

**CRITERIOS DE DISEÑO
RED DE BAJA TENSION
OFICINAS**

**INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS**

SEDE

POPAYÁN

19 Febrero 2025 Versión 1.1.

CONTROL DE DATOS:

Título: Criterios de Diseño Eléctrico Baja Tensión	Asunto/Detalle: Diseño Red Eléctrica Baja Tensión INVÍAS Popayán
Nombre Archivo: 2. Criterios de Diseño Eléctrico Baja Tensión_V1 - SEDE INVÍAS POPAYÁN (19-FEB-2025).docx	Soporte lógico: Microsoft Word.
Fecha: 18/Febrero/2025	Cliente: MAG Ingeniería y Diseños
Versión: 1.0	

CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Páginas	Fecha Modificación	Motivo del cambio
1.0	21	19 febrero 2025	Prediseño.

Tabla de contenido

1	OBJETO.....	4
1.1	OBJETIVO	4
1.2	ALCANCE DEL PROYECTO	4
2	DATOS GENERALES DE LA SEDE.....	4
3	GENERALIDADES.....	6
4	NORMATIVIDAD	6
5	DISEÑO ELÉCTRICO	7
5.1	DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO.....	8
5.2	CONECTIVIDAD ELÉCTRICA	8
6	MEMORIAS DE CÁLCULO	9
6.1	ANÁLISIS DE CARGA	9
6.2	PROTECCIONES.....	12
6.3	CÁLCULO DE LA ACOMETIDA.....	13
6.4	PORCENTAJE (%) DE REGULACIÓN ELÉCTRICA.....	14
6.5	PORCENTAJE (%) DE REGULACIÓN	17
6.6	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE 42 CIRCUITOS (TD-01).....	18
6.7	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN REGULADO DE 12 CIRCUITOS (TDR-01).....	19
7	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	19
8	REFERENCIAS	21

1 OBJETO

1.1 Objetivo

El objetivo de este documento es exponer los criterios de diseño eléctrico para la red de baja tensión de las oficinas de la Sede Administrativa del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), ubicada en Popayán, Cauca, basándose en el levantamiento de información obtenido durante la visita de estudio de campo (Site Survey).

1.2 Alcance del Proyecto

Instalación sistema eléctrico de baja tensión para las Oficinas del segundo Piso de INVÍAS, incluido sistema de Iluminación en tubería EMT sobrepuesta, bandeja Malla en corredores y canaleta metálica sobrepuesta.

Instalación tablero de Distribución de 42 circuitos para sistemas de Iluminación y sistemas de Aires Acondicionados y Tablero de distribución eléctrico de 12 circuitos para el sistema de energía regulada.

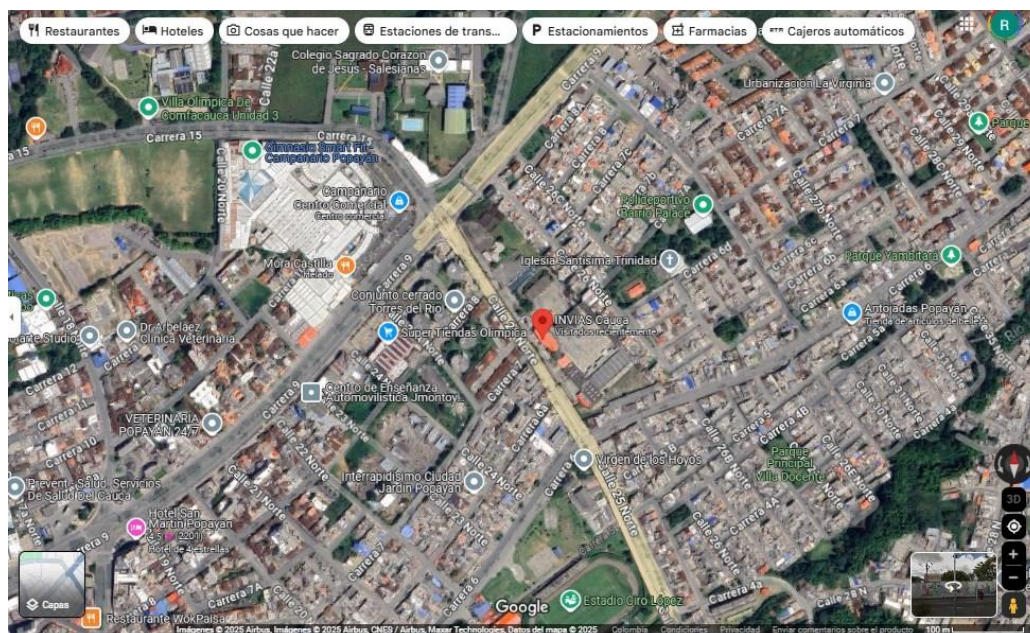
Instalación del sistema de Puesta a tierra.

