MEMORIA DE CÁLCULO DE DISEÑO DETALLADO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

PROYECTO:

ADECUACIONES DE LAS AULAS 112 Y 113 DE LA SALA DE INFORMÁTICA DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DEL PUTUMAYO; INCLUYE ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO Y UPS

UBICACIÓN:
MOCOA - PUTUMAYO

INGENIERA DISEÑADOR:

ING. ROBER ALEXANDER MEZA
SN205-177132
CEL: 3104325244

MOCOA
2026

CONTENIDO

CONTENIDO 2
1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO 4
A. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 4
B. OBJETO DEL PROYECTO 4
C. REFERENCIAS NORMATIVAS 4
2. MEMORIA DE CÁLCULO DISEÑO INSTALACIONES ELÉCTRICAS 4
A. ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS. 7
B. ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS 12
C. ANÁLISIS Y CÁLCULO DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS, INCLUYENDO FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS. 15
D. COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO. 18
E. ANÁLISIS Y CÁLCULOS DE CORTOCIRCUITO, ARCO ELÉCTRICO Y FALLA A TIERRA. 19
F. ANÁLISIS DEL NIVEL TENSIÓN REQUERIDO 19
G. CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS 19
H. CÁLCULO DE U P S INCLUYENDO EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA. 20
I. CALCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA 20
J. CALCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA TODOS LOS FACTORES DE PÉRDIDAS, CARGAS RESULTANTES Y LOS COSTOS DE ENERGÍA. 25
K. VERIFICACIÓN DE 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. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES 26
L. CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECIÓN Y SOPORTE DE REDES DE TRANSMISIÓN, DE DISTRIBUCIÓN, SUBESTACIONES Y CENTRALES DE GENERACIÓN. 28
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 IEC 60947-2 ANEXO A. 34
N. CÁLCULOS DE CANALIZACIONES (TUBOS, DUCTOS, CANALES Y

ELECTRODUCTOS), BANDEJAS PORTACABLES Y VOLUMEN DE ENCERRAMIENTOS (CAJAS, CONDULETAS, ARMARIOS, ETC.) 34
O. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA, TENIENDO EN CUENTA LOS EFECTOS DE ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA. 34
P. CÁLCULOS DE REGULACIÓN DE TENSIÓN. 35
Q. ÁREAS CLASIFICADAS COMO PELIGROSAS..... 35
R. DIAGRAMAS UNIFILARES. 35
S. PLANOS ELÉCTRICOS PARA CONSTRUCCIÓN. 35
T. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS A LOS PLANOS, INCLUYENDO LAS DE TIPO TÉCNICO DE EQUIPOS Y MATERIALES Y SUS CONDICIONES PARTICULARES 35
U. DISTANCIAS DE SEGURIDAD O SERVIDUMBRE REQUERIDAS. 37
V. JUSTIFICACIÓN DE DESVIACIONES TÉCNICAS CUANDO SEA ESTRICTAMENTE NECESARIAS, SIEMPRE Y CUANDO NO COMPROMETA LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS O DE LA INSTALACIÓN. 39
W. LOS DEMÁS ESTUDIOS QUE EL TIPO DE INSTALACIÓN REQUIERA PARA SU CORRECTA Y SEGURA OPERACIÓN, TALES COMO CONDICIONES SÍSMICAS, ACÚSTICAS, MECÁNICAS O TÉRMICAS. 39
X. SELECCIÓN, CÁLCULO Y ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES. 39

1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Este documento contempla el criterio de diseño en concordancia y cumplimiento con lo exigido por el RETIE y el operador de red EEP S.A E.S.P, para la construcción de la red regulada de la sala de sistemas 112 y 113 en la Institución universitaria del putumayo, en el barrio Jorge Eliecer el Gaitán del municipio Mocoa - Departamento del Putumayo.

A. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto contempla los diseños de redes internas para una red regulada y una UPS trifásica de 20 kVA.

B. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es el diseño para su respectiva construcción de las redes eléctricas internas regulada y una UPS; con el propósito de atender la carga demandada por los salones de sistemas 112 y 113.

C. REFERENCIAS NORMATIVAS

Para el desarrollo adecuado del presente proyecto se han aplicado, las recomendaciones y directrices de las normas y reglamentaciones registradas en las siguientes entidades:

- Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP. Resolución 40150 de mayo 03 de 2024.
- Código eléctrico colombiano NTC 2050, segunda actualización 2020.
- Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE. Resolución No. 40117 del 02 abril de 2024 del Ministerio de Minas y Energía.

2. MEMORIA DE CÁLCULO DISEÑO INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Dando cumplimiento con el RETIE en el Titulo 3 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS: Las instalaciones que conllevan mayores riesgos o alta complejidad, deben contar con un diseño que sirva de mecanismo para prevenir o minimizar tales riesgos, el diseño también debe ser un instrumento de planeación de la construcción, operación y mantenimiento de la instalación eléctrica. Bajo estas

consideraciones el diseño eléctrico, debe ser ejecutado por profesionales de la ingeniería cuya especialidad esté relacionada con el tipo de obra a desarrollar y cuente con la competencia otorgada por su matrícula profesional, conforme a las Leyes 51 de 1986 y 842 de 2003, o normas que las reglamenten, modifiquen o sustituyan. El diseño detallado según el tipo de instalación y complejidad deberá cumplir los aspectos que le apliquen en la Tabla 1:

Tabla 1. *Lista de chequeo de aspectos aplicables para el diseño detallado del proyecto.*

Ítem	Descripción	Aplica	No Aplica	Observación
A	Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.	X		
B	Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección.	X		
C	Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos.	X		
D	Coordinación de aislamiento eléctrico.	X		
E	Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra.	X		
F	Análisis del nivel tensión requerido.	X		
G	Cálculos de campos electromagnéticos.		X	Para tensión superiores a los 57 kV
H	Cálculo de transformadores incluyendo efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.	X		
I	Sistema de puesta a tierra.	X		
J	Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.	X		
K	Especificación 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 u otra equivalente.	X		
L	Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de		X	No se instalará red aérea, ni se proyectan estructuras aéreas.

	distribución, subestaciones y centrales de generación.			
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 IEC 60947-2 Anexo A.	X		
N	Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas portacables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.)	X		
O	Cálculo de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.	X		
P	Cálculos de regulación de tensión.	X		
Q	Áreas clasificadas como peligrosas.		X	El proyecto no posee áreas clasificadas; ni espacios con equipo sensible a perturbaciones.
R	Diagramas unifilares.	X		Se entrega en planos del diseño.
S	Planos eléctricos para construcción.	X		Se entrega en planos del diseño.
T	Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.	X		Las que apliquen de acuerdo con el proyecto.
U	Distancias de seguridad o servidumbre requeridas.	X		
V	Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.		X	No hay desviaciones a la norma
W	Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.	X		
X	Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.		X	

A. ANÁLISIS DE RIESGOS 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. Con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico asociados al proyecto, se aplicará la siguiente matriz basada en el RETIE para la toma de decisiones.

Tabla 2. *Matriz para el Análisis de Riesgos de Origen Eléctrico*

Frecuencia / Consecuencia		Improbable	Remoto	Ocasional	Posible	Frecuente
		E	D	C	B	A
Muy Alta: Una o más muertes	5	Medio	Alto	Alto	Alto	Muy Alto
Alta: Incapacidad parcial permanente	4	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
Media: Incapacidad Temporal	3	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto
Baja: Lesión menor sin Incapacidad	2	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
Muy baja: Molestia Funcional	1	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio

Improbable: No ha ocurrido en el Sector
Remoto: Ha ocurrido en el Sector
Ocacional: Ha ocurrido en la empresa
Posible: Sucede varias veces al año en la empresa
Frecuente: Sucede varias veces al mes en la empresa

La Metodología Por Seguir es la Siguiente:

a. Definir el factor de riesgo que se requiere evaluar o categorizar.
b. Definir si el riesgo es potencial o real.
c. Determinar las consecuencias para las personas, económicas, ambientales y de imagen de la empresa. Estimar dependiendo del caso particular que analiza.
d. Buscar el punto de cruce dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia (1, 2, 3, 4, 5) y a la frecuencia determinada (a, b, c, d, e): esa será la valoración del riesgo para cada clase.
e. Repetir el proceso para la siguiente clase hasta que cubra todas las posibilidades pérdidas.
f. Tomar el caso más crítico de los cuatro puntos de cruce, el cual será la categoría o nivel de riesgo.
g. Tomar las decisiones o acciones, según lo indicado.
A continuación, se identifican los factores de riesgo asociados al proyecto y su correspondiente nivel de riesgo asociado según lo indica la matriz de riesgo eléctrico basada en el RETIE.

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO

ADECUACIONES DE LAS AULAS 112 Y 113 DE LA SALA DE INFORMÁTICA DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DEL PUTUMAYO; INCLUYE ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO Y UPS

RIESGO A EVALUAR:	ELECTROCUCION	por	CONTACTO INDIRECTO	(al) o (en)	RED BAJA TENSION, ELEMENTOS CONECTADOS AL CIRCUITO
	EVENTO O EFECTO		**FACTOR DE RIESGO**		**FUENTE**

POTENCIAL: X **REAL:___**

						FRECUENCIA				
						E	**D**	**C**	**B**	**A**
	En personas	**Económicas**	**Ambientales**	**En la imagen de la empresa**		**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**
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	**5**	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	**4**	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 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: ROBER ALEXANDER MEZA **MP:** SN205-177132 **FECHA:** jun-26

		CONSECUENCIA	**FRECUENCIA**	**NIVEL**
1.	EN PERSONAS	**2**	**D**	**BAJO**
2.	ECONOMICAS	**2**	**D**	**BAJO**
3.	AMBIENTALES	**1**	**E**	**MUY BAJO**
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	**1**	**E**	**MUY BAJO**

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR: BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR: BAJO

