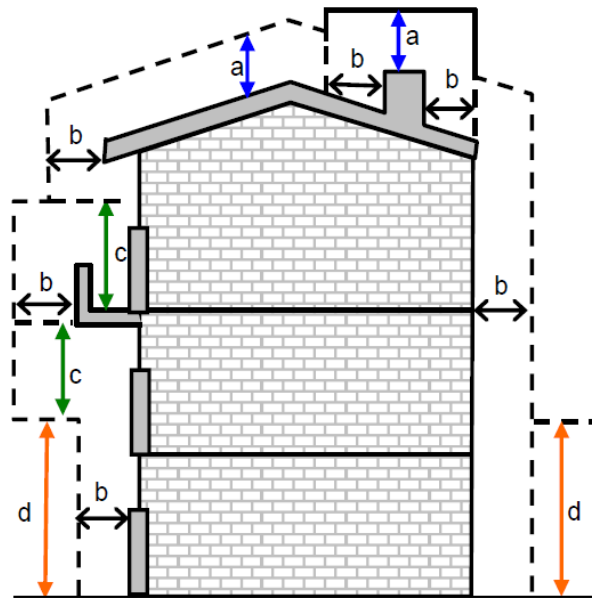


IMAGEN 8: Distancias de seguridad proyectadas Poste.

V. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE DESVIACIÓN DE LA NTC 2050.

En este proyecto no hay desviación de la norma.

W. DEMÁS ESTUDIOS QUE EL TIPO DE INSTALACIÓN REQUIERA PARA SU CORRECTA Y SEGURA OPERACIÓN.

En este proyecto no se aplican estudios adicionales.

Elaborado por:

MILLER HERNAN OROZCO

Ingeniero de electricista

TP: VL 205 - 50531

Tel: 3885539- 3176575486