Elaboración de Planos Eléctricos y análisis de cargas para los sistemas eléctricos.

De acuerdo con las necesidades de la Institución, se elabora y presenta una primera versión de Prediseño correspondiente a la solución ofertada, basada en el levantamiento de información realizada durante el Site Survey para la sede de Popayán, ubicada en la dirección Calle 25 Nte., 7-2.

2 DATOS GENERALES DE LA SEDE

NOMBRE DE LA SEDE	INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVÍAS)		
REGIONAL	CAUCA	CIUDAD	POPAYÁN
LUGAR	Calle 25 Nte., 7-2	FECHA	19/FEBRERO/2025



Mapa de ubicación de la Sede

3 GENERALIDADES

Durante la recopilación de información en las visitas a las instalaciones del Instituto, se obtuvo un diagnóstico del estado actual de la red eléctrica, incluyendo los componentes de los sistemas eléctricos que operan en la entidad. Se observó la calidad de los materiales y su grado de deterioro, considerando que el edificio tiene varios años de antigüedad y presenta fluctuaciones en el suministro de energía en el sistema eléctrico de baja tensión. Las canalizaciones existentes se encuentran en mal estado, por lo que se propone realizar la reestructuración de la red eléctrica de baja tensión en todas las oficinas mediante un sistema de instalación de tubería EMT sobrepuesta. Además, se utilizarán canalizaciones de bandeja malla y canaleta metálica para alojar los circuitos de los sistemas de iluminación, aires acondicionados y tomas eléctricos.

A continuación, se presentarán las características de diseño y elementos de la infraestructura propuesta, para poder implementar y operar.

4 NORMATIVIDAD

El diseño y la construcción de un circuito eléctrico deben ser realizados por personal especializado, acorde con las necesidades del proyecto. Este deberá considerar las normativas aplicables, garantizar la calidad y asegurar el uso adecuado de los elementos destinados a tal fin.

A continuación, se presentan algunas indicaciones basadas en la normativa vigente en Colombia, las cuales serán cumplidas de manera correspondiente.

- Tomar los valores del 100% de la carga instalada o potencia en watts que va a ser demandada por el proyecto para realizar los cálculos del diseño eléctrico. (sección 220-10-12-14-16 NTC 2050).
- Se debe calcular el porcentaje de caída de tensión que no supere el 3% en la salida más lejana en circuitos de potencia, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y también en la red interna desde el alimentador hasta la salida más lejana, que no sea mayor al 5%, con el objetivo de ofrecer una eficiencia razonable (455.6 NTC 2050).
- Para llevar a cabo el cálculo de regulación se toman los valores de la impedancia eficaz (Tabla 9 NTC 2050).
- El cálculo del calibre del conductor se realiza con la tabla 310.15(B)(16) de la Norma NTC 2050, de acuerdo a las condiciones de carga suministradas por el cliente; Siguiendo la metodología de la sección 230.23 de la Norma NTC 2050 y teniendo en cuenta las condiciones de regulación por distancia.
- Las Protecciones contra sobre corriente de los alimentadores y circuitos ramales se calculan de acuerdo a los requisitos establecidos en la sección 240 de la Norma NTC 2050 donde se relacionan las diferentes secciones de la norma.

- La selección del conductor del electrodo de puesta a tierra para el alimentador se calcula de acuerdo a los requerimientos establecidos en la sección 250 apartado J “ Conductores de puesta a tierra” de la tabla 250.94 y tabla 250.95 de la NTC 2050.
- Las canalizaciones metálicas para los conductores eléctricos no portadoras de corriente deben ser debidamente conectadas a tierra como lo establece la sección 645-15 NTC 2050 y sección 250 NTC 2050.
- En los edificios o lugares con alta concentración de personas, tales como los listados en la sección 518 de la NTC 2050, se deben utilizar conductores eléctricos con aislamiento o recubrimiento de muy bajo contenido de halógenos (RETIE 2.3.10.2.).
- En el transcurso de la instalación se tendrán en cuenta los requisitos para instalaciones de uso Final enmarcados en el capítulo 6 del RETIE.