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

ASEGURAR LA CORRECTA SEPARACION DE LAS ESTRUCTURAS INTERNAS EN LOS CIRCUITOS DE USO FINAL
CONSERVAR DISTANCIAS DE SEGURIDAD RECOMENDADAS
INSTALAR UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE ACUERDO A LA NORMATIVIDAD VIGENTE
REALIZAR MANTENIMIENTO PERIODICO PREVENTIVO A LOS ELEMENTOS DE LAS INSTALACIONES QUE PUEDAN CAUSAR UN ACCIDENTE POR CONTACTO INDIRECTO
EL PERSONAL A TRABAJAR EN LA RED DEBE SER CAPACITADO Y QUE LLEVE TODOS LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD, VESTIDO, CALZADO, CASCO, GUANTES Y GAFAS CONTRA RAYOS ULTRAVIOLETA

PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN:

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":
a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su cierre intempestivo. En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, debe existir un dispositivo que garantice que el corte sea efectivo.
b. Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o "prohibido maniobrar" y retirar los portafusibles de los cortacircuitos. Se llama "condenación o bloqueo" de un aparato de maniobra al conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato, manteniéndolo en una posición determinada.
c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe probarse antes y después de cada utilización.

d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre sí todas las fases de una instalación, mediante un puente equipotencial de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra.
e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO

ADECUACIONES DE LAS AULAS 112 Y 113 DE LA SALA DE INFORMÁTICA DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DEL PUTUMAYO; INCLUYE ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO Y UPS

RIESGO A EVALUAR:	FALLA EN EL SUMINISTRO ELECTRICO	por	RAYOS	(al) o (en)	TORMENTA ELECTRICA
	EVENTO O EFECTO		**FACTOR DE RIESGO**		**FUENTE**

POTENCIAL: X **REAL:___**

						FRECUENCIA				
						E	**D**	**C**	**B**	**A**
	En personas	**Económicas**	**Ambientales**	**En la imagen de la empresa**		**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**
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	**5**	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	**4**	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 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: ROBER ALEXANDER MEZA **MP:** SN205-177132 **FECHA:** jun-26

		CONSECUENCIA	**FRECUENCIA**	**NIVEL**
1.	EN PERSONAS	**3**	**D**	**MEDIO**
2.	ECONOMICAS	**3**	**D**	**MEDIO**
3.	AMBIENTALES	**1**	**E**	**MUY BAJO**
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	**1**	**E**	**MUY BAJO**

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR: MEDIO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR: MEDIO

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

VERIFICAR QUE LOS FUSIBLES DEL LADO PRIMARIO DE LA SECCION SEAN LOS ADECUADOS DE ACUERDO A LA POTENCIA Y LA COORDINACION.
INSTALAR UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA ADECUADO CON EL FIN DE MINIMIZAR EL VALOR DE LA RESISTENCIA A TIERRA

EL PERSONAL A TRABAJAR EN LA RED DEBE SER CAPACITADO Y CERTIFICADO PARA TRABAJOS EN ALTURA Y QUE LLEVE TODOS LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD, VESTIDO, CALZADO , CASCO, GUANTES Y GAFAS CONTRA RAYOS ULTRAVIOLETA.

INSTALAR DPS EN LA TRANSICIÓN DE LINEA AEREA A SUBTERRANEA EN 33kV/13,2kV.

INSTALAR LINEA DE GUARDA PARA APANTALLAR LA LINEA DE MEDIA TENSIÓN EN 33 kV/13.2 KV SI SE REQUIERE

EQUIPOTENCIALIZAR LA TUBERIA METALICA Y APANTALLAMIENTO DE LA LINEA AL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN:

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":
a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su cierre intempestivo. En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, debe existir un dispositivo que garantice que el corte sea efectivo.
b. Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o "prohibido maniobrar" y retirar los portafusibles de los cortacircuitos. Se llama "condenación o bloqueo" de un aparato de maniobra al conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato, manteniéndolo en una posición determinada.
c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe probarse antes y después de cada utilización.

d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre sí todas las fases de una instalación, mediante un puente equipotencial de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra.
e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO

ADECUACIONES DE LAS AULAS 112 Y 113 DE LA SALA DE INFORMÁTICA DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DEL PUTUMAYO; INCLUYE ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO Y UPS

RIESGO A EVALUAR:	FALLA EN EL SUMINISTRO ELECTRICO	por	EQUIPO DEFECTUOSO	(al) o (en)	CIRCUITOS Y APARATOS CONECTADOS A LA RED
	EVENTO O EFECTO		**FACTOR DE RIESGO**		**FUENTE**

POTENCIAL: X **REAL:___**

						FRECUENCIA				
						E	**D**	**C**	**B**	**A**
	En personas	**Económicas**	**Ambientales**	**En la imagen de la empresa**		**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**
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	**5**	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	**4**	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 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: ROBER ALEXANDER MEZA **MP:** SN205-177132 **FECHA:** jun-26

		CONSECUENCIA	**FRECUENCIA**	**NIVEL**
1.	EN PERSONAS	**1**	**E**	**BAJO**
2.	ECONOMICAS	**2**	**E**	**MUY BAJO**
3.	AMBIENTALES	**1**	**E**	**MUY BAJO**
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	**2**	**E**	**BAJO**

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR: BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR: BAJO

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

REALIZAR MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO A LOS EQUIPOS CONECTADOS A LA RED
LAS INSTALACIONES DEBEN ESTAR CONSTRUDIAS SIGUIENDO LAS NORMAS TECNICAS CORRESPONDIENTES
CARACTERIZAR EL ENTORNO ELECTROMAGNETICO DE LAS INSTALACIONES PARA PREDECIR Y EVITAR POSIBLES FALLAS EN EL FUTURO QUE PUEDAN INTERRUMPIR LAS ACTIVIDADES DE LA EMPRESA

PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN:

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":
a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su cierre intempestivo. En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, debe existir un dispositivo que garantice que el corte sea efectivo.
b. Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o "prohibido maniobrar" y retirar los portafusibles de los cortacircuitos. Se llama "condenación o bloqueo" de un aparato de maniobra al conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato, manteniéndolo en una posición determinada.
c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe probarse antes y después de cada utilización.

d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre sí todas las fases de una instalación, mediante un puente equipotencial de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra.
e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO ELECTRICO

ADECUACIONES DE LAS AULAS 112 Y 113 DE LA SALA DE INFORMÁTICA DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DEL PUTUMAYO; INCLUYE ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO Y UPS

RIESGO A EVALUAR:	SOBRECALENTAMIENTO EN CONDUCTORES	por	SOBRECARGA	(al) o (en)	INSTALACIONES DE USO FINAL
	EVENTO O EFECTO		**FACTOR DE RIESGO**		**FUENTE**

POTENCIAL: X **REAL:___**

						FRECUENCIA				
						E	**D**	**C**	**B**	**A**
	En personas	**Económicas**	**Ambientales**	**En la imagen de la empresa**		**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**
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	**5**	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	**4**	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 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: ROBER ALEXANDER MEZA **MP:** SN205-177132 **FECHA:** jun-26

		CONSECUENCIA	**FRECUENCIA**	**NIVEL**
1.	EN PERSONAS	**1**	**D**	**BAJO**
2.	ECONOMICAS	**2**	**E**	**BAJO**
3.	AMBIENTALES	**1**	**E**	**MUY BAJO**
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA	**1**	**D**	**BAJO**

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR: BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR: BAJO

SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

USAR INTERRIPTORES AUTOMATICOS CON RELES DE SOBRECARGA, INTERRUPTORES AUTOMATICOS ASOCIADOS CON CORTACIRCUITOS
DIMENSIONAR CORRECTAMENTE LOS CONDUCTORES, EQUIPOS, FUSIBLES
COMPENSAR EN CASO DE SER NECESARIO LA ENERGIA REACTIVA CON BANCO DE CONDENSADORES

PARA EJECUTAR TRABAJOS EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN:

SOLICITAR PERMISOS EN EL OPERADOR DE RED ANTES DE REALIZAR CUALQUIER TRABAJO.
UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.
Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir las siguientes "Reglas de oro":
a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su cierre intempestivo. En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, debe existir un dispositivo que garantice que el corte sea efectivo.
b. Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando "No energizar" o "prohibido maniobrar" y retirar los portafusibles de los cortacircuitos. Se llama "condenación o bloqueo" de un aparato de maniobra al conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato, manteniéndolo en una posición determinada.
c. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe probarse antes y después de cada utilización.

d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre sí todas las fases de una instalación, mediante un puente equipotencial de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra.
e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

Tabla 3. *Resumen de los Factores de Riesgo Asociados*

Factor de riesgo	Gravedad	Frecuencia	Riesgo
Arcos eléctricos	Muy alta	Improbable	Medio
Ausencia de electricidad	Muy baja	Remoto	Bajo
Contacto directo	Alta	Remoto	Medio
Contacto indirecto	Alta	Remoto	Medio
Cortocircuito	Media	Remoto	Medio
Electricidad estática	Muy baja	Remoto	Bajo
Equipo defectuoso	Baja	Remoto	Bajo
Descargas atmosféricas	Alta	Improbable	Medio

Sobrecargas	Baja	Remoto	Bajo
Tensión de paso	Muy alta	Remoto	Alto
Tensión de contacto	Muy alta	Remoto	Alto

Las medidas para mitigar o reducir el nivel de riesgo calculado se presentan en la siguiente tabla tal y como lo establece el RETIE.

Tabla 4. *Medidas para reducir el nivel de riesgo establecidas en el RETIE*

Color	Nivel de riesgo	Decisiones a tomar y control	Para ejecutar los trabajos
	Muy alto	**Inadmisible para trabajar**. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el análisis de trabajo seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un permiso especial de trabajo (PES)
	Alto	**Minimizarlo**. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el análisis de trabajo seguro (ATS) y el permiso de trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	**Aceptarlo**. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos. Lista de verificación, usar EPP) Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el análisis de trabajo seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el permiso de trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	**Asumirlo**. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

B. ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

El rayo es un fenómeno meteorológico de origen natural cuyos parámetros son variables espacial y temporalmente. Colombia está en una de las tres zonas de mayor incidencia de rayos del mundo por estar situada en la zona de confluencia intertropical, y como consecuencia de esto, presenta una de las mayores actividades de rayos del planeta.

