

DISEÑO ELÉCTRICO CENTRO VIDA



**CONSTRUCCIÓN DEL CENTRO VIDA PARA EL
ADULTO MAYOR EN EL MUNICIPIO DE
CUMARAL - META"**

REVISIÓN DE DOCUMENTO

ELABORÓ	
INGENIERO ELECTRICISTA JONATHAN TAMAYO PARRA MP. QN205-74479	Firma: 
FECHA: 12/2025	

CONTROL DE VERSIÓN

VERSIÓN No.	FECHA	ELABORÓ	DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN
V0	DIC_2025	AFEC	EMISION DEL DOCUMENTO

TABLA DE CONTENIDO

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
a. ALCANCE	4
b. CRITERIOS DISEÑO.....	4
INSTALACIONES INTERNAS E ILUMINACIÓN	5
a. DISEÑO ILUMINACIÓN	5
b. DISEÑO INSTALACIONES INTERNAS	6
Diseño de salidas	6
Circuitos Ramales	6
Tableros de distribución	6
MEMORIAS DE CÁLCULO.....	8
a. ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGA INICIALES Y FUTURAS TENIENDO EN CUENTA EL FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS.	8
b. ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO	14
c. ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITOS Y FALLA A TIERRA.....	14
d. ANÁLISIS DEL NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.	16
e. ANÁLISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS.....	19
f. ANÁLISIS DEL NIVEL DE TENSIÓN REQUERIDO	26
g. CÁLCULOS DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS PARA ASEGURAR QUE EN ESPACIOS DESTINADOS A CTIVIDADES RUTINARIAS DE LAS PERSONAS, NO SUPEREN LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN DEFINIDOS.....	27
h. CÁLCULO DE TRANSFORMADORES INCLUYENDO LOS EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA.	27
i. CALCULO DEL SISTEMA DE PUESTA TIERRA.....	29
j. CALCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES TENIENDO EN CUENTA TODOS LOS FACTORES DE PÉRDIDAS, LAS CARGAS RESULTANTES Y LOS COSTOS DE ENERGIA.	32
k. VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA EL TIEMPO DE DISPARO DE LOS INTERRUPTORES, LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DE LA RED Y LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL CONDUCTOR DE ACUERDO CON LA NORMA IEC-60909, IEEE 242.....	35

l.	CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECCIÓN DE EQUIPOS.	36
m.	CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRE CORRIENTES. EN BAJA TENSIÓN SE PERMITE LA COORDINACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LIMITACIÓN DE CORRIENTE DE LOS DISPOSITIVOS SEGÚN IEC60947-2 ANEXO A.....	37
n.	CÁLCULOS DE CANALIZACIONES (TUBO, DUCTOS, CANALETAS, Y ELECTRODUCTOS) Y VOLUMEN DE ENCERRAMIENTO (CAJAS, TABLEROS, CONDULETAS, ETC.).	41
o.	CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA, TENIENDO EN CUENTA LOS EFECTOS DE ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA.....	44
p.	CÁLCULO DE REGULACION.....	46
q.	CLASIFICACIÓN DE ÁREAS	47
r.	ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS UNIFILARES.....	48
s.	ELABORACIÓN DE PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS PARA CONSTRUCCIÓN	48
t.	ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS, INCLUYENDO LAS DE TIPO TÉCNICO DE EQUIPOS Y MATERIALES Y SUS CONDICIONES PARTICULARES.	48
u.	DISTANCIAS DE SEGURIDAD REQUERIDA	50

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

a. ALCANCE

El presente proyecto tiene como objeto realizar el diseño de instalaciones eléctricas de uso final del proyecto CENTRO VIDA PARA EL ADULTO MAYOR EN EL MUNICIPIO DE CUMARAL - META permitiendo garantizar el suministro del servicio de energía eléctrica en forma confiable, segura y de buena calidad.

b. CRITERIOS DISEÑO

El diseño de las instalaciones eléctricas se elaborará sobre los planos arquitectónicos de planta, en dichos planos se representará de manera individual la localización de las salidas indicando el tipo de carga o aparato que será atendido en cada una de ellas.

Se determinan las salidas necesarias en cuanto a tomas, luminarias y otros aparatos eléctricos. Luego se dimensionan los circuitos y finalmente se elaboran los cuadros de carga, y se seleccionan los tableros de distribución.

Se efectuarán cálculos eléctricos para seleccionar las distintas acometidas parciales y generales; así como un chequeo de regulación y pérdidas para garantizar que estén dentro de los niveles permisibles. Finalmente se elaboran los planos, los cuales contendrán toda la información obtenida en las memorias del diseño.

En términos generales a continuación se resume la normatividad contemplada para la elaboración del diseño:

- RETIE Reglamento Técnico para Instalaciones Eléctricas.
- RETILAP Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.
- NTC 2550 Código Eléctrico Colombiano
- CODENSA Normas de construcción de redes
- NTC 4552 Protección Contra Rayos. Principios Generales.
- NTC 4552-1 Protección Contra Rayos. Manejo del Riesgo.
- NFPA Norma para la protección contra incendios
- EL ABC DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES
- EL ABC DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS EN EDIFICIOS Y COMERCIOS
- INSTALACIONES ELECTRICAS DE BAJA TENSION 2003
- TIERRAS - Favio Casas Ospina

El porcentaje máximo de ocupación contemplado de los ductos es del 40%.

Se utilizará para el cálculo de regulación las constantes suministradas por los fabricantes de cables y encontradas en la norma CODENSA (Adjunta). Por las características especiales del proyecto no se considerará una tasa de crecimiento anual para la carga, lo cual es justificable teniendo en cuenta que se trata de un polideportivo cuya carga es constante en el tiempo.

Ingenieria.raster@gmail.com

AV 40 #16B 159 cc Villacentro, bloq A ofic 302
Villavicencio, Meta

INSTALACIONES INTERNAS E ILUMINACIÓN

a. DISEÑO ILUMINACIÓN

La metodología empleada en el diseño de un sistema de iluminación interior está definida por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP - como el método de las cavidades zonales, el cual consiste en lo siguiente. Para un local dado se consideran tres cavidades, las cuales tienen como límites intermedios planos imaginarios situados uno a la altura del plano de trabajo y otro a la altura de montaje de las luminarias. Las cavidades así delimitadas reciben las denominaciones de cavidad de techo, cavidad del local y cavidad del piso. Con la aplicación de este método se deben cumplir dos objetivos fundamentales para que un diseño sea considerado eficiente. Estos objetivos son:

- ✓ Iluminancia promedio [lx]
- ✓ Valor de Eficiencia Energética de la Instalación [VEEI]

Fórmulas de Iluminación

$$E_{prom} = \frac{\phi_{real} * CU * FM}{A}$$

Donde:

ϕ real: Flujo luminoso real emitido por el número de luminarias (lm)

CU: Coeficiente o factor de utilización

FM: Factor de mantenimiento

A: Área de la edificación (m^2).

$$VEEI = \left(\frac{P * 100lx}{S * E_{prom}} \right) \left[\frac{W}{m^2} * 100 lx \right]$$

Donde:

P: Potencia activa requerida por el número de luminarias a utilizar [W].

S: Superficie o área del plano útil [m^2].

E: Iluminancia promedio horizontal calculada o real en el plano útil [lx].

❖ Niveles para el cálculo de iluminación

De acuerdo con los valores típicos recomendados y niveles de iluminación o luminancia exigidos por el RETILAP (numeral 410.1):

Para algunas locaciones no se requiere efectuar cálculos pues sus áreas son pequeñas, requiriéndose una sola luminaria para garantizar un buen nivel de iluminación.

Se concluye que los niveles de iluminación cumplen ampliamente con los niveles establecidos por la I.E.S. y varían dependiendo el tipo de luminaria a usar, como se muestra en el diseño fotométrico.

b. DISEÑO INSTALACIONES INTERNAS

Diseño de salidas

Las salidas son los puntos en el sistema de alambrado de una instalación interna donde se toma energía eléctrica para alimentar un aparato o equipo.

Circuitos Ramales

Los circuitos ramales es el conjunto de apoyos o canalizaciones y conductores dentro de la instalación interna, que sirve para llevar la energía desde el último dispositivo que protege el circuito contra sobre corriente hasta las salidas.

Las instalaciones internas serán atendidas por circuitos ramales derivados de los tableros de distribución. Los circuitos ramales se clasifican según su capacidad nominal y podrán alimentar cualquier salida o combinación de salidas cuya carga instalada no supere la capacidad nominal del circuito.

El conductor del neutro tendrá el mismo calibre de los conductores de fase, excepto cuando se trate de circuitos tetrafilares balanceados, en cuyo caso se podrá seleccionar un calibre equivalente al 70 % del de los conductores de fase.

Cuando dos circuitos ramales sean de diferente fase y vayan por un ducto común se podrá utilizar un solo conductor de neutro. En este caso el calibre del conductor del neutro será el mismo del conductor de fase de mayor calibre.

Los ductos para circuitos ramales se seleccionarán teniendo en cuenta el calibre y cantidad de conductores alojados, de tal manera que no se exceda el número máximo de conductores por ducto establecidos en las tablas publicadas en el “Código Eléctrico Colombiano” (NTC 2050).

Tableros de distribución

Los tableros de distribución son el conjunto de equipos de protección, barrajes y cableado que recibe las acometidas parciales y del cual se derivan los circuitos ramales. Los tableros de distribución tendrán capacidad para alojar la totalidad de circuitos ramales derivados de ellos, de tal manera que cada circuito ramal tenga una protección independiente.

La protección de cada circuito ramal se hará mediante interruptor automático, con capacidad interruptora superior a la corriente de cortocircuito resultante en el punto de instalación con un mínimo de 15 KA; su



capacidad de corriente nominal o ajustada se seleccionará de tal manera que sea igual o la inmediatamente superior a la carga instalada del circuito ramal, salvo que se trate de circuitos que alimenten motores, en cuyo caso se deberá tener en cuenta lo establecido en el “Código Eléctrico Colombiano” (NTC 2050).

Con base en el diseño elaborado de las instalaciones internas, se elabora un diagrama unifilar y un cuadro de carga por cada tablero de distribución, en el que se consigna para cada circuito ramal la información indicada a continuación:

- N° del circuito ramal.
- Salidas para alumbrado.
- Salidas para tomacorriente.
- Salidas especiales.
- Carga instalada por fase en vatios.
- Tipo y calibre del conductor seleccionado.
- Ductería seleccionada.
- Protección seleccionada.

Para la distribución de circuitos ramales dentro del cuadro de carga en tableros polifásicos se tendrá en cuenta que no exista un desbalance superior al 10 % entre la carga instalada de las distintas fases.

MEMORIAS DE CÁLCULO

a. ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGA INICIALES Y FUTURAS TENIENDO EN CUENTA EL FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS.

Para el análisis de los cuadros de carga se comienza primero en realizar el análisis en el factor de potencia y los efectos de los armónicos en las redes eléctricas.

➤ **Análisis del factor de potencia y armónicos**

Se toma un factor de potencia de 0,95 extractando este valor para “factores de potencia para el cálculo de la demanda” que se describe en las normas de diseño y construcción de sistemas de distribución eléctricos.

Salida	Factor de potencia
Cargas resistivas	1.00
Iluminación sodio, factor corregido	0.90
Iluminación fluorescente, alto factor	0.90
Iluminación fluorescente, factor normal	0.65
Iluminación incandescente	0.95

Tabla 1. Factores de potencia de los equipos.

-FUENTES ARMÓNICAS QUE SE PUEDEN PRESENTAR:

En este proyecto cuyas cargas principales son luminarias LED, los drivers electrónicos generan corrientes no sinusoidales con alto contenido armónico (principalmente impares como 3, 5 y 7), lo que puede producir aumento de pérdidas I^2R en conductores y transformadores (del orden del 8–10% si el THDi es cercano al 30%), corrientes elevadas en el neutro por armónicos de tercer orden, sobrecalentamiento de equipos y posibles resonancias con bancos de condensadores; por ello se recomienda seleccionar luminarias con bajo THDi (<10%) y buen factor de potencia, balancear las fases, dimensionar adecuadamente el neutro y considerar filtros o soluciones activas de mitigación si el nivel global de distorsión es alto.

-CARACTERIZACIÓN DE ARMÓNICOS.

Un armónico es una componente sinusoidal de una señal periódica que tiene una frecuencia la cual es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental.

-DISTORSIÓN ARMÓNICA (THD).

Es una medida del valor de distorsión armónica, es decir la descomposición de la señal periódica en la raíz de la suma infinita de señales múltiplos de la frecuencia fundamental al cuadrado sobre la señal fundamental.

Según la Std IEEE 519; la Distorsión Total Armónica (THD) es usada para definir los efectos de los armónicos de los sistemas de potencia (baja tensión, media tensión y alta tensión). A continuación, se presenta la distorsión armónica total:

$$THD = \sqrt{\frac{\text{sumatoria de todas las magnitudes al cuadrado por los armónicos de tensión}}{\text{El cuadrado de la magnitud de la tensión fundamental}}} * 100 \%$$

Existe un THD (distorsión armónica total) referido a la tensión y uno referido a la corriente, lo cual permite conocer la distorsión armónica total en tensión como en corriente; THDV y THDI. El THDI es generado por las cargas, mientras que el THDV se genera por la fuente como resultado de una corriente muy distorsionada, queriendo decir que cuantas más cargas distorsionantes se tengan en un sistema, mayor probabilidad habrá de producirse distorsión armónica de tensión.

-DISTORSIÓN ARMÓNICA EN TENSIÓN.

Una forma de onda de tensión nunca es exactamente una onda seno de única frecuencia, este fenómeno es denominado "distorsión armónica de tensión" o "distorsión de tensión" y es cuando se asume una forma de onda periódica, que puede ser descrita como la suma de ondas seno con frecuencias que son múltiplos de la frecuencia fundamental. Las componentes no fundamentales son llamadas "distorsión armónica". La distorsión armónica de tensión se puede expresar a partir del factor llamado (THDV), el cual es usado para definir el efecto armónico sobre la tensión en un sistema de potencia de baja, media y alta tensión.

Según la carga instalada, a continuación, se justifica la selección del transformador a instalar:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^n V_h^2}}{V_1} * 100\%$$

Donde:

$\sum_{h=2}^n V_h^2$: La suma de los cuadrados de las amplitudes armónicas de tensión, en donde h es el orden del armónico.

V_1 : En la amplitud de la tensión fundamental.

-DISTORSIÓN ARMÓNICA EN CORRIENTE.

Como la distorsión armónica de tensión es principalmente debida a la corriente de cargas no sinusoidales, la distorsión armónica de tensión y corriente, están fuertemente relacionadas. La distorsión armónica de corriente requiere sobredimensionar una serie de componentes como transformadores y conductores. Cuando las impedancias en serie aumentan con la frecuencia, una corriente distorsionada puede causar más pérdidas que una corriente sinusoidal del mismo valor rms.

El espectro armónico de corriente contiene principalmente 5°, 7°, 11° y 13° componentes armónicas.

La distorsión armónica de corriente se puede expresar a partir del factor llamado (THDI), el cual es usado para definir el efecto armónico sobre la corriente en un sistema de potencia.

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^n I_h^2}}{I_1} * 100\%$$

Donde:

I_1 : Es la amplitud de la corriente fundamental.

La distorsión armónica total de corriente está en términos de la distorsión total de la demanda (TDD), que corresponde a la distorsión armónica de corriente en porcentaje de la máxima demanda de corriente de carga por periodos de 15 a 30 minutos.

EL TDD está definido como:

$$TDD = THD_i \frac{I_F}{I_{Max}} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2} I_h^2} \%}{I_{MAX}}$$

En donde I_F es la corriente de demanda instantánea e I_{Max} , es la corriente máxima presente en el sistema. Todos los valores de distorsión de corriente se dan en base a la máxima corriente de carga (demanda). Es importante notar que los componentes individuales de las corrientes armónicas no se suman directamente para que todo el armónico característico no pueda estar a su límite máximo individual sin exceder el TDD. Límites de corriente armónica para carga no lineal en el punto común de acoplamiento con otras cargas, para tensiones entre 120 - 69,000 V.

Máxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente, en % del Armónico Fundamental						
I_{sc}/I_L	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	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
Los armónicos pares se limitan al 25% de los límites de los armónicos impares mostrados anteriormente						
* Todo equipo de generación se limita a estos valores independientemente del valor de I_{sc}/I_L que presente						
Donde I_{sc} = corriente Máxima de cortocircuito en el punto de acoplamiento común.						
I_L = Máxima demanda de la corriente de carga (a frecuencia fundamental) en el punto de acoplamiento común.						
TDD = Distorsión total de la demanda (RSS) en % de la demanda máxima.						

Tabla 2. IEEE 519, Recomendaciones prácticas y requerimientos para el control armónico en sistemas eléctricos de potencia.

-SECUENCIA ARMÓNICA.

Las señales armónicas presentan distintas secuencias de fase que pueden ser; secuencia positiva tienen la misma rotación de fases que la tensión trifásica aplicada. Aquellas con secuencia negativa tienen rotación de fases opuestas, mientras que las de secuencia cero u homopolar son llamadas armónicas triples.

Si se conectan cargas idénticas en cada fase se tiene un sistema balanceado, y en ausencia de componentes de secuencia cero, se logra una corriente de valor cero en el conductor de neutro. Sin embargo, las componentes de secuencia cero de cargas idénticas con tensiones balanceadas tienen la misma magnitud y ángulo de fase, de esta manera se suman en el conductor de neutro y se producen componentes de secuencia cero iguales al triple de las componentes de cada fase.

Armónico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	N
Secuencia	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	...

Tabla 3. Secuencia armónica.

-EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS.

Los efectos de la distorsión armónica se puede manifestar cómo un número excesivo de fusibles fundidos en bancos de condensadores, sobrecalentamiento y vibraciones mecánicas en transformadores y motores, disparo inexplicable de interruptores, operación incorrecta de contactores y relés, aumento de las intensidades en los conductores de neutro, incluso en redes equilibradas producido por los armónicos triples (3, 6, 9, 12,...) e interferencia con sistemas de comunicación (telemandos y sistemas telefónicos); efectos producidos por los armónicos en los componentes de los sistemas eléctricos han sido analizados tanto para circuitos particulares como para toda una red interconectada, no obstante en algunos casos es muy difícil cuantificarlos en forma específica puesto que dependen de muchos factores. A continuación, se presentarán algunos de los posibles efectos causados por los armónicos en los equipos son:

- Aumento de pérdidas y calentamiento en equipo eléctrico.
- Registros incorrectos en equipos de control y monitoreo
- Sobrecalentamiento del equipo rodante, transformadores y conductores eléctricos.
- Aumento en niveles de ruido audible de equipos eléctricos.
- Fallas en aislamientos de equipos eléctricos.
- Dificultad en arranques de procesos.
- Fallas u operación prematura de dispositivos de protección.
- Condiciones de resonancia armónica en el sistema de Potencia eléctrico del usuario, deteriorando la operación y confiabilidad del sistema y los equipos.
- Fallas de sincronización de disparo en equipos tales como variadores de velocidad.
- Sobre o sub facturación de energía por alteración del valor rms de la tensión y/o corriente que pasa por el medidor de energía.

Es bueno conocer que la operación continua con corrientes armónica excesivas lleva a incrementos de la tensión y sube excesivamente la temperatura, lo que resulta en la reducción de la vida útil de los equipos eléctricos; teniendo en cuenta que la magnitud de los costes originados por la operación de sistemas y equipos eléctricos con tensiones y corrientes distorsionadas puede percibirse considerando lo siguiente:

- Una elevación de sólo 10° C de la temperatura máxima del aislamiento de un conductor de más de una hora, reduce a la mitad su vida útil.
- Un aumento del 10% de la tensión máxima del dieléctrico de un condensador reduce a la mitad su vida útil.

Los motores de inducción son menos afectados por los armónicos que los generadores sincrónicos. Sin embargo la corriente armónica excesiva puede conducir a sobrecalentamiento, particularmente en casos cuando están conectados a sistemas donde capacitores en resonancia con el sistema amplifican uno o más armónicos.

Gracias a un estudio realizado en la universidad de la Salle se encuentra que para los motores de inducción la distorsión armónica para corriente y voltaje son los siguientes:

THDV	3,8%
THDI	9,65%

Tabla 4. Distorsiones armónicas en un motor de inducción.

-THDi PARA DIFERENTE APARATOS DE USO COMÚN.

Gracias a un estudio realizado por la universidad Politécnica Salesiana en Cuenca-Ecuador, determinó la tasa de distorsión armónica para diferentes aparatos de uso común. En la siguiente tabla muestras estos porcentajes:

Aparatos	THDi
Focos ahorradores	101.79%
Cafetera eléctrica	2.489%
Computador con monitor	123.93%
Laptop marca HP	122.64%
Microondas	29.22%
Refrigerador	8.038%
TV de 20pulg	122.038

Tabla 5. Distorsiones armónicas para aparatos de uso común.

-PÉRDIDAS DE POTENCIA OCASIONADAS POR LOS ARMÓNICOS.

Para calcular las pérdidas de potencia ocasionadas por los armónicos, se realiza por el método aportado por Cummings; las pérdidas adicionales debido a los armónicos (Parmónicos) pueden ser calculadas aproximadamente con la expresión:

$$P_{armónicas} = P_{no\ min\ al} * \Delta W_n \quad \Delta W = 35 \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n^2} \left[\frac{V_n}{V_1} \right]^2$$

Una vez analizado el factor de potencia y el efecto de los armónicos se procede a elaborar el cuadro de carga.

TABLERO GENERAL:

TABLERO ELÉCTRICO GENERAL							
CTO			POTENCIA	CORRIENTE	CALIBRE	BREAKER	DESCRIPCIÓN
			[W]	[A]	THWN	[A]	
1 2 3			8.876	32,4	8	3X40	TABLERO ILUMINACION
4 5 6			15.450	56,3	6	3X60	TABLERO TOMAS
7 8 9			4.476	17,3	8	3X30	TABLERO BOMBAS DE ALTA PRESIÓN
TOTAL			28.802	94,5	2	3X100	

TABLERO ILUMINACIÓN:

TABLERO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN											
CTO	ILUMINACION		ILUMINACION		ILUMINACION		POTENCIA	CORRIENTE	CALIBRE	BREAKER	DESCRIPCIÓN
	N°	W/SALIDA	N°	W/SALIDA	N°	W/SALIDA	[W]	[A]	LSZH	[A]	
1	3	50	2	36			222	1,85	12	1X20	ILUMINACIÓN TARIMA,CAMERINO,CUARTO EQUIPOS
2	16	50	3	36	3	18	962	8,02	12	1X20	ILUMINACIÓN COMEDOR,COGINA,LAVADO
3			7	36	1	18	270	2,25	12	1X20	ILUMINACIÓN GIMNASIO,CUARTO DE CONTROL
4	4	50	14	40	2	24	808	6,73	12	1X20	ILUMINACION OFICINAS, ORATORIO, BAÑOS
5	18	50					900	7,50	10	1X20	ILUMINACION PINTURA, LECTURA, EMPRENDIMIENTOS
6			8	18			144	1,20	12	1X20	ILUMINACION PASILLO
7			8	18			144	1,20	12	1X20	ILUMINACION PASILLO
8							0	0,00	12	1X20	RESERVA
9			9	18			162	1,35	12	1X20	ILUMINACION PASILLO
10			7	18			126	1,05	12	1X20	ILUMINACION PASILLO
11			16	2			32	0,27	12	1X20	ILUMINACION DE EMERGENCIA
12			12	40			480	4,00	12	1X20	ILUMINACIÓN ENFERMERIA,OFICINA
13	30	50					1.500	12,50	10	1X20	ILUMINACIÓN SALÓN MÚLTIPLE
14	21	50					1.050	8,75	10	1X20	ILUMINACIÓN SALÓN MÚLTIPLE
15	16	36					576	4,80	12	1X20	ILUMINACIÓN ZONA DE MINI TEJO, HAMACAS
16	6	100					600	5,00	8	1X20	ILUMINACIÓN EXTERIOR CTO 16
17	7	100					700	5,83	8	1X20	ILUMINACIÓN EXTERIOR CTO 17
18	4	50					200	1,67	12	1X20	ILUMINACIÓN PASILLO
TOTAL	125		86		6		8.876	32,4	8	3X40	

TABLERO BOMBAS DE ALTA PRESIÓN

TABLERO BOMBAS DE ALTA PRESIÓN							
CTO			POTENCIA	CORRIENTE	CALIBRE	BREAKER	DESCRIPCIÓN
			[W]	[A]	THWN	[A]	
1 2 3			2.238	8,6	10	3X20	BOMBA 1
4 5 6			2.238	8,6	10	3X20	BOMBA 2
TOTAL			4.476	17.3	8	3X30	

TABLERO TOMAS:

TABLERO ELÉCTRICO TOMAS							
CTO	TOMAS		POTENCIA	CORRIENTE	CALIBRE	BREAKER	DESCRIPCIÓN
	N°	W/SALIDA	[W]	[A]	LSZH	[A]	
1	4	180	720	6,00	10	1X20	TOMAS SALÓN DE LECTURA
2	4	180	720	6,00	10	1X20	TOMAS SALÓN DE PINTURA
3	4	180	720	6,00	10	1X20	TOMAS SALÓN DE EMPRENDIMIENTOS
4	4	180	720	6,00	12	1X20	TOMAS ENFERMERÍA Y OFICINA
5	8	180	1.440	12,00	10	1X20	TOMAS COMEDOR
6	6	180	1.080	9,00	12	1X20	TOMAS COCINA, LAVADO, ALMACENAMIENTO
7	1	600	600	5.00	12	1X20	TOMA NEVERA

8	3	180	540	4,50	12	1X20	TOMAS CUARTO DE CONTROL, ORGANICO, RECICLAJE
9	5	180	900	7,50	12	1X20	TOMAS TARIMA, CUARTO DE EQUIPOS, CAMERINO
10	4	180	720	6,00	12	1X20	TOMAS ORATORIO, PASILLO
11	6	180	1.080	9,00	12	1X20	TOMAS OFICINA CENTRO DE VIDA, CABILDO
12	2	180	360	3,00	12	1X20	TOMAS PASILLO
13	1	1.000	1.000	8,33	12	1X20	TOMA CAMINADORA 1
14	1	1.000	1.000	8,33	12	1X20	TOMA CAMINADORA 2
15	1	1.000	1.000	8,33	12	1X20	TOMA CAMINADORA 3
16	1	600	600	5,00	12	1X20	TOMA LAVADORA 1
17	1	600	600	5,00	12	1X20	TOMA LAVADORA 2
18-20	1	3.100	3.100	14,09	8	2X30	ALIMENTACIÓN TABLERO REGULADO
19-21	1	4.000	4.000	18,18	8	2X30	AIRE ACONDICIONADO
22-24	1	3.000	3.000	13,64	8	2X30	ALIMENTACION UPS
23			0	0,00	12	1X20	RESERVA
TOTAL	59		20.900	56,3	6	3X60	

TABLERO TOMAS REGULADOS:

TABLERO ELÉCTRICO REGULADO							
CTO	TOMAS		POTENCIA	CORRIENTE	CALIBRE	BREAKER	DESCRIPCIÓN
	N°	W/SALIDA	[W]	[A]	LSZH	[A]	
1	3	180	540	4,50	12	1X20	TOMAS ENFERMERÍA Y OFICINA
2	6	180	1.080	9,00	12	1X20	TOMAS OFICINA CENTRO DE VIDA, CABILDO
3	1	180	180	1,50	12	1X20	TOMA TARIMA
4	1	300	300	2,50	12	1X20	TOMA PROYECTOR SALÓN MÚLTIPLE
5	1	1.000	1.000	8,33	12	1X20	TOMA RACK
6			0	0,00	12	1X20	
TOTAL	12		3.100	17,6	8	2X30	

b. ANALISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO

Por criterio de diseño y construcción el uso mínimo de los conductores deberá tener una temperatura a 60°C con un tipo de aislamiento resistente a la humedad y resistente al calor debido a las condiciones ambientales del sitio. En este caso, se proyecta el uso de cable LSZH (Low Smoke Zero Halogen), para la protección del conductor frente a sometimiento mecánico. En caso de requerirse cinta aislante para los empalmes se debe utilizar cinta con un aislamiento básico de 1kV.

c. ANALISIS DE CORTOCIRCUITOS Y FALLA A TIERRA

Para el caso donde se desconoce la impedancia del circuito de alimentación a la red (impedancia del transformador, red de distribución y acometida), se admite que en caso de cortocircuito la tensión en el inicio de las instalaciones de los usuarios se puede considerar como 0,8 veces la tensión de suministro. Se toma el defecto fase a tierra como el más desfavorable, y además se supone despreciable la inductancia de los cables. Esta consideración es válida cuando el centro de transformación, origen de la alimentación, está

situado fuera del predio o lugar del suministro efectuado, en cuyo caso habría que considerar todas las impedancias.

Por lo tanto, se puede emplear la siguiente fórmula simplificada:

$$I_{CC} = \frac{0,8 * V_{LN}}{R}$$

Donde:

I_{CC} : Intensidad de cortocircuito máxima en el punto considerado.

V_{LN} : Tensión de alimentación fase-neutro (120V).

R : Resistencia del conductor de fase entre el punto considerado y la alimentación.

Normalmente el valor de R deberá tener en cuenta la suma de las resistencias de los conductores entre la caja general de protección y el punto considerado en el que se desea calcular el cortocircuito, por ejemplo, el punto donde se emplaza el cuadro con los dispositivos generales de mando y protección. Para el cálculo de R se considerará que los conductores se encuentran a una temperatura de 20°C, para obtener así el valor máximo posible de I_{CC} .

Corrientes de cortocircuito								
	I_{k3max}	I_{k2max}	I_{k1max}	I_{k2min}	I_{k1min}	I_{efmin}	I_{ef2min}	I_{efmax}
Modo de explotación Normal								
(kA)	3,28	2,84	3,03	2,35	2,38	2,72	NA	3,14

PARA EL TRANSFORMADOR DE 30 KVA		
Cálculo de cortocircuito del transformador		
2- Z_{pu} =	Z transformador (datos de placa)	
$Z\%$ =		35
Z_{pu} =		0,03
Transformador seleccionado en kVA		30
Nivel de tensión en el primario en kV		13,2
Nivel de tensión en el secundario en kV		0,208
$\ln(MT) =$	1,31	$\ln(BT) =$ 83,3
Corriente de cortocircuito simétrica 3 fases en el primario		
1- $I_{CC}(M.T) =$	3 fases $kVA_{base}/(Z_{pu})kV$	
	$I_{CC}(M.T) =$	$30/(0,03*(\sqrt{3}*13,2))$
	$I_{CC}(M.T) =$	43,74 A
Corriente de cortocircuito simétrica 3 fases en el secundario		
2- $I_{CC}(B.T) =$	3 fases $kVA_{base}/(Z_{pu})kV$	
	$I_{CC}(B.T) =$	$30/(0,03*(\sqrt{3}*0,208))$
	$I_{CC}(B.T) =$	2.775,7 A

d. ANALISIS DEL NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.

El propósito de la evaluación del nivel de riesgo es establecer la necesidad de utilizar un sistema de protección contra rayos en una estructura dada, y determinar si este sistema debe ser integral. La evaluación del nivel de riesgo es el elemento más importante en el procedimiento para diseñar un sistema de protección contra rayos, y especialmente en el procedimiento para diseñar un sistema de protección contra rayos, y especialmente en el procedimiento de selección de nivel de protección.

Para el análisis se usó el programa de Seguridad Eléctrica Ltda, “Análisis de Riesgo por Rayos” basado en las normas NTC 4552 -2 y IEC 62305-2.