5 DISEÑO ELÉCTRICO

Este diseño contempla el análisis necesario para el desarrollo e implementación del sistema eléctrico de baja tensión en las oficinas del segundo piso del Instituto Nacional de Vías, siguiendo las características de diseño establecidas según la normativa vigente en Colombia.

“Toda instalación eléctrica a la que le aplique el RETIE debe contar con un diseño realizado por un profesional o profesionales legalmente competentes para desarrollar esa actividad. El diseño podrá ser detallado o básico según el tipo de instalación”. (Artículo 3.3.1 RETIE).

Para este caso la instalación requerida para el proyecto se considera diseño detallado debido se tiene una carga de 23,57 kW.

En el artículo 3.3.1.1. RETIE se considera que el diseño general o detallado podrá ser realizado por ingeniero o tecnólogo de la especialidad profesional acorde con el tipo de instalación y que esté relacionada con el alcance de la matrícula profesional.

El diseño detallado debe contemplar la evaluación y realización de los ítems que le apliquen al tipo de instalación según listado que define el RETIE en el artículo 3.3.1.1, por lo tanto, se indican los ítems que aplican para el desarrollo del proyecto:

- Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.
- Diseño del sistema de puesta a tierra.
- Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes.
- Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas portacables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.)
- Cálculo de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.
- Cálculos de regulación de tensión.
- Elaboración de diagramas unifilares.

- Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.
- Establecer las distancias de seguridad requeridas.

5.1 Descripción del Diseño

Objeto.

Realizar el diseño y adecuación eléctrica de la red de baja tensión para el buen funcionamiento de los elementos y equipos que hacen parte de las oficinas de la Institución Nacional de Vías INVÍAS, sede Popayán.

En el proceso de implementación de la red eléctrica se instalará:

- Tablero de distribución eléctrica de 42 circuitos.
- Tablero de distribución eléctrica para energía Regulada.
- Protecciones de acuerdo al diseño.
- Sistema de canaleta metálica sobrepuesta.
- Sistema de Bandeja Malla por corredores.
- Tomacorrientes regulados y no regulados.
- Sistema eléctrico de Iluminación.
- Sistema eléctrico para Aires Acondicionados.
- Cableado eléctrico obtenido por el cálculo de carga.
- Sistema de protección de sobretensiones DPS.
- Tubería EMT sobrepuesta.
- Sistema de Puesta a Tierra.

5.2 Conectividad Eléctrica.

La conexión eléctrica que alimenta el edificio donde se encuentran las instalaciones de la entidad INVÍAS, se encuentra en un cuarto subterráneo el cual contiene un transformador que no es posible revisar ya que existe un gran riesgo eléctrico, el piso se encuentra inundado y los gabinetes están en mal estado. Este transformador alimenta varias dependencias (Oficinas Policía, Oficinas de Alumbrado Público y Oficinas de INVÍAS), estas instalaciones eléctricas carecen de mantenimiento, por lo tanto las instalaciones no cumplan las normas NTC2050 y RETIE, por lo tanto, se plantea solicitar ante el operador de red de energía eléctrica un servicio nuevo para conexión de un transformador de 30kva para poder independizar las oficinas de INVÍAS, con el objetivo de tener así, una acometida independiente y un sistema eléctrico con toda la normativa vigente. Se indica una imagen del estado actual del cuarto eléctrico y donde no se realiza inspección por el alto riesgo eléctrico ya que esta con presencia de agua el día de la visita.



Imagen Estado del cuarto eléctrico de la Sede INVÍAS – Popayán.

6 MEMORIAS DE CÁLCULO

NOMBRE:	SEDE INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS.
MUNICIPIO:	POPAYÁN - CAUCA.
PROPIETARIO:	MINISTERIO DE TRANSPORTE.
TIPO DE SERVICIO:	OFICIAL.
CARGA PROYECTADA:	23,57 KW.
LONGITUD ALIMENTADOR:	41 metros.

6.1 Análisis de Carga

Cuadro de cargas.