El estudio para evaluar el nivel de riesgo por rayos es requerido de forma obligatoria para el presente proyecto, de acuerdo con el artículo 16 del RETIE. Se realiza de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC 4552 la cual se basa en las características de la edificación y/o instalación eléctrica para cuantificar el riesgo. Para mitigar los efectos de la exposición directa o indirecta a los rayos se aplica un sistema integral de protección contra rayos (SIPRA), donde se tiene un sistema de protección interno (SPI) y externo (SPE).

Localización: Mocoa– Putumayo, Colombia. La Densidad de descargas a tierra DDT=2

Las siguientes definiciones son importantes para comprender de forma clara el desarrollo del informe:

SIPRA: Sistema de protección contra Rayos SPE:
Sistema de protección externo contra rayos SPI:
sistema de protección interno contra rayos
DPS: Dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias DDT:
Densidad de descargas a tierra
BIL: Nivel básico de aislamiento al impulso (Basic Insulation Level)
P.T.P.R.: Puesta a tierra de protección contra rayos

La finalidad de realizar un análisis de riesgo es conocer cuál es el grado de exposición de una estructura o acometida ante la amenaza de rayos, dependiente de ciertas características asociadas directamente (altura, largo, ancho, contenido, entre otras) como otras relacionadas con características externas (posición relativa, densidad de descargas de rayo de la zona, etc.) al objeto a proteger.

Cabe resaltar que a partir del análisis es posible conocer las medidas que deben ser implementadas para brindar un grado de seguridad adecuado, y cuya ejecución sea tanto técnica como económicamente viable.

1. Riesgo

Se define como riesgo el valor promedio de pérdidas anuales y debe ser evaluado para los tipos de pérdidas asociados a la estructura y/o la acometida de servicios. Los tipos de riesgo a evaluar son:

- R1- Riesgo de pérdidas de la vida humana.
- R2- Riesgo de pérdida del servicio público.
- R3- Riesgo de pérdida de patrimonio cultural.
- R4- Riesgo de pérdida del valor económico.
- Para cada tipo de riesgo existen unas competentes asociadas (RA, RB, RC, RM, RU, RV, RW, RZ) que son las que servirán de guía para definir las medidas necesarias a implementar.

2. Fuentes daños y pérdidas

Para llevar a cabo la evaluación de riesgo es importante tener en cuenta ciertos criterios que influencian el valor de riesgo de una estructura, así como los consecuentes daños y pérdidas que puedan generarse debido a estos. A continuación, aparece una pequeña explicación de estos parámetros:

Las fuentes de daños se definen con relación a la posición del punto de impacto de la descarga.

- S1 – Descargas sobre la estructura.
- S2- Descargas cercanas a la estructura.
- S3- Descargas sobre las acometidas de servicio.
- S4- Descargas cercanas a la cometida de servicio.

Los tipos de daños dependen de las características del objeto a proteger, se distingue

3 tipos básicos de daños:

- D1- Lesiones a seres vivos.
- D2- Daños físicos.
- D3- Falla de sistemas eléctricos y electrónicos.

Los tipos de pérdidas se producen debido a los daños anteriores o la combinación de estos, puede aparecer dependiendo de las características del objeto a proteger, y son:

- L1- Perdida de vida Humana.
- L2- Pérdida de servicios Públicos.
- L3- Perdida de patrimonio cultural.
- L4- Perdida Económica (Estructura, contenido y lucro cesante).

3. Alcance

- Identificar el objetivo a proteger y sus características.
- Identificar todos los tipos de pérdidas y riesgos en los objetos.
- Evaluar la necesidad de protección para cada uno de los riesgos pertinentes (R, R2, R3 o R4), realizando comparación de valores de riesgo calculado en cada una de las estructuras objetivo del análisis, con un valor umbral tolerable (RT).
- Implementar medidas de protección encaminadas a reducir el riesgo de acuerdo a los tipos de daño. Las medidas de protección serán consideradas efectivas, si y solamente si cumplen con los requerimientos de las normas IEC62305 – 3, o NTC 4552 – 3. Para la protección y reducción de las lesiones en seres vivos y daños físicos en la estructura.

4. Normas de referencia

Con respecto a los estándares a seguir para la realización del análisis de Riesgo en Colombia, el reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE, Resolución N° 9 0907 del 25 de octubre de 2013), dice lo siguiente:

- Artículo 16. Protección contra rayos

“Las centrales de generación, líneas de transmisión, redes de distribución en media tensión y las subestaciones construidas con posterioridad al 1º de mayo de 2005 deben tener un estudio del nivel de riesgo por rayos, soportado en norma técnica internacional, de reconocimiento internacional o NTC.

También deben contar con una evaluación del nivel de riesgo por rayo, las instalaciones de uso final donde se tenga alta concentración de personas, tales como: edificaciones de viviendas multifamiliares, edificios de oficinas, hoteles, centros de atención médica, lugares de culto, centros educativos, centros comerciales, industrias, supermercados, parques de diversión, prisiones, aeropuertos, cuarteles, salas de juzgados, salas de baile o diversión, gimnasios, restaurantes, museos, auditorios, boleras, salas de clubes, salas de conferencias, salas de exhibición, salas de velación, lugares de espera de medios de transporte masivo. Igualmente aplica a edificaciones aisladas, edificaciones con alturas que sobresalgan sobre las de su entorno y donde se tenga conocimiento de alta densidad de rayos.”

Más adelante hace la siguiente aclaración:
“La protección se debe basar en la aplicación de un sistema integral, conducente a mitigar los riesgos asociados con la exposición directa e indirecta a los rayos. El diseño e implementación deben realizarse aplicando metodologías reconocidas por normas técnicas internacionales como la IEC 62305-3, de reconocimiento internacional o la NTC 4552, las cuales se basan en el método electro geométrico. El profesional competente, encargado de un proyecto debe incluir unas buenas prácticas de ingeniería de protección contra rayos, con el fin disminuir sus efectos, que pueden ser de tipo electromagnético, mecánico o térmico.”

5. Resultados análisis de riesgo de acuerdo a la NTC 4552 – 2.

Tabla 5. *Evaluación de pérdidas en la estructura*

	Riesgos tolerables RT	**Riesgo calculado R**
		Sin protección
Pérdidas de vidas humanas	1.00E-05	8,436E-07
Pérdidas de Serv. Públicos	1.00E-03	5,439E-07
Pérdidas de patrimonio cultural	1.00E-03	1.577E-07
Pérdidas económicas	1.00E-03	3,682E-07

Tabla 6. *Evaluación de pérdidas en la acometida de servicio*

	Riesgos tolerables RT’	**Riesgos Calculados R’**
Pérdidas de vidas humanas	-	-
Pérdidas de Servicios Públicos	3.369E-5	3.231E-5
Pérdidas de patrimonio cultural	-	-
Pérdidas económicas		

De acuerdo con los resultados obtenidos en las dos tablas anteriores, los valores de riesgo calculados R y R’ **sin protección SIPRA** están dentro de los valores tolerables estipulados en la norma. Por lo tanto, **no es necesario** implementar un apantallamiento.

C. ANÁLISIS Y CÁLCULO DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS, INCLUYENDO FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS.

1. Cuadros de cargas iniciales y futuras

A continuación, se presenta el cuadro de carga resumen y los cuadros de carga por cada tablero correspondiente a: iluminación, tomacorrientes y equipos especiales en el proyecto:

Tabla 7. *Cargas iniciales y futuras del proyecto*

TABLERO	CARGA INSTALADA ACOMETIDA PRINCIPAL, SISTEMA TRIFÁSICO 208/120 V																
	FASE	CANTIDAD DE CIRCUITOS	TOMA			CARGA CONECTADA FASE (VA)			POTENCIA (W)	FP	POTENCIA (VA)	CORRIENTE (A)	CALIBRE (AWG THHN)	CANALIZACIÓN	PROTECCION (A)	DESCRIPCIÓN
			MONOFASICO 120 V	BIFASICO 220V	ESPECIAL	A	B									
T-1	ABC	12	30	0	0	1705.3	2273.7	1705.3	5400.0	0.95	5684	47.37	6 AWG	2	3X15 A	SALA SISTEMAS 112
T-2	ABC	12	30	0	0	1705.3	1705.3	2273.7	5400.0	0.95	5684	27.33	8 AWG	2	3X15 A	SALA SISTEMAS 113
TOTAL			60	0	0	**3410.5**	**3978.9**	**3978.9**								
						11368.4			VA							

CARGA INSTALADA TABLERO SALA SISTEMAS 112. SISTEMA TRIFÁSICO 208/120 V															
FASE	CIRCUITO	TOMA			CARGA CONECTADA FASE (VA)			POTENCIA (W)	FP	POTENCIA (VA)	CORRIENTE (A)	CALIBRE (AWG THHN)	CANALIZACIÓN(PVC/EMT/CAN)	PROTECCION (A)	DESCRIPCIÓN
		MONOFASICO 120 V	BIFASICO 220V	ESPECIAL	A	B	C								
A	1	6			1136.8			1080.0	0.95	1137	9.47	12 AWG	1/2"	1X10 A	TOMACORRIENTE 1
B	2	6				1136.8		1080.0	0.95	1137	9.47	12 AWG	1/2"	1X10 A	TOMACORRIENTE 2
C	3	3					568.4	540.0	0.95	568	4.74	12 AWG	1/2"	1X10 A	TOMACORRIENTE 3
B	4	6				1136.8		1080.0	0.95	1137	9.47	12 AWG	1/2"	1X10 A	TOMACORRIENTE 4
C	5	6					1136.8	1080.0	0.95	1137	9.47	12 AWG	1/2"	1X10 A	TOMACORRIENTE 5
A	6	3			568.4			540.0	0.95	568	4.74	12 AWG	1/2"	1X10 A	TOMACORRIENTE 6
	7														RESERVA
	8														RESERVA
	9														RESERVA
	10														RESERVA
	11														RESERVA
	12														RESERVA
TOTAL		30	0	0	**1705.3**	**2273.7**	**1705.3**								