PROGRAMA DE CÁLCULO DEL RIESGO POR DESCARGAS ATMOSFERICAS BASADO EN IEC 62305-2 2006

CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA			
L	Ingrese el largo de la estructura L (m)	43	<  >
W	Ingrese el ancho de la estructura W (m)	55	<  >
H_b	Ingrese la altura máxima de la estructura H (m)	7	<  >
	Marque si la estructura posee parte sobresaliente.	☐	Imagen de estructura
H_p	Ingrese la altura máxima de la estructura sobresaliente H_p (m)	0	<  >
Cd/b	Seleccione la ubicación de la estructura	Rodeado por objetos o árboles de la misma o menor 	
Ce	Seleccione el ambiente donde se localizan las acometidas	Suburbano con edificios de altura inferior a 10 m 	
r_u	Seleccione el tipo de suelo existente en el interior	Agrícola, hormigón 	
r_a	Seleccione el tipo de terreno existente en el exterior	Agrícola, hormigón 	
N_g	Ingrese la densidad de descargas atmosféricas a tierra (Rayos/km ² -año)	1	<  >
DDT	Mapa de Venezuela con densidad de descargas atmosféricas a tierra	Mapa y tabla con valores de referencia (DDT)	
CARACTERÍSTICAS DE LOS SERVICIOS			
ACOMETIDA DE POTENCIA			
	Marcar si la acometida de potencia proviene de una estructura adyacente	☐	Imagen de estructura adyacente
La	Ingrese la longitud de la estructura adyacente La (m)	0	<  >
Wa	Ingrese el ancho de la estructura adyacente Wa (m)	0	<  >
Ha	Ingrese la altura de la estructura adyacente Ha (m)	0	<  >
p	Resistividad del suelo p (Ωm) (Considerar hasta un máximo de 500 Ωm)	50	<  >
Cd/a	Seleccione como es el lugar donde se encuentra el servicio	Rodeado por objetos o árboles de la misma o menor 	
	Seleccione el tipo de la acometida	Aérea ☐	Enterrada o Subterránea ☒
Hc	Ingrese la altura de los conductores del servicio sobre el terreno Hc (m)	0	<  >
Lc	Ingrese la longitud de la acometida de servicio Lc (m)	10	<  >
Ct	Seleccione la existencia de transformador AT/BT en la acometida	Servicio con un transformador de dos arrollamientos 	

ACCIONES PREVENTIVAS FRENTE AL RIESGO POR RAYO

Marque las medidas adoptadas frente a los voltajes de paso y contacto (P_A)

Sin medidas de protección	☐	Colocación de avisos o señalizaciones de advertencia	☒
Aislamiento eléctrico de conductores expuestos (Bajantes)	☒	Empleo de refuerzos estructurales (Cabillas) como bajantes	☐
Equipotencialización efectiva del terreno	☒	DPS previstos de conexión equipotencial (IEC 62305-3)	☒

Seleccione el nivel de protección de la estructura utilizado contra rayos (P_B)

No protegida por un SPCR (Sistema Protección Contra Rayo)	☒	Protegida por un SPCR Nivel I	☐
Protegida por un SPCR Nivel IV	☐	Protegida por SPCR Nivel I y cabillas como bajantes	☐
Protegida por un SPCR Nivel III	☐	SPCR completo, techo metálico con armaduras metálicas continuas actuando como conductores de bajada	☐
Protegida por un SPCR Nivel II	☐		

Seleccione el nivel de protección interno utilizado contra sobrevoltajes (P_C)

Sin protección coordinada de dispositivos DPS	☒	Protección interna coordinada con DPS Nivel I	☐
Protección interna coordinada con DPS Nivel III o IV	☐	Utilización de DPS con mejores características al Nivel I	☐
Protección interna coordinada con DPS Nivel II	☐	NOTA: Los DPS son Dispositivos Protección Contra Sobrevoltajes	

Seleccione el tipo de cableado interno

K_{S3}	Sin apantallar y sin precauciones de cableado para evitar bucles, área del lazo en el orden de 50 m^2	☐
K_{S3}	Sin apantallar y con precauciones de cableado para evitar grandes bucles, área del lazo en el orden de 10 m^2	☒
K_{S3}	Sin apantallar y con precauciones de cableado para evitar bucles, área del lazo en el orden de $0,5 \text{ m}^2$	☐
K_{S3}	Apantallado con resistencia de la pantalla entre $5 < R_s < 20 \text{ } \Omega/\text{Km}$, puesta a tierra en ambos extremos a la barra equipotencial	☐
K_{S3}	Apantallado con resistencia de la pantalla entre $1 < R_s < 5 \text{ } \Omega/\text{Km}$, puesta a tierra en ambos extremos a la barra equipotencial	☐
K_{S3}	Apantallado con resistencia de la pantalla entre $1 < R_s \text{ } \Omega/\text{Km}$, puesta a tierra en ambos extremos a la barra equipotencial	☐
K_{S3}	Marque la casilla si la pantalla del cable esta conectada en ambos extremos a la barra equipotencial donde se conecta el equipo	☐
K_{S1}	Si la estructura a proteger posee pantallas metálicas continuas de espesor entre $0,1 \text{ mm}$ y $0,5 \text{ mm}$ marque la casilla	☐
w	Ancho de la malla de la pantalla espacial o malla de conductores de bajada o distancia entre columnas metálicas cuando actúan como SPCR natural $w \text{ (m)}$	0,03 < >

TIPOS DE CANALIZACION

Canalización metálica PAT ambos extremos a barra equipotencial	☒	Canalización NO Metálica	☐
Están las estructuras metálicas, canalizaciones, acometidas de servicio y DPS conectados equipotencialmente según IEC 62305-3			☒

Seleccione el menor valor de voltaje soportable al impulso U_w del equipamiento

Hasta un máximo de $1,5 \text{ KV}$	☒	Hasta un máximo de 4 KV	☐
Hasta un máximo de $2,5 \text{ KV}$	☐	Hasta un máximo de 6 KV	☐

Seleccione el voltaje soportado al impulso U_w en función del tipo de cable

Cable línea de telecomunicación (aislante de papel) $1,5 \text{ KV}$	☒	Cable de potencia 60 KV	☐
Cable línea de telecomunicación (aislante de PVC o PE) 5 KV	☐	Cable de potencia 75 KV	☐
Cable de potencia 15 KV	☐	Cable de potencia 95 KV	☐
Cable de potencia 45 KV	☐	Cable de potencia 125 KV	☐

EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS			
PÉRDIDAS DE VIDAS HUMANAS			
L _o	Es una estructura con riesgo de explosión	☒	Es una Instalación médica o hospital
L _f	Seleccione la actividad o el uso destinado a la estructura		Entretimiento público, iglesias, museos
L _t	Marque si existe la posibilidad de que seres vivos estén expuestos a voltajes de	☒	En el interior de la estructura
L _t	paso y contacto: dentro, fuera o en ambos sitios de la estructura	☒	En el exterior de la estructura
Seleccione el riesgo de incendio R _f			
	Ninguno	☒	Alto (Estructura fabricada con material combustible)
	Bajo (Almacena material combustible ocasionalmente)	☐	Explosiva (Estructura con riesgo de explosión)
	Normal (Almacena material combustible en forma permanente)	☐	
Seleccione la medida de prevención para reducir las consecuencias por fuego			
r _p	Una de las siguiente medidas: Extintores; rociadores; instalaciones de alarma manual; hidrantes; compartimientos contra fuego;		
Seleccione la situación especial de peligro			
h _z	Nivel medio de pánico (edificaciones para eventos culturales o deportivos, de 100 a 1000 personas)		
PÉRDIDA DE SERVICIOS ESCENCIALES			
	Gas, agua	☒	Red de potencia, Telecomunicaciones, TV
PÉRDIDA DE HERENCIA CULTURAL IRREEMPLAZABLE			
	Seleccione si existe herencia cultural irreemplazable en la edificación		☐
PÉRDIDAS ECONÓMICAS			
L _o	Seleccione la actividad o el uso destinado a la estructura		Museo, agricultura, escuelas, iglesias, entretenimiento
L _f	Seleccione la actividad o el uso destinado a la estructura		Hotel, comerciales, escuela, oficina, iglesia, entretenimiento
	Marque la casilla si es una propiedad donde puede producirse pérdida de animales		☐
EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LA ESTRUCTURA			
RESULTADO DE RIESGO EN PERDIDAS DE VIDAS			
R1	VALOR CALCULADO DEL RIESGO	<	RT VALOR TÍPICO DE RIESGO TOLERABLE
	0,000000	<	0,00001
DEBIDO AQUE R1 < RT EL RIESGO ESTADENTRO DE MARGENES REQUERIDOS			
RESULTADO DE RIESGO EN PERDIDAS SERVICIO PÚBLICO			
R2	VALOR CALCULADO DEL RIESGO	<	RT VALOR TÍPICO DE RIESGO TOLERABLE
	0,000041	<	0,001
DEBIDO AQUE R2 < RT EL RIESGO ESTADENTRO DE MARGENES REQUERIDOS			
RESULTADO DE RIESGO EN PATRIMONIO CULTURAL			
R3	VALOR CALCULADO DEL RIESGO	<	RT VALOR TÍPICO DE RIESGO TOLERABLE
	0,000000	<	0,001
DEBIDO AQUE R3 < RT EL RIESGO ESTADENTRO DE MARGENES REQUERIDOS			
RESULTADO DE RIESGO EN PERDIDAS ECONÓMICAS			
R4	VALOR CALCULADO DEL RIESGO	<	RT VALOR TÍPICO DE RIESGO TOLERABLE
	0,000004	<	0,0001
DEBIDO AQUE R4 < RT EL RIESGO ESTADENTRO DE MARGENES REQUERIDOS			

Figura 2. Resultados evaluación de riesgo contra descargas atmosféricas.

El riesgo para este proyecto es de nivel bajo, está controlado y no presenta pérdidas de vidas humanas, servicio público, ni patrimonio cultural, como medida de protección se debe instalar puesta a tierra en el tablero general de acometidas y estar conectada equipotencialmente a todos los dispositivos instalados, por lo tanto, no requiere sistema de apantallamiento.

e. ANALISIS DE RIESGO DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS

Por regla general, todas las instalaciones eléctricas tienen implícito un riesgo y ante la imposibilidad de controlarlos todos en forma permanente, se seleccionaron algunos factores, que al no tenerlos presentes ocasionan la mayor cantidad de accidentes.

En el siguiente cuadro usted puede identificar los factores de riesgo más comunes de tipo eléctrico y las medidas de prevención y control:

• Cables, empalmes y extensiones defectuosas • Instalaciones eléctricas provisionales o temporales			Inspeccionar periódicamente los empalmes y conexiones, y cambiar o proteger las partes deterioradas. Los empalmes en los cables eléctricos deben hacerse en forma correcta aunque las instalaciones sean provisionales y deben ser forrados con material aislante.
Falta de conexión a tierra, en máquinas, herramientas y tomacorriente.			Las partes metálicas de las máquinas y herramientas eléctricas, aunque no estén ligados a la corriente eléctrica pueden conducirla provocando un accidente. Para evitar esto todas las máquinas y herramientas deben ser debidamente conectadas a tierra o tener doble insulated, verificando que el circuito si este aterrizado.
Circuitos eléctricos sobrecargados, por mala distribución de estos o en toma corriente se colocan varias herramientas o extensiones			Toda nueva instalación eléctrica debe ser hecha por personal especializado y autorizado para ello. Una práctica común especialmente en las casas, es que a medida que aumenta la necesidad de energía, se van haciendo nuevas instalaciones eléctricas que recargan el sistema, provocando corto-circuitos. Todo toma corriente no debe tener más de una extensión o herramienta instalada.

Instalaciones eléctricas sin canalizar y fusibles reforzados o alterados			Las instalaciones no deben quedar expuestas, es decir deben ser embutidas en tuberías especialmente diseñadas para este fin. Los cables de toda instalación deben estar identificados claramente según el código de colores. Los alambres y los cables no deben estar colgados de clavos u otros ganchos de metal, pues estos pueden perforar la cubierta aislante de los mismos. Comprobar las características de los fusibles originales, porque si están alteradas estos pierden su capacidad de respuesta ante una sobre carga del circuito y pueden provocar un corto-circuito y ocasionar un incendio
Dispositivos de desconexión (fusibles, interruptores, cuchillas, suiches)			En toda instalación debe existir un dispositivo que permita interrumpir la corriente de todos los conductores activos, en caso de una emergencia y este debe estar al alcance de los trabajadores

Comportamientos peligrosos más comunes en el trabajo con la electricidad en las viviendas.

Comportamientos peligrosos	Medidas de prevención y control
Trabajar en circuitos vivos de bajo voltaje y creer que no son peligrosos.	¿ Instruir a los trabajadores en los riesgos de bajo voltaje. ¿ Utilizar el equipo de protección personal. Trabajar sobre una manta aislada. ¿ Utilizar herramienta dieléctrica. ¿ Aplicar las reglas de oro.
Trabajar en circuitos vivos y creer que están desenergizados.	¿ SIEMPRE estar seguro que todos los circuitos que se vayan a intervenir sean abiertos y etiquetados correctamente (hacer mediciones o comprobaciones). ¿ Considerar todo circuito como energizado, hasta no verificar lo contrario y tomar las medidas preventivas. ¿ Conocer el sistema eléctrico afectado.
No usar los elementos de protección personal.	¿ Aun cuando se trate de circuitos abiertos (desenergizados) usar SIEMPRE guantes, herramientas aisladas y pararse sobre plataforma aislante.

Utilizar anillos, cadenas, relojes, ropa suelta, correas con chapas anchas, pelo largo y suelto.	¿ Quitarse anillos, cadenas, relojes antes de comenzar a trabajar. ¿ El cabello debe estar recogido o corto. ¿ Las correas con chapas grandes se deben quitar. ¿ Utilizar la ropa pegada al cuerpo.
Arrastrar por el piso las extensiones y los cables	¿ Transportar las extensiones y los cables de tal forma que estos no se vean afectados en su estructura.

RIESGO A EVALUAR:			ELECTROCUCIÓN		por		ARCO ELÉCTRICO		(al) o (en)		RED DE MEDIA-BAJA TENSIÓN Y TRANSFORMADOR	
			EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL _X_			REAL ____			FRECUENCIA						
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		A	B	C	D	E		
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empres	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa		
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO		
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO		

Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento o laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador: Jonathan Tamayo Parra MP: QN205-74479 Fecha: 18/12/2025

	CONSECUENCIAS	FRECUENCIA	NIVEL	MEDIDAS DE PROTECCIÓN
En personas	5	D	ALTO	- Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos - Mantener una distancia de seguridad - Usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta
Económicas	1	D	BAJO	
Ambientales	1	D	BAJO	
En la imagen de la empresa	2	D	BAJO	

RIESGO A EVALUAR:		ELECTROCUCIÓN		por		CONTACTO DIRECTO		(al) o (en)		RED DE MEDIA-BAJA TENSIÓN Y TRANSFORMADOR	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL _X_			REAL ____			FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		A	B	C	D	E	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empres	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial	Daños mayores,	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	

permanente	Salida de Subestación								
Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento o laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador: Jonathan Tamayo Parra					MP: QN205-74479	Fecha: 18/12/2025			

	CONSECUENCIAS	FRECUENCIA	NIVEL	MEDIDAS DE PROTECCIÓN
En personas	5	D	ALTO	- Establecer distancias de seguridad. - Interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas. - Utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra. - Probar ausencia de tensión. - Doble aislamiento.
Económicas	1	D	BAJO	
Ambientales	1	D	BAJO	
En la imagen de la empresa	2	D	BAJO	

RIESGO A EVALUAR:			ELECTROCUCIÓN		por	CONTACTO INDIRECTO		(al) o (en)	RED DE MEDIA-BAJA TENSIÓN Y TRANSFORMADOR		
			EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO			FUENTE		
POTENCIAL _X_			REAL ____			FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		A	B	C	D	E	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido o en la Empres	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	
	Incapacidad parcial	Daños mayores,	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	

permanente	Salida de Subestación								
Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento o laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador:	Jonathan Tamayo Parra	MP:	QN205-74479	Fecha:	18/12/2025
------------	-----------------------	-----	-------------	--------	------------