El cuadro de cargas correspondiente a la instalación eléctrica de las oficinas, se ha estimado a 23,57 KW con un factor de demanda del 100%.

CENSO DE CARGA

Censo de Carga Tablero de Distribución 01 (TD-01)						
N° Cto.	Ubicación	Tipo de Equipo	Cantidad	Potencia (W)	P.I. (W)	Tension (V)
1	Iluminacion: Direccion, Sala de Juntas	Panel LED 60x60	14	48	672	120
		Bala LED	2	18	36	120
2	Iluminacion: Recepcion, Oficinas Izq.	Panel LED 60x60	13	48	624	120
		Bala LED	2	18	36	120
3	Iluminacion: Pasillo, Baños	Panel LED 60x60	11	48	528	120
		Bala LED	7	18	126	120
4	Iluminacion: Oficinas Der.	Panel LED 60x60	8	48	384	120
					0	
5	Iluminacion: Oficinas Der.	Panel LED 60x60	8	48	384	120
					0	
6	Lamparas Emergencia y Avisos Salida	Lampara de Emergencia	5	2	10	120
		Aviso de Salida	2	2	4	120
7	Tomacorrientes: Direccción, Recepción	Tomacorrientes	9	150	1350	120
		Impersora	1	300	300	120
8	Tomacorrientes: Sala Juntas, Oficinas Izq	Tomacorrientes	10	150	1500	120
		Nevera	1	600	600	120
9	Tomacorrientes: Oficinas Frente a gradas	Tomacorrientes	9	150	1350	120
					0	
10	Tomacorrientes: Oficinas Der.	Tomacorrientes	9	150	1350	120
		Impresora	1	300	300	120
11	Tomacorrientes: Oficinas Der. Fondo	Tomacorrientes	9	150	1350	120
					0	
12	Tomacorrientes: Oficinas Der.	Tomacorrientes	9	150	1350	120
13	Aire Acondicionado 01	AA 01	1	1000	1000	240
14	Aire Acondicionado 02	AA 02	1	1000	1000	240
15	Aire Acondicionado 01	AA 01	1	1000	1000	240
16	Aire Acondicionado 02	AA 02	1	1000	1000	240
17	Aire Acondicionado 03	AA 03	1	1000	1000	240
18	Aire Acondicionado 04	AA 04	1	1000	1000	240
19	Aire Acondicionado 03	AA 03	1	1000	1000	240
20	Aire Acondicionado 04	AA 04	1	1000	1000	240
21	Aire Acondicionado 05	AA 05	1	1000	1000	240
22	Aire Acondicionado 06	AA 06	1	1000	1000	240
23	Aire Acondicionado 05	AA 05	1	1000	1000	240
24	Aire Acondicionado 06	AA 06	1	1000	1000	240

25	Aire Acondicionado 07	AA 07	1	1000	1000	240
26	Aire Acondicionado 08	AA 08	1	1000	1000	240
27	Aire Acondicionado 07	AA 07	1	1000	1000	240
28	Aire Acondicionado 08	AA 08	1	1000	1000	240
29	Aire Acondicionado 09	AA 09	1	1000	1000	240
30	Aire Acondicionado 10	AA 10	1	1000	1000	240
31	Aire Acondicionado 09	AA 09	1	1000	1000	240
32	Aire Acondicionado 10	AA 10	1	1000	1000	240
33	Aire Acondicionado 11	AA 11	1	1000	1000	240
34	(UPS)	UPS				
35	Aire Acondicionado 11	AA 11	1	1000	1000	240
36	(UPS)	UPS				
37	Reserva					
38	Reserva					
39	Reserva					
40	Reserva					
41	Reserva					
42	Reserva					

Tabla 1. Censo de carga

Corriente Total FASE R (Amp)	Corriente Total FASE S (Amp)	Corriente Total FASE T (Amp)
68.53	99.53	82.63

Tabla 2. Tabla Corriente por Fase en Tablero TD-01.

Se indica la carga conectada al tablero de la UPS que tiene una capacidad de 10 kva.