CARGA INSTALADA TABLERO SALA SISTEMA 113. SISTEMA TRIFÁSICO 208/120 V															
FASE	CIRCUITO	TOMA			CARGA CONECTADA FASE (VA)			POTENCIA (W)	FP	POTENCIA (VA)	CORRIENTE (A)	CALIBRE (AWG THHN)	CANALIZACIÓN	PROTECCION (A)	DESCRIPCIÓN
		MONOFASICO 120 V	BIFASICO 220V	ESPECIAL	A	B	C								
A	1	6			1136.8			1080.0	0.95	1137	9.47	12 AWG	1/2"	1X10 A	TOMACORRIENTE 1
B	2	6				1136.8		1080.0	0.95	1137	9.47	12 AWG	1/2"	1X10 A	TOMACORRIENTE 2
B	3	3				568.4		540.0	0.95	568	4.74	12 AWG	1/2"	1X10 A	TOMACORRIENTE 3
C	4	6					1136.8	1080.0	0.95	1137	9.47	12 AWG	1/2"	1X10 A	TOMACORRIENTE 4
C	5	6					1136.8	1080.0	0.95	1137	9.47	12 AWG	1/2"	1X10 A	TOMACORRIENTE 5
A	6	3			568.4			540.0	0.95	568	4.74	12 AWG	1/2"	1X10 A	TOMACORRIENTE 6
	7														RESERVA
	8														RESERVA
	9														RESERVA
	10														RESERVA
	11														RESERVA
	12														RESERVA
TOTAL		30	0	0	**1705.3**	**1705.3**	**2273.7**								

Tabla de demanda máxima y protecciones acometida principal y tableros:

Demanda según NTC 2050 - Acometida Principal	
Carga instalada en VA	11,368
Unidades de vivienda en VA (Carga total)	0
Primeros 3000 al 100%	0
De 3000 a 120000 al 35%	0
Zona comercial en VA (Carga total)	11,368
Primeros 10.000 al 100%	10,000
Resto al 50%	684
Equipos especiales al 100%	0
DEMANDA MAX EN VA	10684.2
DEMANDA MAX EN kVA	**10.68**

Protección y conductores Acometida Principal	
Carga instalada [VA] =	11368.4
Carga demandada [VA] =	10684.2
Sistema =	Trifásico
In [A]=	29.7
In x 1,25 [A]=	37.1
Protección Nomalizada =	**3X35 A**
Selección conductor fase =	4
Selección conductor neutro =	4
Selección conductor tierra =	4
[3 No 4 F + 1 No 4 N + 1 No 4 T] Cobre	

Demanda según NTC 2050 - SALA SISTEMAS 112 -T1	
Carga instalada en VA	5,684
Unidades de vivienda en VA (Carga total)	0
Primeros 3000 al 100%	0
De 3000 a 120000 al 35%	0
Zona comercial en VA (Carga total)	5,684
Primeros 10.000 al 100%	5,684
Resto al 50%	0
Equipos especiales al 100%	0
DEMANDA MAX EN VA	5684.2
DEMANDA MAX EN kVA	**5.68**

Protección y conductores - SALA SISTEMAS 112 -T1	
Carga instalada [VA] =	5684.2
Carga demandada [VA] =	5684.2
Sistema =	Trifásico
In [A]=	15.8
In x 1,25 [A]=	19.7
Protección Nomalizada =	**3X15 A**
Selección conductor fase =	6
Selección conductor neutro =	6
Selección conductor tierra =	6
[3 No 6 F + 1 No 6 N + 1 No 6 T] Cobre	

Demanda según NTC 2050 - SALA SISTEMAS 113 -T2	
Carga instalada en VA	5,684
Unidades de vivienda en VA (Carga total)	0
Primeros 3000 al 100%	0
De 3000 a 120000 al 35%	0
Zona comercial en VA (Carga total)	5,684
Primeros 10.000 al 100%	5,684
Resto al 50%	0
Equipos especiales al 100%	0
DEMANDA MAX EN VA	5684.2
DEMANDA MAX EN kVA	**5.68**

Protección y conductores - SALA SISTEMAS 113 -T2	
Carga instalada [VA] =	5684.2
Carga demandada [VA] =	5684.2
Sistema =	Trifásico
In [A]=	15.8
In x 1,25 [A]=	19.7
Protección Nomalizada =	**3X15 A**
Selección conductor fase =	6
Selección conductor neutro =	6
Selección conductor tierra =	6
[3 No 6 F + 1 No 6 N + 1 No 6 T] Cobre	

Tabla 7. *Demanda máxima y protecciones acometida principal y tableros*

2. Factor de potencia

Para realizar el análisis de factor de potencia del proyecto se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones en el cálculo de los cuadros de cargas del proyecto:

Tabla 8. *Factores de potencia considerados en la instalación*

TIPO DE SALIDA	FACTOR DE POTENCIA
SALIDA ILUMINACIÓN LED	**0.95**
SALIDA TOMACORRIENTE MONOFÁSICA	**0.95**

Considerando cada uno de estos factores de potencia en los cuadros de carga de redes internas se concluye que no es necesario instalar banco de condensadores debido a que los reactivos que se genera la carga son muy pequeños, proporcionando así un factor de potencia cercano al límite que solicita la CREG en la resolución No. 047 en la cual se establece que:

“En la prestación del servicio público de energía eléctrica, se controlará el consumo de energía reactiva de los suscriptores o usuarios finales, y se liquidará y cobrará exclusivamente de la forma establecida en el artículo 11 de la Resolución CREG- 082 de 2002.

Parágrafo 1º. El factor de potencia inductiva (coseno phi inductivo) de las instalaciones deberá ser igual o superior a punto noventa (0.90). El operador de Red podrá exigir a aquellas instalaciones cuyo factor de potencia inductivo viole este límite, que instalen equipos apropiados para controlar y medir la energía reactiva"

Por otra parte, la Norma del operador de red establece que:
Para cargas residenciales y/o comerciales este valor debe tomarse igual a 0.9.

3. Armónicos

Las cargas armónicas no lineales más comunes son las que se encuentran en los receptores alimentados por electrónica de potencia tales como variadores de velocidad, rectificadores, convertidores, etc. Otro tipo de cargas tales como reactancias saturables, equipos de soldadura, hornos de arco, etc., también inyectan armónicos.

El resto de las cargas tienen un comportamiento lineal y no generan armónicos: Inductancias, resistencias y condensadores.

La importancia de los armónicos de corriente queda definida de la siguiente manera:

Si THDi > 50%: Contaminación importante por lo que es probable que el funcionamiento sea defectuoso; se hace necesario el análisis y el uso de un dispositivo de atenuación. Si 10% < THDi < 50%: Contaminación significativa, por lo que podrá existir algún funcionamiento defectuoso. Si THDi < 10%: Situación normal.

En el presente proyecto las cargas instaladas no generan los armónicos como para sobrepasar más del 10% de distorsión de armónicos total.

En conclusión: No se tendrán en cuenta los armónicos para esta instalación.

D. COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.

Comprende la selección de la soportabilidad o resistencia eléctrica de un equipo y su aplicación en relación con las tensiones que pueden aparecer en el sistema en el cual el equipo será utilizado.

Si el punto de descarga del rayo está a varios kilómetros del aparato protegido, el factor de atenuación de la línea es alto y las corrientes que derivan a tierra los descargadores son del orden de 2 kiloamperios. Según las estadísticas se deduce que el 95% de las descargas atmosféricas son inferiores a 5 kilo-amperios en líneas de distribución y el 90% son inferiores a 10 kA en líneas de alto voltaje. Para definir la capacidad de corriente de un descargador que se va a fijar en una estructura, hay que tomar en cuenta el costo del equipo a proteger y la frecuencia de las tormentas, factores que permiten juzgar si se utiliza o no descargadores de gran capacidad de descarga.
Los niveles de tensión del presente proyecto se tienen que para BT el nivel es 208/120 V.

Para el cálculo de coordinación de aislamiento se consideraron diferente análisis que

se han realizado con los niveles de tensión mencionados anteriormente y en donde se estandariza lo siguiente:

DPS`s (en la red):
Tensión de servicio: 13.2 kV BIL:
110 kV
Capacidad nominal de Descarga: 10 kA

Cortacircuitos:
Tensión de servicio: 15 kV BIL:
110 kV
Corriente de cortocircuito simétrica: 10 kA

E. ANÁLISIS Y CÁLCULOS DE CORTOCIRCUITO, ARCO ELÉCTRICO Y FALLA A TIERRA.

Con las características de la red de media tensión, se realizó el cálculo de la corriente de cortocircuito donde se obtuvieron los resultados mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 9. *Cálculo de corriente nominal UPS 20kVA*

UPS 30 kVA:

$$In(n) = \frac{VA}{V} = \frac{20000}{208\sqrt{3}} = 55.51 \text{ A}$$

F. ANÁLISIS DEL NIVEL TENSIÓN REQUERIDO

De acuerdo con la normatividad vigente se determina que los sistemas de Transmisión Regional y/o Distribución Local se clasifican por niveles, en función de la tensión nominal de operación, según la siguiente definición:

- Nivel IV: Sistemas con tensión nominal mayor o igual a 62 kV
- Nivel III: Sistemas con tensión nominal mayor o igual a 30 kV y menor de 62 kV
- Nivel II: Sistemas con tensión nominal mayor o igual a 1 kV y menor de 30 kV
- Nivel I: Sistemas con tensión nominal menor a 1 kV

De acuerdo con los siguientes parámetros eléctricos el Nivel de Tensión del proyecto es Nivel I; El nivel de tensión será 208/120 V respectivamente, a elección del interesado y la disponibilidad de la red en el sitio.

Punto de Conexión: Desde la red del tablero general existente ubicado en el cuarto eléctrico existenteo.

G. CÁLCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Según el RETIE en el artículo 14.4, los diseños de líneas o subestaciones de tensión

superior a 57,5 KV, en zonas donde se tengan en las cercanías edificaciones ya construidas, debe incluirse el análisis.

Por lo anterior, en el presente proyecto **no se requiere** el cálculo de campos electromagnéticos debido a que el nivel de tensión es de 13.2 kV.

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

En la Tabla 11 correspondiente a la selección de UPS y las especificaciones de cada uno.