	CONSECUENCIAS	FRECUENCIA	NIVEL	MEDIDAS DE PROTECCIÓN
En personas	5	D	ALTO	- Separación de circuitos - Uso de muy baja tensión - Distancias de seguridad - Conexiones equipotenciales - Sistemas de puesta a tierra - Interruptores diferenciales - Mantenimiento preventivo y correctivo
Económicas	1	D	BAJO	
Ambientales	1	D	BAJO	
En la imagen de la empresa	2	D	BAJO	

RIESGO A EVALUAR:		ELECTROCUCIÓN		por		CORTOCIRCUITO		(al) o (en)		RED DE MEDIA- Y TRANSFORMADOR	
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO		FUEENTE					
POTENCIAL _X_			REAL ____			FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		A	B	C	D	E	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	

Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador: Jonathan Tamayo Parra MP: QN205-74479 Fecha: 18/12/2025
--

	CONSECUENCIAS	FRECUENCIA	NIVEL	MEDIDAS DE PROTECCIÓN
En personas	3	D	MEDIO	• Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente • cortacircuitos fusibles
Económicas	3	D	MEDIO	
Ambientales	1	E	MUY BAJO	
En la imagen de la empresa	1	D	BAJO	

RIESGO A EVALUAR:		ELECTROCUCIÓN		por		ELECTRICIDAD		(al) o		RED DE MEDIA-BAJA TENSIÓN Y	
						ESTÁTICA		(en)		TRANSFORMADOR	
		EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO				FUENTE	
POTENCIAL _X_			REAL ____			FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		A	B	C	D	E	
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empres	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa	
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO	

Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento o laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador: Jonathan Tamayo Parra					MP: QN205-74479	Fecha: 18/12/2025			

	CONSECUENCIAS	FRECUENCIA	NIVEL	MEDIDAS DE PROTECCIÓN
En personas	5	D	ALTO	- Sistemas de puesta a tierra - Conexiones equipotenciales - Aumento de la humedad relativa - Ionización del ambiente - Eliminadores eléctricos y radiactivos - Pisos conductivos
Económicas	1	D	BAJO	
Ambientales	1	D	MEDIO	
En la imagen de la empresa	1	D	BAJO	

f. ANÁLISIS DEL NIVEL DE TENSIÓN REQUERIDO

Con el fin de determinar el nivel de tensión requerido se evalúa inicialmente el nivel de tensión en redes de distribución (Media Tensión) que se maneja en la zona y que el Operador de Red es quien distribuye y administra la energía eléctrica de la localidad donde se encuentra el proyecto. La instalación objeto del estudio, requiere de una carga demandada según el análisis de carga y de acuerdo a visitas al sitio e información aportada por el operador de red.

Se diseña la acometida en media y baja tensión, para alimentar una carga desde una red existente y salida de un transformador, la tensión requerida será a nivel 1 y nivel 2.

- Baja tensión: 208/120 V
- Media tensión: 13200 V

g. CÁLCULOS DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS PARA ASEGURAR QUE EN ESPACIOS DESTINADOS A ACTIVIDADES RUTINARIAS DE LAS PERSONAS, NO SUPEREN LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN DEFINIDOS.

En el sitio donde se ejecutará las instalaciones no se encuentra a la vista líneas mayores de 57,5kV por lo tanto no requiere un estudio de campos electromagnéticos.

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

Normalmente en los transformadores que alimenta cierta corriente de carga, se producen fenómenos que se representan por la presencia de corrientes parásitas adicionales, con el uso de cargas eléctricas no lineales conlleva a la aplicación de cargas armónicas a los transformadores de distribución de pequeña y mediana potencia. Para este tipo de fenómenos la norma IEEE Std C5.110-1998 (Recommended Practice for Establishing Transformer Capability), recomienda procedimientos para el cálculo de los efectos armónicos en los transformadores de dos arrollamientos inmersos en líquido o de tipo seco incluyendo los de devanado impregnado y encapsulado en resina.

Las pérdidas en un transformador están compuestas por las pérdidas en vacío y las pérdidas en carga. Estas a su vez se las subdivide en pérdidas Joule (I^2R) y pérdidas adicionales. Las pérdidas adicionales son debidas a flujos parásitos en los devanados, núcleo, elementos de fijación del núcleo, pantallas magnéticas, paredes de la cuba, etc.

Las pérdidas adicionales de los devanados son debidas al efecto pelicular en los conductores y en los circuitos en paralelo. La determinación precisa de las corrientes parásitas adicionales producidas por las corrientes armónicas es un tema complejo que depende del diseño y construcción del transformador y que implica realizar sofisticados análisis computacionales. Las pérdidas adicionales se obtienen como diferencia entre las pérdidas medidas en carga menos las pérdidas calculadas utilizando la medición de las resistencias.

De acuerdo con lo citado anteriormente, las pérdidas totales en carga resultan:

$$PLL = P + PEC + POSL$$

Donde:

PLL : Pérdidas en carga (W)

P : Componente I^2R de las pérdidas en carga (W)

PEC : Pérdidas adicionales en los devanados (W)

$POSL$: Otras pérdidas adicionales (W)

Teniendo en cuenta el efecto de distorsión armónica el valor eficaz de la corriente se incrementa, luego se aumentan las pérdidas en carga $P=I^2R$, las pérdidas adicionales PEC en los devanados dentro del espectro de frecuencias normalmente considerado, tienden a ser proporcionales al cuadrado de la corriente de carga y al cuadrado de la frecuencia, causa de un posterior incremento de pérdidas.

El resto de las pérdidas adicionales $POSL$, núcleo, partes estructurales, también se incrementa con el cuadrado de la corriente, pero no con el cuadrado de la frecuencia como en los devanados. Además, las corrientes armónicas frecuentemente están acompañadas por una componente de corriente continua, que incrementa ligeramente las pérdidas en el núcleo, pero incrementa irrisoriamente la corriente de magnetización y el nivel audible de ruido.

Normalmente en un transformador con carga nominal y corriente sin armónicos se deben respetar las sobreelevaciones de temperatura indicadas por las normas, si la carga incluye armónicas las mayores pérdidas son causa de mayores sobreelevaciones de temperatura. Las normas *Underwriters laboratory DL 1561 Dry-Type General Purpose and Power Transformers* y *IEEE 1562 Transformers, Distribution, Dry-Type-Over 600 Volts*, definen un factor K (basado en la norma *ANSI/IEEE C57.110*) que permite ponderar el efecto de las corrientes armónicas en el calentamiento de los transformadores:

$$K = \sum_{k=1}^{\infty} I_k(pu)^2 h^2$$

Donde I_k es el valor eficaz de la corriente de carga de la armónica "h" en pu referida a la corriente eficaz nominal del transformador.

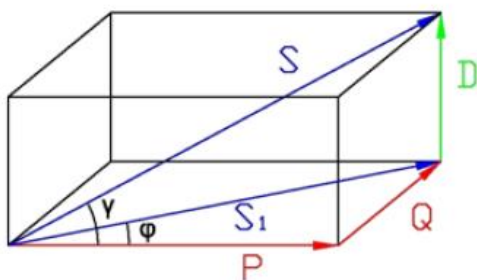
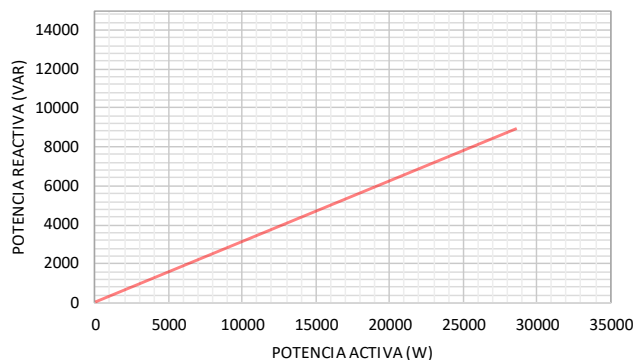
El factor K permite evaluar el efecto que las corrientes armónicas tienen en el calentamiento del transformador. Un factor $K=1$ indica la no presencia de armónicos. En consecuencia, cuanto más alto es el factor K, mayor es el efecto de calentamiento producido por los armónicos.

Los transformadores con un factor K son diseñados para funcionar a plena carga con cualquier contenido armónico cuyo factor K resulte igual o menor al factor K declarado por el fabricante en la chapa de características del transformador. Estos transformadores difieren de los transformadores normales debido a que tienen una capacidad térmica adicional que le permite tolerar los efectos térmicos debidos a las corrientes armónicas.

En las tablas siguientes se presenta el cálculo del transformador teniendo en cuenta dicho factor "k" para la correcta selección del transformador a instalar.

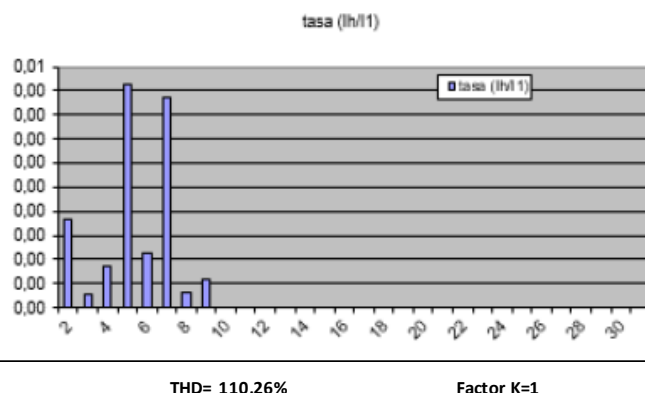
❖ PARA EL TRANSFORMADOR 30 kVA.

CARGA INSTALADA	3φ	30000	VA
FACTOR DE DEMANDA		2	
CARGA DEMANDADA	3φ	27750	VA
TRANSFORMADOR SELECCIONADO A USAR	30	KVA	
Tipo de alimentación	3φ	Trifásico	
Nivel de tensión primaria	V	13200	
Nivel de tensión secundaria	V	208/120	
Frecuencia	Hz	60	
Potencia demandada	W	27750	
Perdidas en vacío	W	180	
Perdidas a plena carga (85% c)	W	710	
Potencia activa total	W	28640	
Potencia Reactiva del transformador	VAR	8930,3	
Factor de potencia (cos θ)		0,95	
Componente armónica de corriente	%	1,103	



Factor de potencia por distorsión armónica	PF_{ar}	$PF_{ar} = \frac{1}{\sqrt{1+THD^2}}$	0,6717973
Factor de potencia total con distorsión	PF_T	$PF_T = \cos \phi * PF_{ar}$	0,63820743
Factor de calentamiento por distorsión	K	$K = \sum_{k=1}^{\infty} I_k(pu)^2 h^2$	1

Armonico	Corriente RMS In	$\frac{I_k}{I_1}$	$\left(\frac{I_k}{I_1}\right)^2$	$\frac{I_k}{I}$	$\left(\frac{I_k}{I}\right)^2$	$\left(\frac{I_k}{I}\right)^2 * n^2$
1	1	1	1	1	1	1
3	0,11	0,11	0,0121	0,11	0,0121	0,1089
5	0,05	0,05	0,0025	0,05	0,0025	0,0625
7	0,01	0,01	0,0001	0,01	0,0001	0,0049
9	0,02	0,02	0,0004	0,02	0,0004	0,0324
11	0,03	0,03	0,0009	0,03	0,0009	0,1089
13	0,03	0,03	0,0009	0,03	0,0009	0,1521



THD= 110,26%

Factor K=1

i. CALCULO DEL SISTEMA DE PUESTA TIERRA

Como mecanismo de protección de la subestación, es necesario contar con una malla de puesta a tierra que permita salvaguardar a las personas y equipos que permanezcan en la subestación, razón por la cual se presenta el procedimiento seguido para el diseño de la malla de puesta a tierra en estudio, que está basado en las especificaciones establecidas en la norma IEEE – 80 del 2000 y el reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas de obligatorio cumplimiento para la república de Colombia.

Las funciones del sistema de puesta a tierra se resumen a continuación:

- Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos
- Evitar sobrevoltajes producidos por descargas atmosféricas y operaciones o maniobras de disyuntores o seccionadores.

Ingenieria.raster@gmail.com

AV 40 #16B 159 cc Villacento, bloq A ofic 302

Villavicencio, Meta

- Proporcionar una vía rápida de descarga, o sea de baja impedancia con el fin de mejorar y asegurar el funcionamiento de protecciones tales como pararrayos.
- Servir de referencia al sistema eléctrico
- Conducir y disipar las corrientes de falla con suficiente capacidad
- Servir de conductor de retorno en ciertas instalaciones

Se realiza el cálculo de la malla mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

Rg =	$p(1/LT + 1/raiz20*A(1+1/(1+h*raiz20*A)))$
-------------	--

Donde:

p	Resistividad del suelo
LT	Longitud total de los conductores de la malla
A	Área de la malla
H	Profundidad de conductores de la malla
Nv	Número de varillas a enterrar
R	Longitud de la varilla
D	Espaciamiento entre conductores

En el evento que el valor calculado de la resistencia de puesta a tierra exceda los valores máximos permisibles aceptados por el RETIE, deberán tomarse las medidas pertinentes para disminuirlo a los valores aceptados. El siguiente cuadro contiene los valores máximos de resistencia de puesta a tierra aceptados por el RETIE:

APLICACION	VALORES MAXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras de Líneas de Transmisión	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1 Ω
Subestaciones de media tensión	10 Ω
Protección contra rayos	10 Ω
Neutro de acometida en baja tensión	25 Ω

Para el cálculo de la malla en estudio, se deberá considerar un valor máximo de resistencia de puesta a tierra de 10 Ohmios, considerando que se está diseñando la malla de tierra de la Subestación de media tensión.

DATOS GENERALES	
CARGA INSTALADA (KVA):	112,5
VOLTAJE DE LINEA SECUNDARIO (kV):	0,208
VOLTAJE DE LINEA PRIMARIO (KV):	13,2
CORRIENTE NOMINAL PRIMARIO (KA):	4,921
CORRIENTE MAXIMA DE FALLA (ICC) (KA)	0,640
RESISTIVIDAD DEL SUELO (ohm-m):	R 260,00
RESISTIVIDAD DE LA SUPERFICIE (ohm-m):	Rs 3.000
TIEMPO MAXIMO DE FALLA (seg):	ts 0,15
TEMPERATURA MAXIMA EN LOS NUDOS DE LA MALLA (°C):	Tm 450
TEMPERATURA AMBIENTE (°C):	Ta 30

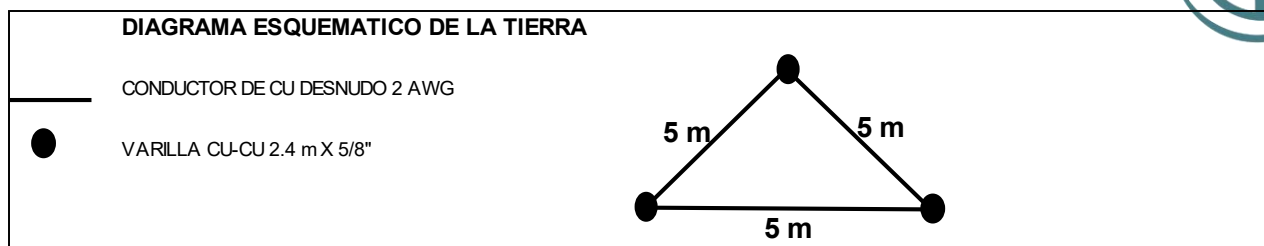
SELECCIÓN DEL CONDUCTOR (mm ²)						
CORRIENTE MAXIMA DE FALLA (ICC) (KA):			Usado por el Ministerio de Ciencia y tecnología de España			
V _{FN}	Voltaje de Alimentación Fase - Neutro		Voltios			
R	Resistencia del Conductor de fase entre el punto considerado y la alimentación					
Calibre Acometida	R THHW	0,000523	Ohm/m	L Acometida	8,4 m	
Calibre Puesta a Tierra	R No. 2/0 Desnudo	0,0005411	Ohm/m	L Puesta a Tierra	20 m	
R =	0,0152152	Ohm/m				
ICC =			0,640	KA		