Tabla 10. *Selección de UPS*

Descripción	Tablero	FASES			
		A	B	C	
SALA SISTEMAS 112	Tablero 1	1.71	2.27	1.71	5.68
SALA SISTEMAS 113	Tablero 2	1.71	1.71	2.27	5.68
TOTAL CARGA INSTALADA		**3.41**	**3.98**	**3.98**	**11.37**
TOTAL CARGA DEMANDA		**10.68**			**kVA**
SELECCIÓN UPS		**20.00**			**kVA**

ESPECIFICACIONES DE LA UPS	
Capacidad	**20 kVA**
Fases	**3**

Nota: Se omite el cálculo de armónicos debido a que el tipo de carga instalada corresponde a iluminación con factores de potencia cercanos a la unidad y salidas de tomacorrientes que no generan armónicos a la red.

I. CALCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

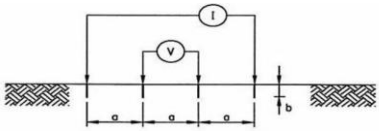
Se realizó la medición de la resistividad del terreno con el telurómetro de referencia MEGGER DET 2/3 tal y como se muestra en la siguiente imagen:





Para medir la resistividad del terreno se utilizó el método de los cuatros puntos de Wenner, ya que es más preciso y común. El suelo para capas profundas sin enterrar los electrodos a dichas profundidades no es necesario un equipo pesado para realizar las medidas, los resultados no son afectados por la resistencia de los electrodos auxiliares o los huecos creados para hincarlos en el terreno. El método consiste en enterrar pequeños electrodos tipo varilla, en cuatro huecos en el suelo, a una profundidad “b” y espaciados (en línea recta) una distancia “a” como se muestra en la Imagen 1.

Imagen 1. Medición de resistividad por el método de Wenner



Una corriente “I” se inyecta entre los dos electrodos externos y el potencial “V” entre los dos electrodos internos es medido por el instrumento. El instrumento mide la resistencia R (=V/I) del volumen de suelo cilíndrico de radio “a” encerrado entre los electrodos internos. La resistividad aparente del suelo ρa, a la profundidad “a” cuando a>>b se puede describir de la siguiente formula:

$$p = 2 * \pi * R * a$$

Este cálculo lo realiza internamente el telurómetro y nos entrega en la pantalla el valor de la resistividad dependiendo de la distancia en la que posicione los electrodos

APIQUE 1	
Distanciamiento de electrodos “a” [m]	***p*** **Resistividad [Ωm]**
2	40
4	19.5

6	25.3
8	21.8
Promedio	26.65

APIQUE 2	
Distanciamiento de electrodos "a" [m]	***P* Resistividad [Ωm]**
2	30.1
4	45.4
6	22.2
8	32.1
Promedio	32,45

APIQUE 3	
Distanciamiento de electrodos "a" [m]	***p* Resistividad [Ωm]**
2	30,1
4	17,8
6	34,1
8	22,4
Promedio	26.1

Teniendo en cuenta los 3 aplique se realizó un promedio de las resistividades obteniendo una resistividad 28,4 [Ωm] y se determinó la resistencia de puesta a tierra con la ecuación de Dwight.

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

Remplazando los valores obtenemos una resistencia de R = 7.65 [Ω].

CALCULO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA
IEEE - 80

Datos del Suelo

ρ	12	Ohm/m	*(resistividad del suelo)*
ρ_s	5000	Ohm/m	*(resistividad superficial)*
h_s	0,5	m	*(Profundidad de la capa superficial)*

Geometría de la malla

Ver Diagrama

Largo (X):	1	m	Cantidad de varillas:	1	
Ancho (Y):	1	m	Largo:	2,4	m
Área:	1	m^2	Con varillas en las esquinas		
Espacio Vertical (Ey)	1	m } D	LR:	9,6	m
Espacio Horizontal (Ex)	1	m } D			
Conductores verticales:	2				
Conductores Horizontales:	2				
Lc:	4	m (Longitud total de la malla)	→ Lm:	12,69	m
h:	0,75	m (Profundidad de la malla)	Lt:	6,40	m

Parámetros eléctricos

Ts:	0,5	s (Tiempo de duración de la falla)
3I0:	1500,00	A (3X0 Corriente de falla)

Calcular

Conductor de la malla

Tipo:	Cobre Comercial		
Conductividad:	97	% respecto al cobre puro	
Factor αr:	0,00381	@20°C [1/°C]	
K0 a 0°C:	242		
Tm:	1084	[°C] (Temperatura de fusion)	
ρr a 20°C:	1,78	[μΩ-cm]	
TCAP:	3,42	[J/cm3·°C] Capacidad termica	
Tipo de Union:	Soldada		
Temp Max de la Union:	450	°C	
Ta:	25	°C (temperatura ambiente)	
Akcmil:	7,36	kcmil	
Area minima:	3,73	mm2	
Diámetro mínimo:	0,0022	mm	
Conductor de diseño:	1/0 AWG		
área:	53,48	mm2	
diámetro:	0,0083	mm	

IEEE 80-2000
Sec 11.3 Tabla 1
Con temperatura de referencia 20ºC

Caracteristicas minimas del conductor de tierra

Factores de paso y toque

K: -0,94 (factor de reflexión)

Cs: 0,92 (factor de reducción)

Peso de la persona: 50 kg

Es: 378,59 V (Voltaje de paso Max, para el peso indicado)

Et: 156,17 V (Voltaje de toque Max)

Resistencia de la malla

Rg: 5,85 Ω (Resistencia de la malla)

Corriente de Malla

IG: 0,22 kA Calcular

Incremento de potencial

GPR: 1267,45 V (Incremento de potencial en la malla)

Voltaje de malla

Em: 43,87 V (Voltaje de la malla en falla)

Voltaje de paso

Es: 88,07 V

El Diseño cumple con la norma

Según la tabla 3.12.3.a del RETIE nos indica los valores máximos de resistencia de puesta a tierra.

Tabla 3.12.3. a. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 Ω
Subestaciones de media tensión.	10 Ω
Protección contra rayos.	10 Ω
Punto neutro de acometida en baja tensión.	25 Ω
Redes para equipos electrónicos o sensibles	10 Ω

Fuente: Adaptada de las normas ANSI/IEEE 80, NTC 2050 Segunda Actualización y NTC 4552-1.

Tabla 11. Valores máximos de resistencia de puesta a tierra

Por otro lado, se consideró también otras características nombradas en la NTC 2050 y estas son las siguientes:

✓ Conectar a tierra cada uno de los dispositivos del sistema, además

se consideró colocar un electrodo para los equipos generales.

- ✓ Realizar las conexiones con conectores certificados.

J. CALCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA TODOS LOS FACTORES DE PÉRDIDAS, CARGAS RESULTANTES Y LOS COSTOS DE ENERGÍA.

La función primordial de un conductor eléctrico es dirigir corriente desde la fuente o punto de acometida hasta el punto de utilización. La eficiencia en la transferencia de energía depende de su oposición al flujo eléctrico. Debido a su resistencia eléctrica, el conductor disipa en forma de calor, parte de la energía transportada; si se incrementa el diámetro del conductor disminuyen las pérdidas y, aunque implica un incremento en el precio inicial de la instalación, se compensa con la disminución en la pérdida de energía. Los conductores se calculan para tener cierta caída de tensión, que equivale a pérdida de energía aproximada a ese valor, el cual está presente durante la vida útil del conductor, lo que refleja un costo operativo. En teoría, es posible disminuir las pérdidas a valores insignificantes al aumentar la sección del conductor, sin embargo, el costo del cableado y sus accesorios aumentan a valores que no son rentables, en ese

caso, se puede buscar un equilibrio entre la ganancia económica en la reducción de las pérdidas y el incremento en el costo de la instalación, o se puede reducir la pérdida en el cableado a un valor especificado con anterioridad, por ejemplo, menor a uno por ciento.

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.

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

$$\boldsymbol{E=R*Imax2*\Delta t}$$

Donde **E** es la energía disipada por el conductor, **R** es la resistencia propia del conductor, y se calcula mediante la siguiente ecuación; **Imax** es la corriente máxima que pasará por el conductor y **Δt** es el intervalo de tiempo.

$$\boldsymbol{R=\rho * lS}$$

Donde $\boldsymbol{\rho}$ es la resistividad eléctrica del material conductor [Ωm], $\boldsymbol{l}$ es la longitud del circuito [m] y S es la sección transversal del conductor en [$mm2$].

$$\boldsymbol{E=\rho * lS * Imax2 * \Delta t}$$

La norma específica las resistividades del cobre y el aluminio a 20°C, con los siguientes valores: $18.35x10-9\Omega m$ para Cu, y $30.3x10-9\Omega m$ para Al.

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

$$\boldsymbol{Pérdida\ en\ \$\ por\ día = 24 x E x \$W}$$

Donde $\$W$ es el valor en pesos de cada Wh.

CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES									
IDENT.	RESISTIVIDAD ELECTRICA DEL CONDUCTOR (Ωm)	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	CALIBRE	SECCIÓN TRASVERSAL DEL CONDUCTOR (mm)	CORRIENTE MÁXIMA (A)	INTERVALO DE TIEMPO (ΔT-h)	VALOR Wh ($)	ENERGÍA DISIPADA (Wh)	PÉRDIDA EN $ POR DÍA
T-1	1.84E-08	28	6	13.29	47.37	1	$ 900	86.75	$ 1,873,703
T-2	1.84E-08	40	6	13.29	27.33	1	$ 900	41.25	$ 890,920
ACOMETIDA PRINCIPAL - TABLERO EXISTENTE - UPS	1.84E-08	10	4	21.14	51.37	1	$ 900	22.90	$ 494,701
ACOMETIDA PRINCIPAL - UPS - TABLERO REGULADO	1.84E-08	10	4	21.14	51.37	1	$ 900	22.90	$ 494,701

Tabla 12. *Calculo económico acometida y tableros*

El conductor utilizado en el proyecto en referencia cumple con las características técnicas de capacidad de corriente, y además según el criterio económico su instalación no incurrirá en gastos futuros que afecten al usuario de la instalación.

K. VERIFICACIÓN DE 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. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

1. Verificación y capacidad de corriente de conductores

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. Seccionador seleccionado para el proyecto, tienen en cuenta las recomendaciones enunciadas en el Artículo 230-204 de la NTC 2050. 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 aísle 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 los 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.
• **Confiabilidad**. 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.