TENSIONES PERMISIBLES DE PASO Y DE CONTACTO			
Para 50 Kg:			
TENSION DE PASO:	(Rcuerpo+6*Cs*rs)0.116/raiz ts		839
TENSION DE CONTACTO:	(Rcuerpo+1.5*Cs*rs)0.116/raiz ts		434
Rcuerpo =	1.000	Ohmios	
Cs=	Depende de hs y k		
Cs=	0,1	Tabla factor de reducción Cs en función de k y hs	
hs=	0,2	Espesor de piso	
k=	R-Rs/R+Rs	-0,84	
ts=	0,15	Seg.	Tiempo de despeje de la falla

RESISTENCIA DE LA TIERRA			
Rg =		p(1/LT + 1/raiz20*A(1+1/(1+h*raiz20*A)))	
Rg	26	Resistencia de	Ohmios
p	260,00	Resistividad del suelo	1/LT 0,2000
LT	5	Longitud total de los conductores de la malla	1/raiz(20*A) 0,224
h	0,8	Profundidad de conductores de la malla	1/LT+1/raiz(20*A) 0,4236
Nv	2	Número de varillas a enterrar	1/1+h*raiz20/A 1,000
R	2,4	Longitud de la varilla	1+1/1+h*raiz20/A 2,000
D	5,0	Espaciamento entre conductores	(1/Lt+1/raiz20*A)*1+(1/1+h*raiz20/A) 0,8472

PASO 6: CORRIENTE MAXIMA DE LA MALLA			
Ig =	SF*3I ₀	1,44	KA
IG =	Cp * Df * Ig * Sf	59,454	A
Cp =	Factor de Proyección	0,05	
Df =	1,101		
Factor de decremento (Depende de la duración de la falla) Tabla 10 IEEE 80			

TENSIONES REALES DE PASO Y CONTACTO			
km =	1/2pi(Ln(D ² /16hd + (D+2h) ² / 8Dd - h/4d) + Kii/k _n Ln 8/pi(2n -1))	0,773	Factor de geometria malla
Donde:			
Kii=	1	Mallas con electrodos en el perímetro, en las esquinas o dentro del perímetro	
Kh =	(1+h/ho) ^{1/2}	1,5	1,225
h=	0,5	Profundidad de enterramiento malla	
ho=	1	metro Profundidad de referencia	
Ki =	0.644 + 0.148 n	0,94	
n =	2	Número de conductores paralelos en una dirección	
d =	Diametro del cor	0,0086	metros
D =	Ancho de la cua	2,50	metros
TENSION DE PASO	Em =	(P * IG * Km * Ki) / (Lc + Lr)	839 > 769
Lr =	Nv * R	9,6	
Nv =	4	No. de varillas	
R =	2,4	Longitud de la varilla	
TENSION DE CONTACTO	Es =	(P * IG * Ks * Ki) / (Ls)	434 > 348



Para mejorar el valor de la resistencia de puesta a tierra se debe realizar un tratamiento del suelo que se efectúa realizando una excavación para instalar la varilla y rellenando el hueco con tierra negra, carbón, sales y compuestos con menor resistividad (concreto, bentonita o gel).

- Composición para la Bentonita: Se mezcla en agua en proporción 1:3, por cada volumen de bentonita se agregan tres volúmenes de agua
- Composición Gel: A indicar por los fabricantes con menor resistividad (concreto, bentonita o gel).

Aplicando alguno de estos compuestos tenemos:

$$\rho = 84 \text{ ohmios *metro}$$

$$R = 10 \text{ ohmios}$$

CONCLUSIONES			
La resistencia total de la malla es de:	10	Ohmios	La malla diseñada cumple con las condiciones de seguridad exigidas, puesto que las tensiones permisibles de paso y contacto están por debajo de las tensiones reales y el valor de la resistencia de la malla cumple con lo dispuesto en el Retie (10 Ohm).
Las Tensiones de paso son:			
Permisible	839	Voltios	
Real	435	Voltios	
Las Tensiones de contacto son:			
Permisible	299	Voltios	
Real	205	Voltios	

j. CALCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES TENIENDO EN CUENTA TODOS LOS FACTORES DE PÉRDIDAS, LAS CARGAS RESULTANTES Y LOS COSTOS DE ENERGIA.

En general, en el dimensionamiento de los conductores para la instalación eléctrica se privilegia en el argumento del costo inicial mínimo, lo que conlleva a altas pérdidas de energía durante su vida útil, hasta del cinco por ciento. La circulación de corriente por los conductores eléctricos genera pérdidas que necesitan cuantificarse para tomar medidas correctivas o determinar el costo económico que representa en su operación.

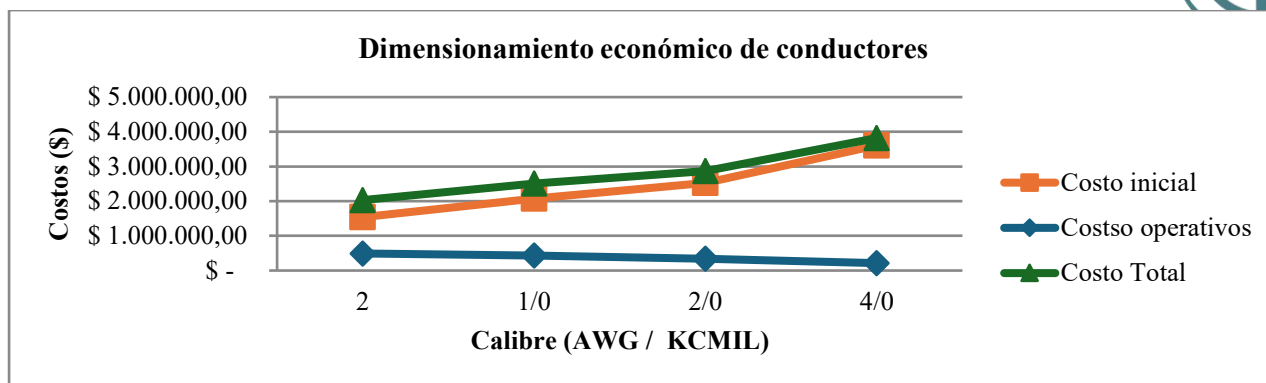
Para el análisis económico del conductor a utilizar, se tomarán los ramales más representativos del proyecto, por su longitud y la potencia que transmiten.

Para cada uno de estos tramos de red se procede a realizar la proyección de pérdidas de energía a 15 años y compararla con el costo del conductor:

- Red en media tensión.**

Datos de entrada	
Sistema	
Tipo de sistema	Trifásico
Tensión kV	13,200
a (aumento anual de la carga)	3%
Factor de carga	0,936
Neutro	No
No. Conductores por fase	1
No. De circuitos	1
Económicos	
P (Costo w-h (\$))	0,252
D (Costo de cubrir las pérdidas del suministro adicional)	0
Tasa de descuento	12,40%
b (aumento anual del costo de la energía)	1%
Funcionamiento	
Horas de funcionamiento por día	12
Vida útil (años)	15
Índice de pérdidas reconocidas CREG	Si
Nivel de tensión 4 (>57.5 kV)	0,91%
Nivel de tensión 3 (30 a 57.5 kV)	1,21%
Nivel de tensión 2 (1 a 30 kV)	1,12%
Nivel de tensión 1 (< 1 kV)	3,88%

Calibre AWG- KCMIL	Conductor óptimo (Costo total)	Costo Inicial	Costo operativo VPN
	2		
2	\$ 2.031.672,81	\$ 1.539.400,00	\$ 492.272,81
1/0	\$ 2.504.797,48	\$ 2.076.400,00	\$ 428.397,48
2/0	\$ 2.863.493,87	\$ 2.523.900,00	\$ 339.593,87
4/0	\$ 3.820.638,20	\$ 3.606.850,00	\$ 213.788,20

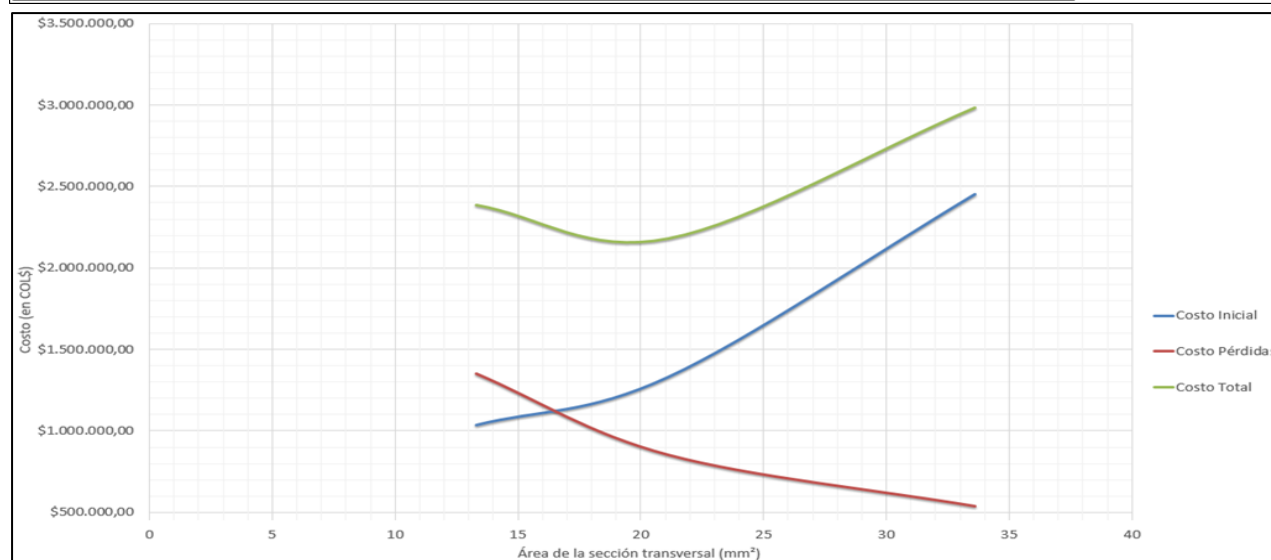


De acuerdo con la gráfica de curvas de costos, la opción que presenta el mejor comportamiento desde el punto de vista técnico económico, es el calibre 2 AWG para la red en media tensión.

• Red en baja tensión.

AWG/KCMIL	Sección nominal del cable (mm ²)	Corriente nominal del conductor para cable THHN A 75 °C	Eficiencia del conductor I ₁ /I ₂	N _p	N _o	FACTOR F	S _{sc} (mm ²)	R	CI	CJ	CT
12	3,307	25	2,05	2	1	6,322,9	24,13	0,006555025	\$301.050,00	\$5.438.980	\$5.740.030
10	5,26	35	1,46	2	1	6,322,9	24,13	0,004121191	\$461.600,00	\$3.419.526	\$3.881.126
8	8,367	50	1,02	2	1	6,322,9	24,13	0,002590829	\$554.350,00	\$2.149.720	\$2.704.070
6	13,3	65	0,79	2	1	6,322,9	24,13	0,001623885	\$1.033.600,00	\$1.352.384	\$2.385.984
4	21,15	85	0,60	2	1	6,322,9	24,13	0,001024939	\$1.330.000,00	\$850.435	\$2.180.435
2	33,62	115	0,45	2	1	6,322,9	24,13	0,000644779	\$2.450.000,00	\$535.000	\$2.985.000
1/0	53,48	150	0,34	2	1	6,322,9	24,13	0,000405338	\$3.390.000,00	\$336.326	\$3.726.326
2/0	67,43	175	0,29	2	1	6,322,9	24,13	0,000321481	\$1.840.600,00	\$266.746	\$2.107.346
3/0	86,01	200	0,26	2	1	6,322,9	24,13	0,000252034	\$2.297.500,00	\$209.123	\$2.506.623
4/0	107,2	230	0,22	2	1	6,322,9	24,13	0,000202215	\$2.687.500,00	\$167.786	\$2.855.286
250	126,67	255	0,20	2	1	6,322,9	24,13	0,000171133	\$3.393.000,00	\$141.997	\$3.534.997
300	152,01	285	0,18	2	1	6,322,9	24,13	0,000142606	\$3.712.500,00	\$118.326	\$3.830.826
350	177,34	310	0,17	2	1	6,322,9	24,13	0,000122237	\$4.474.250,00	\$101.425	\$4.575.675
400	202,68	335	0,15	2	1	6,322,9	24,13	0,000106954	\$5.010.000,00	\$88.744	\$5.098.744
500	253,35	380	0,13	2	1	6,322,9	24,13	8,55633E-05	\$5.845.000,00	\$70.995	\$5.915.995

SELECCIÓN DEL CONDUCTOR	
De acuerdo a la gráfica de curvas de costos, la opción 5 presenta el mejor comportamiento desde el punto de vista Técnico-Económico, estando cercano al punto de intersección con sección transversal entre el cable No 2 por lo tanto la mejor opción para el grupo de conductores de la red en baja tensión será: 4X4 THHW al 60 °C	2X2+T'10(T) Cu AWG-Aislamiento en THHW(60 °C)



Gráfica, Costo inicial y costo operativo de los conductores en función de la sección transversal.

De acuerdo con las gráficas de curvas de costos, las opciones que presentan el mejor comportamiento desde el punto de vista técnico económico, estando cercano al punto de intersección con sección transversal es el calibre 2x4/0, 4, 8 AWG, que son los que cumple con todos los criterios de selección.

k. VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA EL TIEMPO DE DISPARO DE LOS INTERRUPTORES, LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DE LA RED Y LA CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL CONDUCTOR DE ACUERDO CON LA NORMA IEC-60909, IEEE 242.

Los dispositivos de protección contra sobre corrientes, teniendo en cuenta la impedancia total de carga, capacidad nominal de corto circuito de los componentes y demás características del circuito que se pretende proteger, se eligieron de tal forma que se logre una coordinación entre protecciones termomagnéticas que permita a los dispositivos para protección, operar ante una falla sin causar daños extensivos a otros componentes eléctricos del circuito, es decir de manera selectiva. Los interruptores automáticos de disparos fijos seleccionados para el proyecto, tienen en cuenta las recomendaciones enunciadas en el Artículo 340-6 de la NTC. Para lograr un buen desempeño del sistema de protección implementado, deben satisfacerse simultáneamente algunos requerimientos, que en general dependen de una buena selección de los dispositivos de protección y su coordinación, como son:

- **Selectividad.** Es la característica que permite que las protecciones discriminen la ubicación de la falla, con el objetivo de aislar exclusivamente la unidad fallada, manteniendo el servicio en el equipo que no es preciso desconectar.
- **Rapidez.** Lo ideal es que toda protección aisle el equipo fallado lo más rápido posible con el fin de disminuir los daños, mejorar la estabilidad en el sistema y evitar la complicación y propagación de la falla en el resto de componentes.
- **Sensibilidad.** Es una medida de la impedancia presentada por los relés a los transformadores de medida, mientras más baja sea mejor es la sensibilidad. Debe operar holgadamente bajo cualquier condición de falla en su zona de influencia.
- **Confiability.** Es la cualidad que permite garantizar la operación del sistema de protección, tiene que ver con la seguridad, la simplicidad y robustez del equipo de protección.
- **Simplicidad.** Todo esquema de protección debe cumplir sus objetivos mediante la solución más simple, tanto en las características de sus dispositivos como en sus circuitos de control.
- **Economía.** Brindar la máxima protección al mínimo costo posible. Todos los conductores en este proyecto están protegidos contra sobre corrientes según su capacidad amperimétrica que se establece en la Tabla 310-16, y lo enunciado en el artículo 31015 de la norma NTC 2050.

En el capítulo **m**, realizara la coordinación de protecciones y se mostraran las curvas para ampliar la verificación de los conductores solicitada en el presente capítulo.

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

En esta sección se consideran los criterios generales, para el dimensionamiento mecánico de los conductores aéreos. Se pretenden que la información contenida aquí sea una guía, y se deja al diseñador la responsabilidad de aplicar los criterios que las buenas prácticas y la experiencia en ingeniería aporten a la solución de problemas particulares.

➤ cálculo para transformadores.

Según lo establecido por el RETIE versión 2013, capítulo 6 establece que para los transformadores en poste se pueden instalar para los siguientes postes en concreto:

Transformadores	Postes (kgf)
Menor a 112,5kVA	510kgf
Mayor a 112,5kVA con un peso de 600kgf	Mayor o igual a 510kgf
Entre 112,5kVA a 150kVA menor a 700kgf	Mayor o igual a 750kgf
Entre 150kVA a 250kVA menor a 800kgf	1050kgf

Tabla 6. Selección del poste para el transformador.