VERIFICACION CONDUCTORES							
IDENT.	VOLT.	LONG	CARGA	CORRIENTE	CONDUCTOR	CORRIENTE MAXIMA CONDUCTOR	PROTECCION INSTALADA
		Mts	kVA	A	CALIBRE		
T-1	208	28	5.68	47.4	6	75	3X15 A
T-2	208	40	5.68	27.3	6	75	3X15 A
ACOMETIDA PRINCIPAL - TABLERO EXISTENTE - UPS	208	10	10.68	51.4	4	95	3X35 A
ACOMETIDA PRINCIPAL - UPS - TABLERO REGULADO	208	10	10.68	51.4	4	95	3X35 A

Tabla 13. *Verificación de conductores BT.*

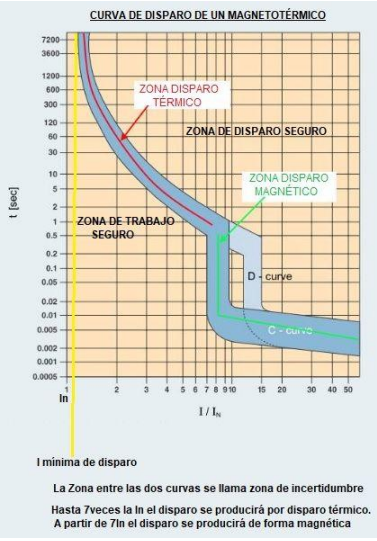


Imagen 2. Curva de disparo de un breaker (BT).

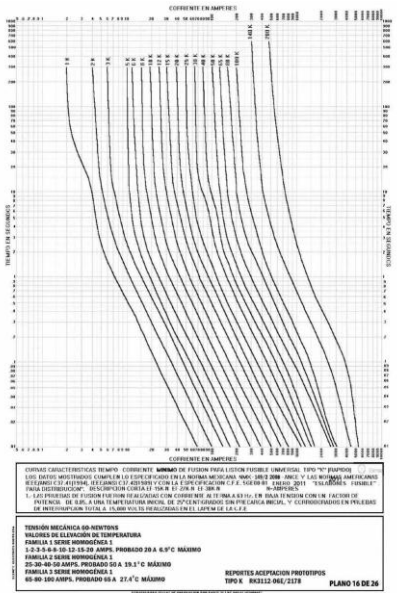


Imagen 3. Curva de disparo fusible tipo K

En el capítulo **m**, realizara la coordinación de protecciones en media tensión.

L. CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECIÓN Y SOPORTE DE REDES DE TRANSMISIÓN, DE DISTRIBUCIÓN, SUBESTACIONES Y CENTRALES DE GENERACIÓN.

Todos los cálculos eléctricos y mecánicos relativos a la línea objeto del presente proyecto, han sido realizados de acuerdo con los “Criterios de diseño y de construcción de Redes Aéreas de Distribución” de la EMPRESA DE ENERGIA DEL PUTUMAYO S.A. E.S.P. habiéndose utilizado las tablas y gráficos que en el mismo se incluyen.

a. Cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción de equipos.

Los cálculos mecánicos de redes se realizan teniendo en cuenta la acción de las cargas y sobrecargas sobre los conductores, su configuración y condiciones que se describen

en los siguientes apartados. Se consideran las cargas permanentes horizontales y verticales como los debidos al peso de los conductores, las presiones debidas al viento y los desequilibrios debidos por los esfuerzos longitudinales en apoyos de alineamiento, retención o anclaje y Angulo. Igualmente se consideran los esfuerzos longitudinales unilaterales debidos a la rotura de conductores.

Definiciones y consideraciones generales del cálculo mecánico:

Vano. Distancia horizontal entre los elementos en los cuales el conductor esta libremente suspendido o apoyado. En la ejecución de diseños para la construcción de redes aéreas, el vano se toma como la distancia horizontal entre dos apoyos verticales adyacentes, medida entre los ejes verticales y centros de los apoyos. Para los efectos de diseño se definen los diferentes tipos de vanos.

Vano individual. Distancia horizontal entre dos apoyos adyacentes cualesquiera de la línea.

Vano básico o normal. Distancia horizontal entre apoyos adyacentes, con la que se obtiene la mayor economía en la construcción de redes en terrenos planos. Este vano se determina con respecto a la distancia de aislamiento a tierra dependiendo de la tensión de diseño.

El conjunto de varios vanos consecutivos comprendidos entre dos apoyos de anclaje o retención y terminales, constituyen lo que se denomina el tramo o templa.
Vano promedio. Distancia horizontal equivalente al promedio aritmético de todos los vanos que constituyen el tramo o templa de la línea.
Vano regulador. Es un vano equivalente o ficticio, que permite obtener la tensión promedio en los vanos comprendidos entre dos apoyos de retención, anclaje o terminales de un tramo de línea. Este vano se utiliza en la construcción de la plantilla de localización de los apoyos de la línea aérea.

Con este vano se determina la longitud del vano representativo para escoger las tensiones a diferentes temperaturas y preparar las tablas y ábacos de tendido. El vano regulador se asume utilizando consideraciones de tensión mecánica y distancias a tierra de los conductores eléctricos de potencia. Puede calcularse aproximadamente en función de vanos determinados, a partir de la siguiente expresión.
Vr = 1/3*vano promedio + 2/3*vano máximo
Vr = Vano regulador

Momentos por la acción del viento en el Apoyo
El momento en kg.-m es:
$M_1 = Pv_1 * S_1 * H_1$
Pv_1 : Presión del viento, en kg/m^2
S_1 : Área del apoyo sometida a la presión del viento, en m^2
H_1 : Altura de aplicación de la carga resultante en metros

Para postes troncocónicos:

Pv_1 : Presión del viento, en kg/m^2
H : Altura del poste sobre el terreno, en metros
$M_1 = Pv_1 * H^2 * \frac{(2d_2 + d_1)}{6} * Fs$
d_2: Diámetro superior del poste, en centímetros.
d_1: Diámetro del poste al nivel del suelo, en centímetros.
Fs: Factor de seguridad debido a cargas del viento.
Momento del viento en los conductores
El momento en kg.-m es:
Pv_1 : Presión del viento, en kg/m^2
$M_2 = Pv_1 * \frac{h_1 n\, dc\, (l_1 + l_2)}{200}$
h_1: Altura de aplicación de la carga de viento, en metros

n : Número de conductores

dc : Diámetro de los conductores, en metros

l_1 y l_2 : Longitud de los vanos adyacentes al apoyo, en metros.

Para conductores de diferentes diámetros y apoyos a diferente nivel la fórmula se aplicará separadamente.

Por tensión en los conductores debido a cambios de dirección.
El momento en kg.-m, es;

$M_3 = 2 * Cr * \left(\frac{1}{2}\right) * n * h_1 * Fs * sen(\frac{\text{Y}}{2})$

Cr : Tensión de ruptura, en kilogramos
h_1 : Altura de aplicación de la tensión, en metros
Fs : Factor de seguridad por cargas de Angulo
Ɣ : Angulo de deflexión de la línea

Cable para retenida baja tensión:

Cable de acero retenida		
Material	Acero galvanizado 7x19	
Diámetro	3/8"	
Tensión de ruptura	5939	kgf
Factor de seguridad	2	
Capacidad de trabajo	2970	kgf
Altura de amarre	6,6	m
Distancia mín retenida	2,2	m
Ángulo con la vertical	18,4	°

Esfuerzos en conductores aéreos

Los esfuerzos a los que quedan sometidos a los conductores en líneas aéreas se derivan de su peso propio, de la carga debida al viento y a las variaciones de temperatura.
El peso propio actúa verticalmente y la carga debida al viento se aplica horizontalmente en sentido perpendicular al vano.
Las variaciones de temperatura producen esfuerzos longitudinales en las líneas eléctricas. La tensión resultante en el plano perpendicular al eje de la line es la combinación del peso propio y de la carga del viento.
Peso Propio (PC): Este se calcula para el vano peso, definido con anterioridad a partir de los pesos unitarios de los conductores.
Estos se encuentran en los catálogos de los fabricantes y en algunos manuales de ingeniería.
Esfuerzos debidos al Viento (PV): La presión del viento sobre superficies cilíndricas se calcula para el vano de viento definido anteriormente, mediante la

siguiente expresión:
PV = 0.0042 * V2 kg / m2
V: Velocidad máxima del viento es kg/m2
Deberá tenerse en cuenta la velocidad del viento acorde con la zona geográfica donde se desarrollará el proyecto.
La carga del viento por metro de longitud es aproximadamente igual a:
fv=Pv *Dc kg / m
fv=0.0042*v^2*D *l
D = Diámetro del conductor en metros
Resultante

La fuerza resultante sobre el conductor debido al peso propio y a la carga del viento es:

$fc = \sqrt{P_c^2 + f_v^2}$ kg / m

Cálculo de flechas y tensiones

Consideraciones generales

Cuando un conductor es suspendido libremente entre dos apoyos adquiere una forma o curva característica, en virtud de la distribución de esfuerzos verticales (peso uniformemente distribuido) y horizontales a que se encuentra sometido. La curva se puede describir matemáticamente de manera exacta mediante la ecuación de la catenaria, o aproximada por la ecuación de la parábola.

Los conductores aéreos son cables, es decir están compuestos por varios hilos; si son del mismo material como acero se presenta una homogeneidad en el material, pero en el caso de cables de aluminio-acero, el material en conjunto es heterogéneo. El cálculo mecánico de esfuerzos de estos últimos se hace considerando parámetros como módulo de elasticidad y coeficiente de dilatación correspondiente a la proporción en que se encuentra cada uno de los materiales.