Como en este proyecto se pretende usar transformadores de 30kVA con un peso aproximado de 550 kgf, en una estructura terminal de circuito se deberá usar un poste con una carga de ruptura Mayor o igual a 510 kgf según lo expresado en la tabla No 7.

Para este proyecto se toma las siguientes condiciones iniciales dadas por el RETIE:

a) Condición inicial o de tendido.

Velocidad del viento: 0
 Temperatura del conductor: 25°C
 Tensión mecánica: Máximo 25% de tensión de rotura.

b) Condición extrema de trabajo mecánico.

Velocidad del viento: 80km/h
 Temperatura del conductor: Temperatura ambiente mínima de la zona donde se instala el conductor (se toma máximo 35°C)
 Tensión mecánica: Máximo 50% de tensión de rotura.

c) Condición extrema de flecha.

Velocidad del viento: 0

Temperatura del conductor:

Temperatura ambiente mínima de la zona donde se instala el conductor (se toma máximo 35°C)

d) Factores de sobrecarga.

Postería en concreto

2.5 veces carga máxima de trabajo

Aisladores

>10J

Herrajes

2.5 veces la carga de rotura

No se requiere la instalación de templete debido a que los postes instalados tienen una carga de ruptura de 1050 kg, pero en caso de ser necesario en la ejecución de la obra se contemplará su instalación.

m. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES. EN BAJA TENSIÓN SE PERMITE LA COORDINACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LIMITACIÓN DE CORRIENTE DE LOS DISPOSITIVOS SEGÚN IEC60947-2 ANEXO A.

- ✓ Para este cálculo se comienza determinando el fusible tipo dual ubicado próximo a los terminales del transformador.

Conforme a la norma CODENSA ET-505 se determina que los fusibles tipo dual para los dos transformadores que hay en este proyecto mediante el siguiente cuadro:

Símbolo	Referencia	Capacidad nominal del transformador a proteger en kVA		
		Código	Monofásico	Trifásico
			11kV - 13,2	11kV - 13,2
f ₂₁	0,4	170845	5, (10 en 13,2)	15
f ₄₀	0,6	170871	10 en 11,4	
f ₂₃	1	170825	15	30
f ₂₅	1,4	170848	30	45

- ✓ Se selecciona un fusible tipo dual de referencia 1 A para los transformadores trifásicos de 30 [kVA].

La coordinación de protecciones está directamente ligada con los indicadores de calidad del servicio del sistema de distribución de energía, por ello se debe tratar de reducir los cortes de servicio innecesarios a los usuarios. Se deben seguir dos principios básicos para obtener una adecuada coordinación de protecciones.

- El dispositivo protector debe despejar una falla temporal o permanente antes de que el dispositivo protegido interrumpa el circuito en el caso de los fusibles u opere hasta el bloqueo en el caso de los reconectadores.

- B. La interrupción debida a fallas permanentes debe estar restringida a la menor parte del sistema durante el menor tiempo posible.

Una regla esencial para la coordinación de fusibles establece que el tiempo máximo de despeje (Maximum Clearing Time) del elemento protector no debe exceder el 75% del tiempo mínimo de fusión (Minimum Melting Time) del elemento protegido. Con esto se asegura que el elemento protector interrumpa y despeje la falla antes de que sea dañado el elemento protegido.

No se considera una práctica recomendable utilizar fusibles para proteger ramales cortos, cuando sucede una falla temporal en el ramal, puesto que puede presentarse una operación simultánea del fusible y el primer disparo instantáneo del interruptor. Es decir, sale todo el sistema de servicio.

De acuerdo a las curvas de comportamiento de fusible tipo H y el valor de la corriente de cortocircuito, se obtiene un tiempo de despeje de falla para el fusible del arranque principal de 0,3 segundos, para la derivación hacia los transformadores y ramales de 0,12 segundos y para los transformadores de 0,0133 segundos.

De acuerdo con las curvas de comportamiento del fusible dual y H y con el valor de corriente de cortocircuito, se obtiene un tiempo de despeje de la falla tal y como se muestran en las figuras:

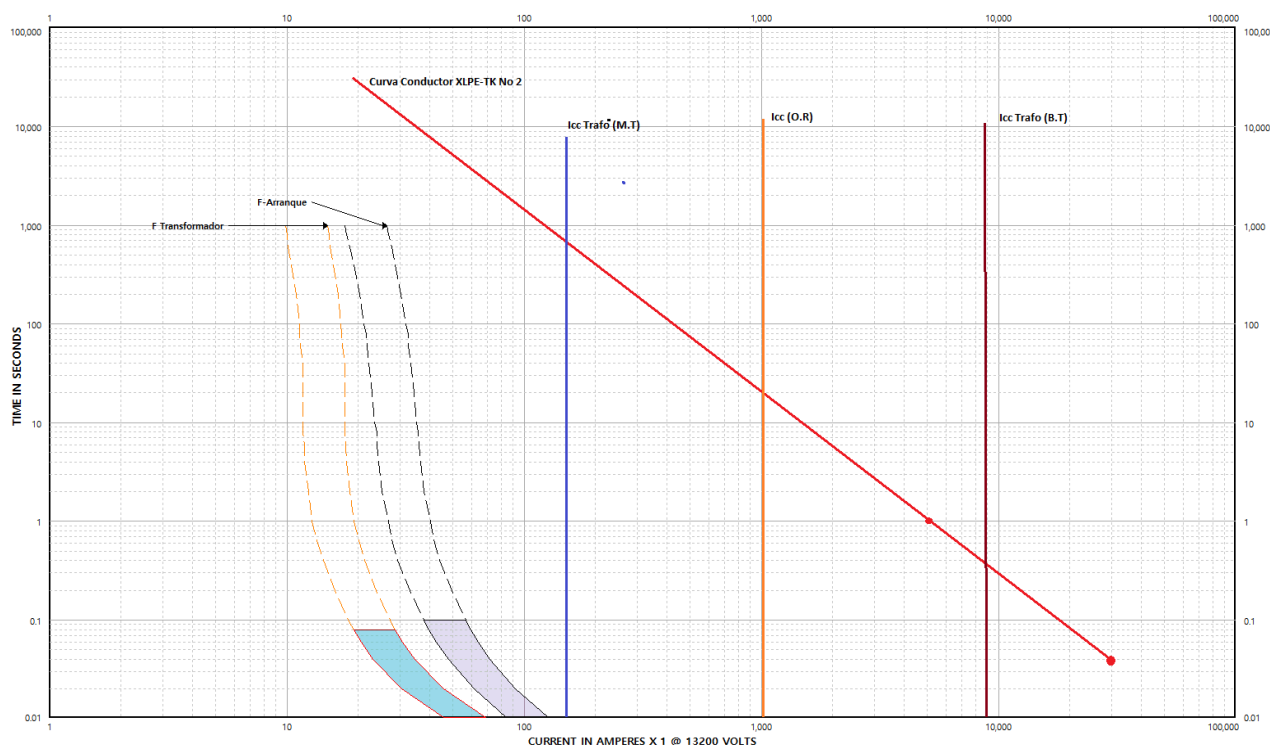


IMAGEN 1. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES.

La selectividad se consigue por medio de dispositivos de protección automáticos si ocurre una condición de defecto en cualquier punto de la instalación y es eliminada por el dispositivo de protección situado inmediatamente aguas arriba del defecto, de forma que no se vean afectados todos los demás dispositivos de protección.

Con esta coordinación podemos obtener lo siguiente:

- Prevenir los daños a equipos y circuitos eléctricos.
- Prevenir daños al público y al personal que opera y da mantenimiento a las instalaciones.
- Mantener un alto grado de la confiabilidad del suministro eléctrico.

Se minimizan los efectos de las fallas cuando se presentan.

- ✓ Conforme a las protecciones seleccionadas se encuentran seleccionadas en el cuadro de cargas y organizados en el diagrama unifilar. con ayuda del programa “e-design” de ABB se elabora la coordinación de protecciones tal y como lo muestra en la figura.

QA 3: 100 A

QA 5: 40^a

Estado de la selectividad: **Selectividad total**

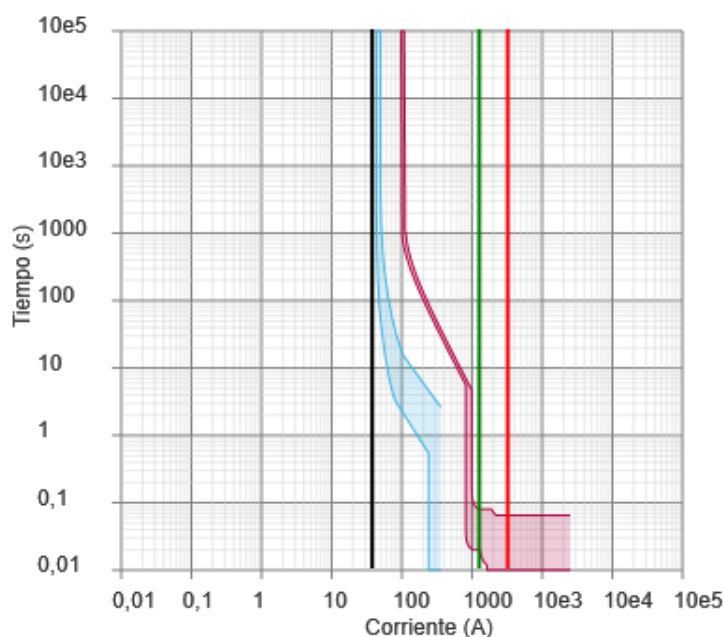


Figura 2. Curvas coordinación protecciones entre la protección de 40 A y 100 A.

Como se puede observar las protecciones observadas no se entre lapa con la protección principal por lo que se garantiza una correcta operación de las protecciones.

Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC-60909, IEEE 242.

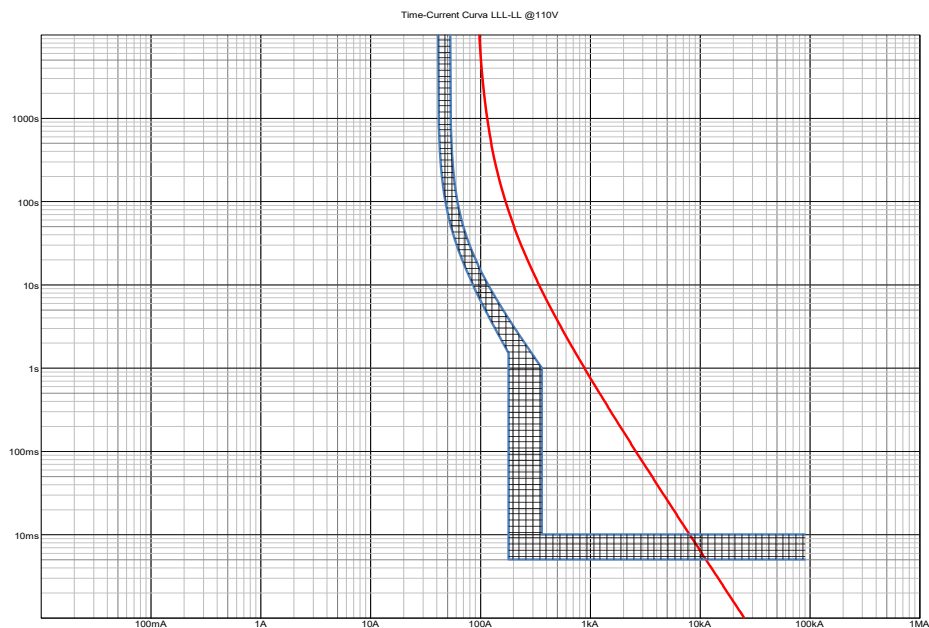


Figura 3. Verificación del conductor calibre No 12 y protección.



Figura 4. Verificación del conductor calibre No 10 y protección.

Como se puede corroborar todas curvas de las protecciones se encuentran por debajo del área de la curva del conductor por lo que garantiza la protección del conductor frente a la función de la protección.

n. CÁLCULOS DE CANALIZACIONES (TUBO, DUCTOS, CANALETAS, Y ELECTRODUCTOS) Y VOLUMEN DE ENCERRAMIENTO (CAJAS, TABLEROS, CONDULETAS, ETC.).

Ventajas del uso de tubería PVC y EMT en instalaciones eléctricas de instituciones educativas

La implementación adecuada del sistema de canalización eléctrica en instituciones educativas es fundamental para garantizar la seguridad de los estudiantes, la confiabilidad del suministro eléctrico y la facilidad en futuros mantenimientos o ampliaciones. El uso combinado de tubería PVC y tubería EMT ofrece una solución eficiente y técnica que se adapta a las diferentes condiciones de instalación tanto interiores como exteriores.

1. Optimización económica y facilidad de adquisición

- La tubería PVC en canalizaciones enterradas y en ductos bajo piso reduce significativamente los costos comparada con sistemas totalmente metálicos, permitiendo mayor eficiencia económica en proyectos educativos con grandes áreas de circulación.
- La tubería EMT, utilizada en instalaciones internas expuestas o visibles, es accesible y de fácil instalación, contribuyendo a minimizar costos de mano de obra y tiempo de ejecución en salones, laboratorios y auditorios.

2. Seguridad eléctrica reforzada

- El PVC, al ser dieléctrico, ofrece aislamiento eléctrico natural, protegiendo en caso de deterioro del conductor y evitando propagación de corriente hacia el entorno, especialmente útil en zonas húmedas como patios, canchas y jardines.
- La EMT, fabricada en acero galvanizado, brinda excelente protección mecánica contra impactos, ideal en áreas de alto tránsito estudiantil, donde golpes, choques y manipulación podrían comprometer la integridad del sistema.

3. Resistencia al ambiente y durabilidad

- El PVC no sufre corrosión ni deterioro por humedad o químicos del terreno, lo cual garantiza desempeño prolongado en canalizaciones subterráneas que conectan postes de iluminación y alimentaciones exteriores.
- La EMT aporta resistencia estructural y estética dentro de edificaciones educativas, manteniendo instalaciones ordenadas y con apariencia profesional, evitando deformaciones y oxidación cuando se usan accesorios adecuados.

4. Flexibilidad y adaptabilidad en obra

- La flexibilidad del PVC permite realizar cambios de dirección y derivaciones sin necesidad de accesorios complejos, lo que facilita conexiones hacia puntos de iluminación exterior, tomas de servicio y sistemas de red o CCTV.
- La EMT es ideal para instalaciones visibles en muros y cielorrasos suspendidos, permitiendo ampliaciones futuras sin afectar acabados arquitectónicos y manteniendo accesibilidad para mantenimiento.

El tubo puede tener más o menos diámetro, en función del número de cables que quiera pasar. Para el proyecto los más usados son:

Cantidad de conductores	Diámetro Nominal tubo min. (pulg)
3x12 THHN	1/2"
9x12 THHN	3/4"
2Fx6 +1Nx6+1Tx10	1 1/2"
3Fx8 +1Nx8+1Tx10	1"

Select Insulation	Select Size	Enter No. Conductors	Wire Area	Total Area
(1) THHN	2 AWG	3	.1158	0.3474
(2) THHN	2 AWG	1	.1158	0.1158
(3) THHN	8 AWG	1	.0366	0.0366
(4) THHN	14 AWG	0	0	0
(5) THHN	14 AWG	0	0	0
Total: 5			Grand Total Area: 0.4998	

Select Raceway Schedule 80 PVC	Enter Selections to Start Outputs
--	-----------------------------------

Select Fill Value ☒ Auto ☐ 60 Per Cent (nipples) ☐ 25 Per Cent (sealoffs)	Maximum number of same size wires at the Per Cent Fill:
Minimum Raceway Size: 1 1/2 Allowed Raceway area: 0.684 Available Raceway area: 0.1842 Per Cent Fill: 40 % JAM RATIO (for 3 conductors only): JAM RATIO between 2.8 and 3.2	

Select Insulation	Select Size	Enter No. Conductors	Wire Area	Total Area
(1) THHN	6 AWG	3	.0507	0.1521
(2) THHN	6 AWG	1	.0507	0.0507
(3) THHN	8 AWG	1	.0366	0.0366
(4) THHN	14 AWG	0	0	0
(5) THHN	14 AWG	0	0	0
Total:		5	Grand Total Area: 0.2394	

Select Raceway
Schedule 80 PVC

Enter Selections to Start Outputs

Select Fill Value
☒ Auto
☐ 60 Per Cent (nipples)
☐ 25 Per Cent (sealoffs)

Minimum Raceway Size: 1
 Allowed Raceway area: 0.275
 Available Raceway area: 0.0356
 Maximum number of same size wires at the Per Cent Fill:
 Per Cent Fill: 40 %
 JAM RATIO (for 3 conductors only):
 JAM RATIO between 2.8 and 3.2:

Para las cajas instaladas y su volumen de encerramiento; las dimensiones internas mínimas de las cajas rectangulares para instalación de interruptores manuales o tomacorrientes de uso general en instalaciones domiciliarias o similares deben ser para cajas no metálicas 53 mm de ancho, 97 mm de largo y 41 mm de profundidad. En todo caso debe garantizarse espacio suficiente para alojar los elementos, para lo cual el volumen de la caja debe atender los lineamientos de la sección 370 de la NTC 2050 o de una norma equivalente.

Para cajas de otra geometría (octagonales o cuadradas) las dimensiones deben ser tales que se garantice el volumen interno establecido en la NTC 2050, en ningún caso debe ser menor a 210 cm

- Características de las cajas:

Dimensiones de las cajas.	Nº Max de conductores	Uso
	12AWG	
Octogonales 4"x1 ½"	7	salidas de iluminación techo o pared
Octogonales 3 ½"x1 ½"	5	salidas en pared
Rectangulares 4"x2 1/8"x1 7/8"	9	interruptores y tomacorrientes
Cuadrada 4"x 4"x1 ½"	13	cajas de paso, salidas especiales

La instalación empotrada es de las más seguras que se pueden montar en la casa. Está a salvo de humedades o manipulaciones, que en otros tipos pueden ser peligrosas si los cables están expuestos. Básicamente, su montaje es muy sencillo. Consiste en meter los cables dentro de un hueco hecho en la pared, protegiéndolos convenientemente. La protección se obtiene por un tubo de plástico, de aspecto exterior anillado. Esta

estructura le permite doblarse sin que se llegue a estrangular en las curvas. El tubo puede tener más o menos diámetro, en función del número de cables que quiera pasar. No debe saturar el tubo con demasiados cables: es difícil pasarlos y puede ser peligroso.

o. CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA, TENIENDO EN CUENTA LOS EFECTOS DE ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA.

i. Pérdida joule en la frecuencia fundamental.

La pérdida de energía (joule) en un conductor es calculada a partir de su resistencia eléctrica, de la corriente del proyecto máxima prevista para el circuito y del tiempo que esa circula por el conductor. Eso puede ser expresado por:

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

Donde:

E = Energía disipada en el conductor, [Wh].

R = Resistencia eléctrica del conductor, [Ω].

I_{max} = Corriente de proyecto máxima prevista para el circuito, [A].

Δt = Intervalo de tiempo de circulación de la corriente I_{max} , [h].

Recordando que:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Donde:

ρ = resistividad eléctrica del material conductor [Ω -m].

l = Longitud del circuito [m].

S = Sección transversal del conductor [mm^2].

De acuerdo con la norma NCh 2625.Of2001, las resistividades a 20°C del cobre es respectivamente $18.35 \times 10^{-9} \Omega$ -m. Estos valores no son los valores reales de estos materiales, pero si valores de compromiso escogidos para que las resistencias de los conductores puedan ser calculadas directamente de la sección nominal del conductor, en lugar de usar las áreas reales efectivas de la sección transversal.

Considerando un conductor de cobre de sección “S” con una longitud “l” y recorridos por la misma corriente durante el mismo tiempo, se tiene:

$$E_{Cu} = 18,35 \times 10^{-19} * \frac{l}{S} I_{max}^2 * \Delta t$$

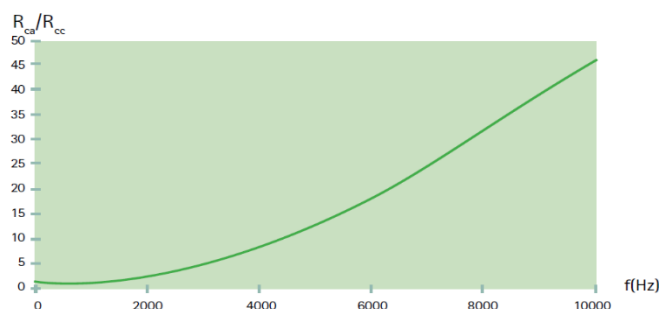
ii. Pérdida joule en presencia de corriente armónica.

Las corrientes armónicas pueden ser importantes fuentes de perdidas joule en las instalaciones eléctricas, impactando así los costos operativos de las instalaciones.

Se debe calcular el valor de la resistencia eléctrica en cada frecuencia (R_h) presente en el espectro armónico. En seguida, se calcula la pérdida joule para cada resistencia a partir de la ecuación $(h)I_h^2 R_h \Delta t$, donde I_h es la corriente armónica de orden h . En los circuitos donde existe la presencia del conductor neutro se debe calcular también la pérdida en ese conductor, una vez que el valor de la corriente armónica no neutra puede ser significativo.

R_h , que es el valor de la resistencia del cable en una frecuencia dada, difiere del valor de la resistencia en corriente continua normalmente presentada en los catálogos proporcionados por los fabricantes. Eso se debe principalmente al fenómeno conocido como efecto superficial: la corriente alterna de mayor frecuencia tiende a circular predominantemente por la superficie exterior del conductor, causando así una disminución en la sección efectiva del conductor y, consecuentemente, un aumento en la resistencia eléctrica aparente del cable.

En el siguiente gráfico se muestra una forma de obtener el valor de la resistencia en corriente alterna en función de la frecuencia a partir del valor de la resistencia en corriente continua y la tabla 10 muestra los valores de la resistencia en corriente continua.



Relación entre resistencia en corriente alterna y resistencia en corriente continua en función de la frecuencia.

Resistencia en corriente continua (resistividad de acuerdo con NCh 2625.0f2001)	
Sección nominal (mm ²)	Resistencia máxima del conductor a 20°C (Ω/km)
1.5	12.2
2.5	7.3
4	4.59
6	3.06
10	1.84
16	1.15
25	0.734
35	0.524
50	0.367
70	0.262
95	0.193
120	0.153
150	0.122
185	0.0992

Tabla 7. Resistencia en corriente continua.

Las pérdidas de energía equivalen a un porcentaje muy bajo, por tanto, no afectan el buen funcionamiento de las redes eléctricas. En cuadro 1 del numeral p., se presenta el cálculo de pérdidas en media tensión.

En los siguientes cuadros se muestra el cálculo de pérdidas.

CÁLCULO DE PERDIDAS RED MT								
TRAMO	LONGITUD L (Km)	# USUA N	CARGA C	I (A)	R (Ohm/Km)	Perdidas (kW)	% Perdidas	
							Parcial	Acumulada
0-T1	0,300	1	30,00	1,31	0,445689525	0,000691	0,002557906	0,002557906

PERDIDAS	Longitud (m)	Corriente de fase (A)	Calibre conductor (AWG)	Resistencia Conductor (ohm/km)	Pérdidas de Energía (Km)
TABLERO GENERAL	30	98,4	2	0,513	0,258100855

p. CÁLCULO DE REGULACION

➤ Construcción de la red primaria MT. (13,2 kV)

Para derivar desde el circuito en media tensión existente hacia los Transformadores a instalar, se construirá un tramo de 130 metros de red aérea en conductor semiaislado.

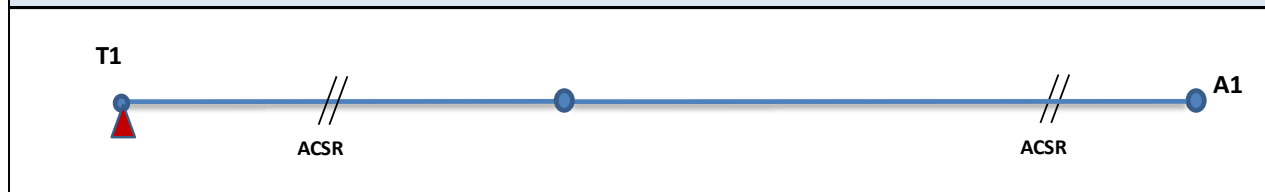
Reg. = $(k \cdot KVA \cdot L)$ siendo:

K: la constante de regulación

KVA: la capacidad total del nodo

L: la longitud de cada uno de los tramos.

Donde $K = 10.887 \cdot 10^{-4}$ para red compacta No. 2, con tensión 13.2 kV.

CÁLCULO DE REGULACIÓN RED MT								
								
TRAMO	LONGITUD L (Km)	# USUA N	CARGA C	MOMENTO (KVAxKm)	K %/(KVAxKm)	% REG PARC	% REG TOTAL	CONDUCTOR ACSR
0-T1	0,30	1,00	30,00	9,00	0,000583000	0,000052	0,0001	2

✓ % Regulación total 0,004 en Media Tensión < 3%

✓ % Perdidas total 0,01 en Media Tensión < 1%

➤ Construcción de la red secundaria BT. (208 V)

TABLERO GENERAL

Fases: 3					
Interruptor principal 3Φ [A]:					
Longitud Acometida	Caída de Voltaje	Corriente de fase	% Regulación	Número de Circuitos	Alimentación
10m	0,60 V	89A	0,47%	6	3Fx(2)+1Nx(2)+1Tx(8)

TABLERO DE ILUMINACIÓN

Carga Conectada	Cant	Potencia [W]	Amperios [A]	Conductor	Longitud Circuito	Zef	% Regulación	% Regulación Acomulada
ILUMINACIÓN TARIMA, CAMERINO, CUARTO EQUIPOS	1	222 W	1,9A	12AWG	30m	6,0	0,6%	1,3%
ILUMINACIÓN COMEDOR, COCINA, LAVADO	1	962 W	8,0A	12AWG	18m	6,0	1,6%	2,2%
ILUMINACIÓN GIMNASIO, CUARTO DE CONTROL	1	270 W	2,3A	12AWG	8m	6,0	0,2%	0,8%
ILUMINACIÓN OFICINAS, ORATORIO, BAÑOS	1	808 W	6,7A	12AWG	37m	6,0	2,7%	3,4%
ILUMINACIÓN PINTURA, LECTURA, EMPRENDIMIENTOS	1	900 W	7,5A	10AWG	74m	3,6	3,7%	4,3%
ILUMINACIÓN PASILLO	1	144 W	1,2A	12AWG	62m	6,0	0,8%	1,5%
ILUMINACIÓN PASILLO	1	144 W	1,2A	12AWG	67m	6,0	0,9%	1,5%
RESERVA	1	0 W	0,0A	12AWG	0m	6,0	0,0%	0,7%
ILUMINACIÓN PASILLO	1	162 W	1,4A	12AWG	38m	6,0	0,6%	1,2%
ILUMINACIÓN PASILLO	1	126 W	1,1A	12AWG	76m	6,0	0,9%	1,5%
ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA	1	32 W	0,3A	12AWG	68m	6,0	0,2%	0,9%
ILUMINACIÓN ENFERMERÍA, OFICINA	1	480 W	4,0A	12AWG	55m	6,0	2,4%	3,1%
ILUMINACIÓN SALÓN MÚLTIPLE	1	1500 W	12,5A	10AWG	50m	3,6	4,1%	4,8%
ILUMINACIÓN SALÓN MÚLTIPLE	1	1050 W	8,8A	10AWG	46m	3,6	2,7%	3,3%
ILUMINACIÓN ZONA DE MINI TEJO, HAMACAS	1	576 W	4,8A	12AWG	54m	6,0	2,8%	3,5%
ILUMINACIÓN EXTERIOR CTO 16	1	600 W	5,0A	8AWG	141m	2,4	3,1%	3,7%
ILUMINACIÓN EXTERIOR CTO 17	1	700 W	5,8A	8AWG	152m	2,4	3,9%	4,5%
ILUMINACIÓN PASILLO	1	200 W	1,7A	12AWG	35m	6,0	0,6%	1,3%

TABLERO TOMAS

Carga Conectada	Cant	Potencia [W]	Amperios [A]	Conductor	Longitud Circuito	Zef	% Regulación	% Regulación Acomulada
TOMAS SALÓN DE LECTURA	1	720 W	6,0A	10AWG	75m	3,6	3,0%	3,6%
TOMAS SALÓN DE PINTURA	1	720 W	6,0A	10AWG	68m	3,6	2,7%	3,4%
TOMAS SALÓN DE EMPRENDIMIENTOS	1	720 W	6,0A	10AWG	62m	3,6	2,5%	3,1%
TOMAS ENFERMERÍA Y OFICINA	1	720 W	6,0A	12AWG	58m	6,0	3,8%	4,5%
TOMAS COMEDOR	1	1440 W	12,0A	10AWG	43m	3,6	3,4%	4,1%
TOMAS COCINA, LAVADO, ALMACENAMIENTO	1	1080 W	9,0A	12AWG	24m	6,0	2,4%	3,0%
TOMA NEVERA	1	600 W	5,0A	12AWG	10m	6,0	0,5%	1,2%
TOMAS CUARTO DE CONTROL, ORGANICO, RECICLAJE	1	540 W	4,5A	12AWG	9m	6,0	0,4%	1,1%
TOMAS TARIMA, CUARTO DE EQUIPOS, CAMERINO	1	900 W	7,5A	12AWG	32m	6,0	2,6%	3,3%
TOMAS ORATORIO, PASILLO	1	720 W	6,0A	12AWG	42m	6,0	2,8%	3,4%
TOMAS OFICINA CENTRO DE VIDA, CABILDO	1	1080 W	9,0A	12AWG	23m	6,0	2,3%	2,9%
TOMAS PASILLO	1	360 W	3,0A	12AWG	67m	6,0	2,2%	2,9%
TOMA CAMINADORA 1	1	1000 W	8,3A	12AWG	8m	6,0	0,7%	1,4%
TOMA CAMINADORA 2	1	1000 W	8,3A	12AWG	7m	6,0	0,6%	1,3%
TOMA CAMINADORA 3	1	1000 W	8,3A	12AWG	6m	6,0	0,5%	1,2%
TOMA LAVADORA 1	1	600 W	5,0A	12AWG	10m	6,0	0,5%	1,2%
TOMA LAVADORA 2	1	600 W	5,0A	12AWG	9m	6,0	0,5%	1,2%
ALIMENTACIÓN TABLERO REGULADO	1	3100 W	14,1A	8AWG	2m	2,4	0,1%	0,27%
AIRE ACONDICIONADO	1	4000 W	18,2A	8AWG	30m	2,4	1,2%	1,39%
ALIMENTACIÓN UPS	1	3000 W	13,6A	8AWG	2m	2,4	0,1%	0,26%

q. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS

Los equipos eléctricos deben ser seleccionados e instalados de manera que no provean una fuente de ignición. En el actual proyecto NO se encuentran presentes otras fuentes de ignición, por lo tanto, las áreas NO se clasifican.

Ingenieria.raster@gmail.com

AV 40 #16B 159 cc Villacentro, bloq A ofic 302
Villavicencio, Meta

r. ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS UNIFILARES

El diagrama unifilar se aprecia en el plano anexo.

s. ELABORACIÓN DE PLANOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS PARA CONSTRUCCIÓN

Los planos y esquemas se encuentran en los archivos anexos.

t. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS, INCLUYENDO LAS DE TIPO TÉCNICO DE EQUIPOS Y MATERIALES Y SUS CONDICIONES PARTICULARES.

Cajas y Aparatos

Los aparatos de las instalaciones internas se fijarán sobre cajas de salida y tendrán perforaciones roscadas para la fijación de los aparatos de salida.