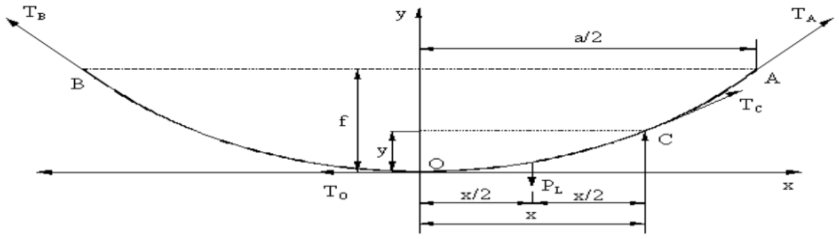
Es necesario tener en cuenta igualmente, tanto en conductores como en cables de guarda, que éstos se encuentran bajo la influencia de variaciones de temperaturas ambiente y la acción del viento o sobrecargas, pero que en toda condición se deben cumplir ciertas limitantes como tensión máxima admisible, flechas (verticales o inclinadas y distancias de seguridad).
Todas las posibles modificaciones en las condiciones de funcionamiento mecánico de las líneas se pueden prever mediante la “ecuación de cambios de condiciones” o “ecuación de cambio de estado” que se verá más adelante.
Procedimiento General: El procedimiento para el diseño mecánico de conductores consiste en esencia en los siguientes pasos:

a. Determinación de las características de los conductores seleccionados, condiciones ambientales, y vanos de prediseño de la línea.
b. Determinación matemática de la curva a utilizar, ya sea mediante cálculo exacto, o aproximado.
c. Definición de las hipótesis de tendido del conductor, o esfuerzos permisibles.

d. Determinación del lugar geométrico de las tensiones y la flechas para las diferentes condiciones de vanos y temperaturas, con base en la “ecuación de cambio de condiciones”.

Formula de la Parábola

Esta fórmula presenta una aproximación suficiente en el cálculo de flechas y tensiones en vano de longitud inferior a 300 metros, o cuando la flecha tiene valores iguales o inferiores al 5% de la longitud del vano. La siguiente figura presenta la curva de la parábola y los parámetros que la determinan.



Aproximación por medio de la parábola para el cálculo de la flecha de una línea

La Ecuación de la flecha para vanos con apoyos a nivel es:

$F = \frac{Pc*l^2}{8*t}$

F : Flecha en el centro del vano, en metro
Pc : Peso por unidad de longitud, en kilogramo por metro
l : longitud del vano, en metro
t : Componente horizontal de la tensión en el conductor, en kilogramos
Ecuación utilizando cambio de condiciones:

$F_1 = l_1^2 * Fr\frac{1}{lr^2}$

F_1 : Flecha en metros para el vano de longitud l 1 en metros

lr = Longitud del vano regulador, en metros
Fr = Flecha para el vano regulador a la temperatura mínima o máxima, en metros

Efecto de la temperatura
La tensión en el conductor varía en proporción inversa a la temperatura, y la flecha en proporción directa. Las anteriores relaciones pueden expresarse de la siguiente forma:

$$t^2\left[t + sE \propto (T - T_1) + \frac{sEl^2f_{c1}^2}{24t_1^2} - t_1\right] = \frac{sEl^2f_c^2}{24}$$

$$F^3 - F\left[F_1^2 + \frac{3l^2 \propto (T - T_1)}{8} - \frac{3l^2t_1}{8sE}\right] = \frac{3l^4f_c}{64\,sE}$$

t : Tensión Final del conductor en kg/m
t_1 : Tensión inicial del conductor en kg/m
$\propto$: Coeficiente de dilatación lineal por grado centígrado
T : Temperatura Final, en °c
T_1 : Temperatura Inicial, en °c
s : Área del conductor en mm^2

E : Módulo de elasticidad, en kg/mm^2
f_c : Esfuerzos en el conductor para las condiciones finales, en kg/m
f_{c1} : Esfuerzos en el conductor para las condiciones iniciales, en kg/m
F : Flecha final del conductor, en metros
F_1 : Fecha inicial del conductor, en metros
l : Longitud del vano, en metros

Las características de los materiales para los conductores a los cuales se hace referencia son tomadas de las tablas de fabricantes y de la tabla 7.1. De la norma IPSE “Instituto de planificación y promoción de Soluciones Energéticas”; Como aclaraciones a la misma se pueden citar las siguientes:

(1) Los módulos de elasticidad indicados en esta tabla para aluminio, acero y ACSR son el promedio de los valores obtenidos en ensayos de esfuerzo de deformación.

(2) Los coeficientes de dilatación lineal indicados en la tabla para el aluminio y el acero son los valores generalmente aceptados. Los de ACSR se calculan para representar el promedio de valores de los diversos tipos y cableados de lista.

Longitud del conductor
La longitud del conductor en metros puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$Lc = l + \frac{8F^2}{3l}$$

Lc : Longitud del conductor, en metros
l : Longitud del vano, en metros
F : Flecha, en metros

Tensión Final: Puede encontrarse su valor aproximado por la ecuación de la parábola:

$$t = \frac{Pcl^2}{8F}$$

Vibración Eólica: Los conductores aéreos están sometidos a dos clases de vibraciones por el efecto del viento, la vibración eólica y el efecto de galope. Este último se presenta en conductores cubiertos por hielo, así que no será considerado.

La vibración eólica: Es una oscilación de alta frecuencia y poca amplitud que se origina por la presencia de remolinos detrás del conductor, que producen esfuerzos intermitentes en

sentido perpendicular a la dirección del viento.
Para evitar la ocurrencia de vibraciones, deben tenerse en cuenta en el diseño lo siguientes requisitos:

1. Diseñar la línea con tensiones mecánicas bajas, para condiciones de media y baja temperatura.
2. Usar varillas preformadas de blindaje.
3. Seleccionar dispositivos apropiados para fijar el conductor.
4. Las conexiones rígidas deben evitarse.
5. Usar amortiguadores.

Las características del conductor son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CONDUCTOR	
Calibre del conductor	1/0 XLPE
Material	ACSR
Diámetro Externo d(mm)	28
Sección S(mm^2)	53.51
Módulo de elasticidad ε (kg/mm^2)	6300
Coeficiente de dilatación α (1/°C)	23,0X10^-6
Peso unitario w (kg/km)	1.133
Carga mínima rot. (kg)	844

Resistencia R (ohm/km)	0.329

Se anexan los cálculos mecánicos de media y baja tensión de cada vereda a ejecutar.

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 IEC 60947-2 ANEXO A.

No aplica

N. CÁLCULOS DE CANALIZACIONES (TUBOS, DUCTOS, CANALES Y ELECTRODUCTOS), BANDEJAS PORTACABLES Y VOLUMEN DE ENCERRAMIENTOS (CAJAS, CONDULETAS, ARMARIOS, ETC.)

En la tabla 14 se muestra una sección de la tabla C9A, NTC2050, en la que se especifican los diámetros de tubería según calibre del conductor, para cables con aislamiento THW THW-2 y THWN; que, a nivel nacional, son los tipos de aislamiento más comunes, comercialmente hablando.

Tabla C9A. Número máximo de conductores compactos en tubo conduit rígido de PVC, Schedule 80 (según la Tabla 1, Capítulo 9)

Letras de tipo	Sección transversal del conductor		Tamaño comercial mm pulgadas												
	mm²	AWG kcmil	16 ½	21 ¾	27 1	36 1 ¼	41 1 ½	53 2	63 2 ½	78 3	91 3 ½	103 4	129 5	155 6
THW, THW-2, THHW	8,36	8	1	3	5	9	13	22	32	50	66	86	140	200
	13,29	6	1	2	4	7	10	17	25	39	52	68	106	155
	21,14	4	1	1	3	5	7	13	18	29	39	51	81	116
	33,62	2	1	1	1	4	5	9	13	21	29	37	60	85
	42,20	1	0	1	1	3	4	6	9	15	20	26	42	60
	53,50	1/0	0	1	1	2	3	6	8	13	17	23	36	52
	67,44	2/0	0	1	1	1	3	5	7	11	15	19	30	44
	85,02	3/0	0	0	1	1	2	4	6	9	12	16	26	37
	107,21	4/0	0	0	1	1	1	3	5	6	10	13	22	31
	126,67	250	0	0	1	1	1	2	4	6	8	11	17	25
	152,01	300	0	0	0	1	1	2	3	5	7	9	15	21
	177,34	350	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8	13	19
	202,66	400	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7	12	17
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6	10	14
	304,02	600	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5	8	12
	354,69	700	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	7	10
	380,02	750	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	7	10
	506,70	1000	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
THHN, THWN, THWN-2	8,36	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	13,29	6	1	3	6	11	15	25	36	57	77	99	156	226
	21,14	4	1	1	3	6	9	15	22	35	47	61	96	140
	33,62	2	1	1	2	5	6	11	16	25	34	44	70	100
	42,20	1	1	1	1	3	5	8	12	19	25	33	53	75
	53,50	1/0	0	1	1	3	4	7	10	16	22	28	45	64
	67,44	2/0	0	1	1	2	3	6	8	13	18	23	37	53
	85,02	3/0	0	1	1	1	3	5	7	11	15	19	31	44
	107,21	4/0	0	0	1	1	2	4	6	9	12	16	25	37
	126,67	250	0	0	1	1	1	3	4	7	10	12	20	29
	152,01	300	0	0	1	1	1	3	4	6	8	11	17	25
	177,34	350	0	0	0	1	1	2	3	5	7	9	15	22
	202,66	400	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8	13	19
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7	11	16
	304,02	600	0	0	0	1	1	1	1	3	4	6	9	13
	354,69	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5	8	12
	380,02	750	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5	8	11
	506,70	1000	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3	5	8
XHHW, XHHW-2	8,36	8	1	4	7	12	17	29	42	65	88	114	181	260
	13,29	6	1	3	5	9	13	21	31	48	65	85	134	193
	21,14	4	1	1	3	6	9	15	22	35	47	61	96	140
	33,62	2	1	1	2	5	6	11	16	25	34	44	70	100
	42,20	1	1	1	1	3	5	8	12	19	25	33	53	75
	53,50	1/0	0	1	1	3	4	7	10	16	22	28	45	64
	67,44	2/0	0	1	1	2	3	6	8	13	18	24	38	54
	85,02	3/0	0	1	1	1	3	5	7	11	15	19	31	44
	107,21	4/0	0	0	1	1	2	4	6	9	12	16	26	37
	126,67	250	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13	21	30
	152,01	300	0	0	1	1	1	3	4	6	8	11	17	25
	177,34	350	0	0	1	1	1	2	3	5	7	10	15	22
	202,66	400	0	0	0	1	1	1	3	5	7	9	14	20
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7	11	17
	304,02	600	0	0	0	1	1	1	1	3	4	6	9	13
	354,69	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5	8	12
	380,02	750	0	0	0	0	1	1	1	2	3	5	7	11
	506,70	1000	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3	6	8

Definición: el trenzado compacto es el resultado de un proceso de fabricación en el cual un conductor normal se comprime hasta que prácticamente desaparecen los intersticios o huecos entre los hilos

Tabla 14: Diámetro de tubería según calibre y cantidad de conductores (Tabla C9, NTC2050).