Las dimensiones de las cajas son:

- Cuadrada: 4" x 4" x 1 1/4" con perforaciones de Ø 1/2" y 3/4"
- Octogonal: 4" x 4" x 1 1/4" con perforaciones de Ø 1/2" y 3/4"

Cuando se utilicen cajas cuadradas, éstas llevarán un suplemento que cubra toda la caja y tenga un orificio equivalente al tamaño de una caja rectangular con perforaciones roscadas para la fijación de los aparatos. Salvo que se trate de salidas para utilización especial, los aparatos deberán instalarse de la manera indicada a continuación, tomando como referencia el piso final y la base del aparato:

- Tomacorriente normal: 0,25 m.
- Interruptor: 1,20 m.
- Lámparas bala: 2.5 m.
- Lámparas de aplique: 2.0 m. o sobre techo.

En la conexión de los conductores para tomacorrientes monofásicos se tendrá en cuenta la polaridad dejando el neutro a la izquierda de un observador colocado de frente a la salida. En los interruptores nunca se conecta el neutro.

Ductería

La ductería se instalará empotrada en pisos. Cuando se pueda empotrar la ductería, ésta se hará en tubería conduit PVC tipo pesado, de tal manera que quede cubierta por una capa mínima de 2 cm. de espesor.

La ductería que se coloque expuesta irá en tubería conduit metálica galvanizada tipo EMT, la cual se fijará con grapas conduit o abrazaderas metálicas galvanizadas colocadas a una distancia no mayor de 1,5 m. entre ellas y no más de 20 cm. de las cajas.

Un tramo de la tubería entre salida y salida, salida y accesorios o accesorios y accesorios no contendrá más curvas que el equivalente a cuatro (4) ángulos rectos (360°) para distancias menores a 15 m. y un ángulo recto (90°) para distancias hasta de 45 m. (para distancias intermedias se calcula proporcionalmente). Las curvas que se ejecuten en la obra serán hechas de tal forma que el radio mínimo de la curva correspondiente sea mínimo seis (6) veces el diámetro nominal del tubo que se esté figurando.

Toda la tubería que llegue a los tableros y a las cajas debe hacerlo en forma perpendicular.

Para empalmar tramos de tubería metálica se utilizarán uniones roscadas y se terminará en las cajas de salida con boquillas y contratueras metálicas que garanticen la libre entrada o salida de los conductores.

La tubería PVC se fijará a las cajas por medio de adaptadores terminales con contratuerca de tal forma que garantice una buena fijación mecánica. Cuando se utilice tubería PVC, la unión de los tramos se hará utilizando limpiador y soldadura plástica y se terminará en las cajas de salida con terminales que garanticen la libre entrada o salida de conductores.

La tubería que se utilizará en las instalaciones se especifica a continuación:

- Tubería conduit PVC tipo pesado de Ø ½", ¾", 1", 1 ¼", 1 ½", 2 ½", 3".
- Tubería conduit metálica galvanizada tipo EMT de Ø ¾", 1", 1 ¼", 1 ½" y 2".
- La ductería conduit PVC será de color verde.

Conductores

Los conductores de las instalaciones internas se instalarán en ductería.

La instalación de conductores se hará de tal manera que no se someta éstos a esfuerzos mecánicos que deterioren el aislamiento o deformen su calibre original.

Todas las líneas de tierra que se hayan dejado en las tuberías se conectarán a la llegada a los tableros y se fijarán por medio de un conector apropiado al barraje de tierra del tablero. En la conexión de conductores o aparatos se utilizarán conectores apropiados para su calibre, de tal manera que no se requiera suplementar el conductor o disminuir su diámetro para lograr su ajuste.

En las instalaciones internas se utilizarán cables de cobre rojo electrolítico 99 % de pureza, temple suave y aislamiento termoplástico para 600 Voltios, 75 ° C, tipo THW.

En la colocación de los cables se debe respetar el código de colores, de la siguiente forma:

- Neutro: Aislamiento color blanco.
- Tierra: Aislamiento color verde.
- Fases: Aislamiento en colores amarillo, azul, rojo o negro.

Los calibres de los conductores a utilizar en las instalaciones internas y en las acometidas a los tableros de distribución son: N° 12, N° 8, N° 6,2

Tableros de Distribución

Los tableros de distribución se instalarán a una altura de 1,4 m. tomando como referencia el piso final y la base del tablero. Los tableros de distribución quedarán expuestos. Todos los ductos que lleguen o salgan de los tableros de distribución deben fijarse a estos mediante boquillas y contratueras.

Todos los tableros de distribución dispondrán de una barra para tierra y una tapa portatarjetero donde se marcarán los distintos circuitos.

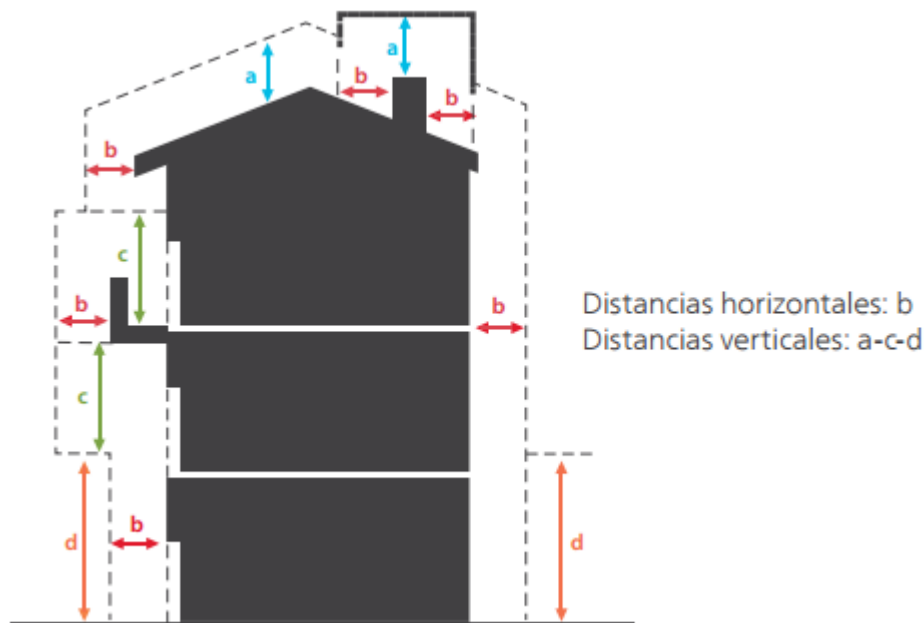
u. DISTANCIAS DE SEGURIDAD REQUERIDA

ECOLÓGICO O SEMI-AISLADO:

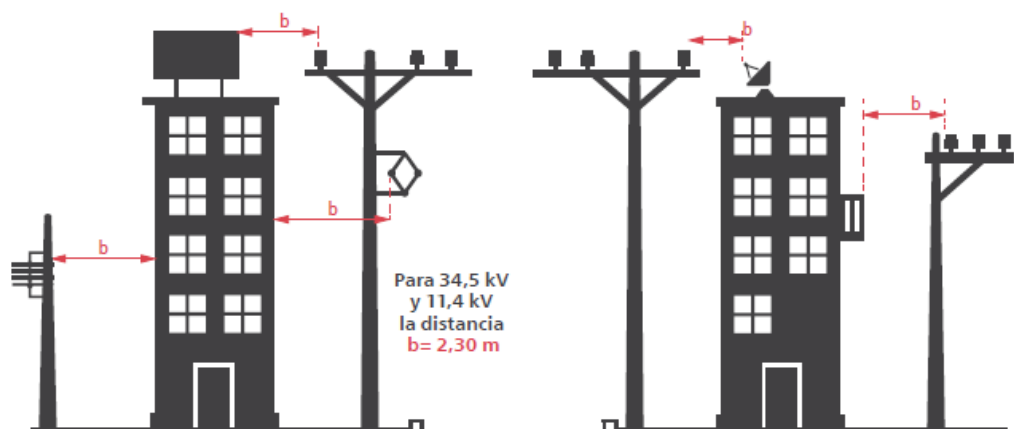
Cable no aislado con cubierta protectora, cuya función es proporcionar un nivel de aislamiento necesario para evitar apertura de circuitos por contacto accidental de elementos conectados a tierra (por ejemplo, árboles). No es un cable aislado y debe tratarse como cable desnudo para evitar accidentes.

Se tendrán en cuenta las distancias de seguridad establecidas en el RETIE donde se involucran todas las situaciones que puedan llegar a presentarse. Según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE y teniendo en cuenta que, frente al riesgo eléctrico, la técnica más efectiva de prevención siempre será guardar una distancia respecto a las partes energizadas, puesto que el aire es aislante.

- Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones

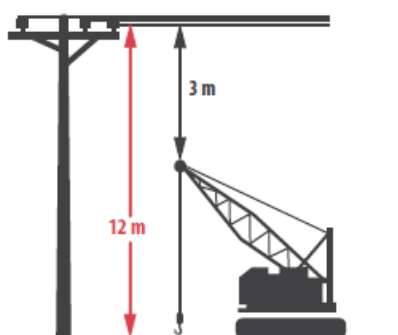


DESCRIPCIÓN	TENSIÓN NOMINAL ENTRE FASES (kV)	DISTANCIA (M)
Distancia vertical "a" sobre techos, balcones y salientes aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso para personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación.	44 / 34,5 / 33 13,8 / 13,2 / 11,4 / 7,6 / <1	3,8 3,8 0,45
Distancia horizontal "b" a muros, balcones, salientes, ventanas y diferentes áreas independientes de la facilidad de accesibilidad de personas.	66 / 57,5 44 / 34,5 / 33 13,8 / 13,2 / 11,4 / 7,6 <1	2,5 2,3 2,3 1,7
Distancia vertical "c" sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas y sobre áreas accesibles a vehículos de máximo 2,45m de altura.	44 / 34,5 / 33 13,8 / 13,2 / 11,4 / 7,6 <1	4,1 4,1 3,5
Distancia vertical "d" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular pesado con altura mayor a 2,45m.	115 / 110 66 / 57,5 44 / 34,5 / 33 13,8 / 13,2 / 11,4 / 7,6 <1	6,1 5,8 5,6 5,6 5

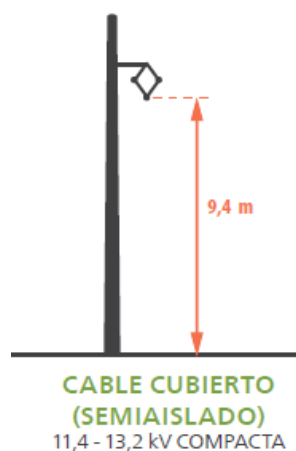
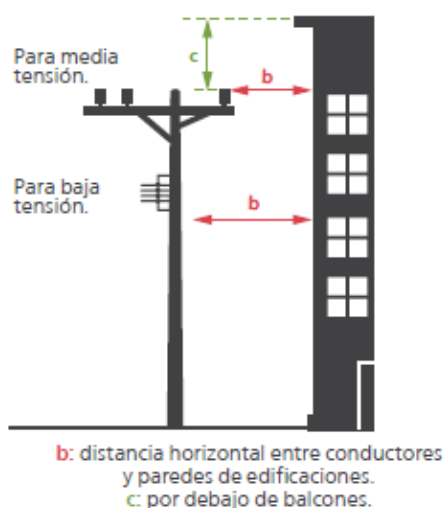


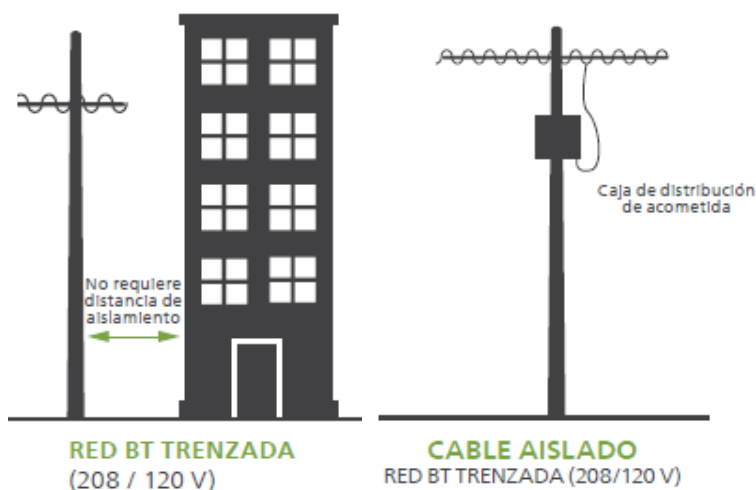
A muros, proyecciones y ventanas, avisos, antenas de radio, TV y chimeneas.

	DISTANCIA HORIZONTAL	34,5 - 11,4 kV	BT*
B	A muros, proyecciones, ventanas y diferentes áreas.	2,3 m	1,7 m

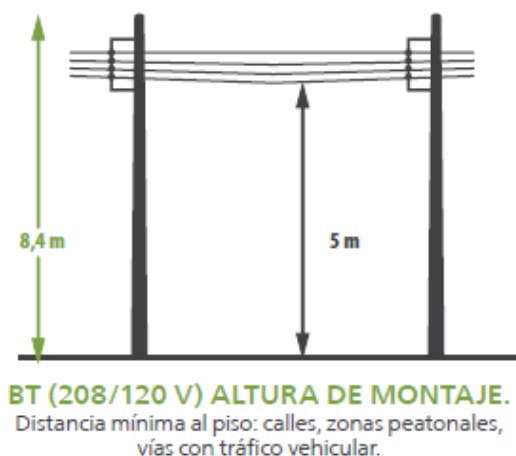


Para personas no calificadas, el límite de aproximación segura hasta 36 kV es de 3 m con partes móviles expuestas (Artículo 13,4 del RETIE), respete siempre las distancias mínimas para prevenir los riesgos por arco eléctrico.

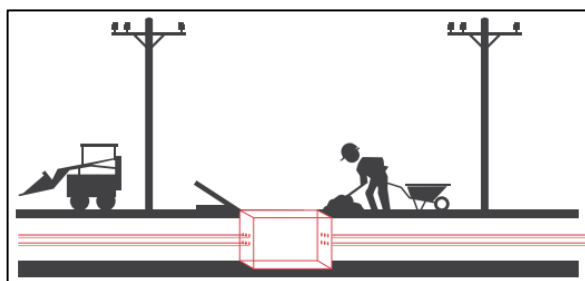




- Distancias de la red al suelo



En el numeral c, del RETIE 2008, los conductores, tubería y cualquier punto eléctrico de la acometida subterránea deberán mantener una distancia mínima de 20 cm a cualquier tubería o punto de conexión de los servicios de agua y/o gas. Si esta distancia no puede mantenerse se deberán separar en forma efectiva las instalaciones a través de una hilera cerrada de ladrillos u otro material dieléctrico, resistente al fuego y al arco eléctrico, mal conductor de calor y con un espesor mínimo de 5 cm.

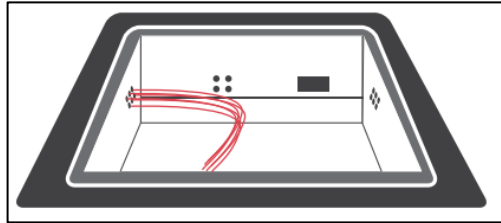


Cuando se necesiten excavaciones es preciso que verifique si existen redes subterráneas en la zona y que tenga las precauciones del caso. Si encuentra tapas de cajas de inspección lo más probable es que exista

ductería. Las excavaciones y el movimiento de tierra pueden ocasionar la rotura de ducterías y los cables de Media y Baja Tensión, lo que implica exponerse a electrocuciones o explosiones.

Tenga en cuenta que algunas excavaciones muy cercanas a los postes pueden ocasionar daños en los cimientos y caídas inesperadas de postes.

Se debe coordinar con los ingenieros eléctricos de la obra la inspección del sitio de trabajo antes de empezar actividades, ellos le ayudarán a definir la ruta de excavación. Se debe delimitar el espacio de las ducterías y redes eléctricas subterráneas y, además, de señales advirtiendo el riesgo y mostrando la ruta de circulación.



De acuerdo con lo expresado, el presente proyecto cumple con todas las distancias mínimas de seguridad contempladas en el RETIE.