Observar tabla de regulación y canalización en el ítem “P”.

O. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA, TENIENDO EN CUENTA LOS EFECTOS DE ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA.

A continuación, se realiza el cálculo de pérdidas de los conductores para baja

tensión:

Se calcularán las pérdidas para la acometida principal de baja tensión hasta cada tablero eléctrico mediante la siguiente ecuación.

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

Dónde:

V: Es el voltaje en kV.
Reg%: es la regulación de voltaje en porcentaje.
I: Es la corriente en Amperios.

$$P = 152 * 208\sqrt{3} * 0.23\% = 125\ W$$

P. CÁLCULOS DE REGULACIÓN DE TENSIÓN.

Se realizará el cálculo de regulación con el fin de determinar el porcentaje de caída de tensión, debido a la distancia entre en punto de conexión y la carga para media tensión y baja tensión.

REGULACION Y DUCTOS																	
IDENT.	DESCRIPCION	LONG (M)	D. MAX (kVA)	F.P.	FASES	I (A)	PROTE	MOMENTO (kVA*M)	CONDUCTOR			REGULACION			DUCTOS	
									MATERIAL	CALIBRE	#	Zeff	ΔV	& %	mm	in
T-1	SALA SISTEMAS 112	28	5.68	0.95	3	47.4	3X15 A	159.2	CU-HFFR	6	5	1.58	2.1	1.75%	50	2
T-2	SALA SISTEMAS 113	40	5.68	0.95	3	27.3	3X15 A	227.4	CU-HFFR	6	5	1.58	1.7	1.44%	50	2
ACOMETIDA PRINCIPAL - TABLERO EXISTENTE - UPS	TABLERO EXISTENTE - UPS	10	10.68	0.95	3	51.4	3X35 A	106.8	CU-HFFR	4	5	1.02	0.5	0.22%	50	2
ACOMETIDA PRINCIPAL - UPS - TABLERO REGULADO	UPS - TABLERO REGULADO	10	10.68	0.95	2	51.4	3X35 A	106.8	CU-HFFR	4	5	1.02	0.5	0.22%	50	2

Tabla 15. Regulación y ductos baja tensión

Q. ÁREAS CLASIFICADAS COMO PELIGROSAS.

Este proyecto no tiene clasificación de áreas, porque no hace parte de las instalaciones eléctricas en lugares clasificados como peligrosos.

R. DIAGRAMAS UNIFILARES.

Nota: Se muestra en los planos anexos.

S. PLANOS ELÉCTRICOS PARA CONSTRUCCIÓN.

Se anexa planos con diagramas unifilares, cálculos de regulación, selección de UPS y cálculos.

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

Las especificaciones presentadas a continuación definen las características de los materiales y equipos utilizados; para la construcción, conexión, pruebas y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas. Estas especificaciones están en concordancia con los diseños realizados para el sistema eléctrico.

1. **Conductores eléctricos para instalaciones**

- **Tipo aislado**

Se utilizan cables en cobre aislado libre de halógeno para las redes internas, y el cable de cobre desnudo para el sistema de puesta a tierra y sus conexiones de acuerdo a lo que se indica en los planos.

- **Conexiones**

Las conexiones dentro de las cajas de derivación se empalman en el mismo calibre de acuerdo con el RETIE; estos empalmes se realizan con conectores de resorte resistentes al ácido, humedad, y cortaduras. Para las conexiones de los conductores de calibre superior al Número 8 AWG se usan terminales o bornes especiales debidamente aislados con capas de cinta aislante y auto fundente. Por regla general el tipo de conectores que se use debe asegurar un contacto perfecto evitando aflojamiento por vibración o por tensiones bajo el servicio normal.

En ningún caso se pueden hacer derivaciones o empalmes de conductores dentro de los tubos; por lo tanto, los conductores deben ser en tramos continuos entre cajas. Tampoco se permiten empalmes en los cables de la acometida.

Se debe garantizar la conductividad eléctrica a lo largo de los tubos, tableros, aparatos, ductos, hasta el sistema de tierra proyectado.

- **Tableros de breaker**

Los tableros de breaker operan como centro de carga del sistema eléctrico, por lo tanto, sirven de punto de distribución para los circuitos ramales e integran los dispositivos de corte y protección termomagnética (Breakers). La alimentación de los tableros se dispone de la siguiente manera:

- Tableros trifásicos a 208 V – 120 V.

La envolvente del tablero está provista con puerta y chapa que garantizan fácil acceso para inspección, modificación y mantenimiento.

- **Tuberías y accesorios**

Para las instalaciones eléctricas se utiliza tubería conduit PVC y EMT, garantizando la protección de los cables en las instalaciones eléctricas cumpliendo con los requisitos exigidos en el RETIE y en la NTC 2050.

- **Pruebas y puesta en servicio**

Antes de la puesta en servicio del sistema eléctrico, se efectúan las pruebas necesarias para validar el correcto funcionamiento de las instalaciones. Por lo tanto, se realizan las pruebas que verifican los siguientes parámetros:

- Continuidad de los circuitos.
- Correspondencia de circuitos de acuerdo con el cuadro de carga y planos.
- Comprobación de valores nominales: tales como calibres, diámetros, voltajes, tipo de conexión, puesta a tierra, corriente, capacidad de interrupción.

- **Breakers**

El interruptor magnético o Breaker se utiliza para proteger los circuitos contra deterioro por calentamiento debido a sobrecorrientes o cortocircuitos. Adicionalmente protege la vida vegetal o animal, siendo uno de los dispositivos claves para el cumplimiento del RETIE. La coordinación de protecciones permite seleccionar escaladamente los interruptores automáticos permitiendo aislar del flujo eléctrico solamente la parte del circuito con fallas.

Los breakers se instalan en los tableros de distribución y/o celda de distribución eléctrica cuya ubicación se muestra en planos. POR SEGURIDAD del personal requerido DES-ENERGIZAR la celda eléctrica en su totalidad para realizar la maniobra de instalación del interruptor electromagnético.

U. DISTANCIAS DE SEGURIDAD O SERVIDUMBRE REQUERIDAS.

Se consideraron las distancias de seguridad establecidas en el RETIE y en la norma NTC 2050 en la cual frente a los tableros se deben cumplir las siguientes condiciones:

Tabla 16. *Espacios de trabajo. Tabla 110-16.a). NTC 2050.*

Tensión nominal a tierra [V]	**Distancia mínima en (m) según la condición**		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0 – 150	0,9	0,9	0,9
151 – 600	0,9	1,1	1,2
9.001 – 25.000	1,50	1,80	2,70

Las “Condiciones” son las siguientes:

1) Partes energizadas expuestas en un lado y ninguna parte energizada o puesta a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes energizadas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se considerarán partes energizadas los cables o barras aislados que funcionen a menos de 300 V.

2) Partes energizadas expuestas a un lado y puestas a tierra en el otro. Las paredes

de hormigón, ladrillo o baldosa se deben considerar como puestas a tierra.

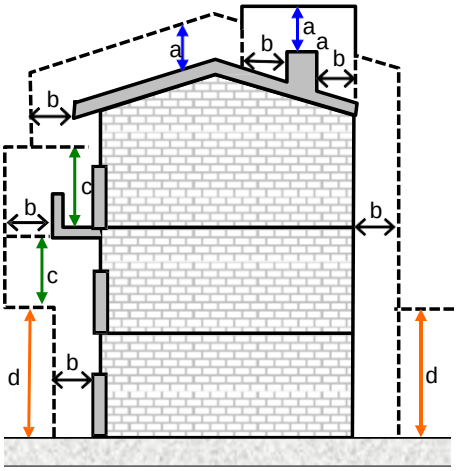
3) Partes energizadas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

Para la red de media tensión debe cumplirse las distancias de seguridad establecidas en la siguiente tabla.

Para las distancias de seguridad, se garantiza dar cumplimiento al numeral 13.2 el RETIE Distancia mínimas de seguridad en zonas con construcciones, como se observa en la siguiente tabla:

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

Igualmente, en instalaciones construidas bajo criterio de la norma IEC 60364, para tensiones mayores de 1 kV, se deben tener en cuenta y aplicar las distancias de la IEC 61936 -1. Únicamente se permite el paso de conductores por encima de construcciones (distancia vertical “a”) cuando el tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control, tanto de la instalación eléctrica como de las modificaciones de la edificación o estructura de la planta. Entendido esto como la administración, operación y mantenimiento, tanto de la edificación como de la instalación eléctrica. En ningún caso se permitirá el paso de conductores de redes o líneas del servicio público, por encima de edificaciones donde se tenga presencia de personas.



Fuente: Articulo 13, Documento RETIE.

V. JUSTIFICACIÓN DE DESVIACIONES TÉCNICAS CUANDO SEA ESTRICTAMENTE NECESARIAS, SIEMPRE Y CUANDO NO COMPROMETA LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS O DE LA INSTALACIÓN.

No has desviaciones a la norma.

W. LOS DEMÁS ESTUDIOS QUE EL TIPO DE INSTALACIÓN REQUIERA PARA SU CORRECTA Y SEGURA OPERACIÓN, TALES COMO CONDICIONES SÍSMICAS, ACÚSTICAS, MECÁNICAS O TÉRMICAS.

No aplica. Las instalaciones eléctricas no están sometidas a condiciones sísmicas, acústicas, térmicas y/o mecánicas que requieran estudios adicionales.

X. SELECCIÓN, CÁLCULO Y ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES.

No se encuentra incluido en el alcance del proyecto.

3 . REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ministerio de minas y energía, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE. 2024, 208p.

[2] Código eléctrico colombiano, ICONTEC. NTC 2050. 2020

ROBER ALEXANDER MEZA
INGENIERO ELECTRICISTA
SN205-177132
CEL: 3104325244