Censo de Carga Tablero de Distribución Regulado 01 (TDR-01)						
N° Cto.	Ubicación	Tipo de Equipo	Cantidad	Potencia (W)	P.I. (W)	Tension (V)
1	Tomacorrientes: Direccion, Recepción	Tomacorrientes	6	100	600	120
		Computadores	2	150	300	120
2	Tomacorrientes: Sala de Juntas, Oficinas	Tomacorrientes	6	100	600	120
		Computadores	4	150	600	120
3	Tomacorrientes: Oficinas Izq. y Frente a gradas	Tomacorrientes	8	100	800	120
		Computadores	8	150	1200	120
4	Tomacorrientes: Oficinas Der.	Tomacorrientes	8	100	800	120
		Computadores	7	150	1050	120
5	Tomacorrientes: Oficinas Der.	Tomacorrientes	9	100	900	120
		Computadores	9	150	1350	120
6	Tomacorrientes: Centro de cableado	Tomacorrientes	2	1000	2000	120

7	Reserva					
8	Reserva					
9	Reserva					
10	Reserva					
11	Reserva					
12	Reserva					

Tabla 2. Tabla Carga para UPS de 10 kva.

6.2 Protecciones

Con el valor de las corrientes de fase se determina la capacidad del totalizador, tomando como referencia el valor máximo y se adiciona el 25% como factor de aseguramiento.

$$I = 99,53 \text{ A}$$

$$I_{\text{Totalizador}} = 99,53 \text{ A} * 1,25$$

→ (1) Factor de aseguramiento.

$$I_{\text{Totalizador}} = 124,78 \text{ A}$$

De acuerdo a la corriente calculada, el valor comercial para el Totalizador es de 3x125 A.

- (1) *Factor de aseguramiento. Tomado del Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 sección 220-3 literal a.*
“a) Cargas continuas y no continuas. La capacidad nominal del circuito ramal no debe ser menor a la carga no continua más el 125 % de la carga continua. El calibre mínimo de los conductores del circuito ramal, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe tener una capacidad de corriente igual o mayor que la de la carga no continua más el 125 % de la carga continua.”

Las protecciones de los tableros se calculan de la misma forma.

6.3 Cálculo de la Acometida.

El calibre del conductor correspondiente del alimentador en baja tensión, se calcula a partir de la corriente nominal y la capacidad de conducción de corriente del mismo.

La corriente nominal calculada en el numeral anterior posee un valor de 99,53 amperios. Al igual que para el cálculo de la protección, dicho valor de corriente nominal debe ser afectado por un factor de seguridad igual a 1.25. En este orden, la corriente para la selección del conductor de la acometida por fase es igual a $99,53 \text{ A} \times 1.25 = 124,78 \text{ A}$ (aproximadamente 125 A), de igual forma al escoger el calibre se debe tener en cuenta también el porcentaje (%) de caída de tensión con respecto a la distancia, con el objetivo de permitir una mejor eficiencia.

Una vez calculada la corriente, se procede a la selección del calibre del conductor, haciendo uso de la tabla 310.15(B)(16) de la NTC 2050, en su columna de cables de cobre con una temperatura máxima de operación de 90 °C y seleccionando la corriente más próxima al valor de 125 A sería el valor 130 A. Para nuestro caso en particular, el calibre del conductor seleccionado es el calibre # 2 ^(*) AWG ^(*) THHN para los conductores de fase. Para el conductor de neutro se selecciona el calibre # 2 AWG ^(*) THWN.

() AWG: American Wire Gauge: escala de calibres americanos para alambres y cables, también conocida como B&S (Brown and Sharpe) Wire Gauge. El espesor de un cable/alambre se define según su calibre. En términos generales, cuanto menor sea el calibre, más grueso será el cable.*

() THHN Thermoplastic High Heat Nylon: Cable para construcción, con aislamiento de PVC y cubierta de Nylon, clasificado para 600 V y 90°C en seco.*

() THWN Thermoplastic High Heat and Moisture (Water) Resistant: Nylon Cable para construcción, con aislamiento de PVC y cubierta de Nylon, clasificado para 600 V y 75°C en seco y húmedo.*

Sección transv.	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	Calibre
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS,SA,SS,FEP*, FEPB*,MI,RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*,THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS,SA,SS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm²	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG o kcmils
0,82	--	--	14	--	--	--	18
1,31	--	--	18	--	--	--	16
2,08	20*	20*	25	--	--	--	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,20	110	130	150	85	100	115	1
53,50	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350

La protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no debe superar los 15 A para el conductor de sección transversal 2,08 mm² (14AWG); 20 A para 3,3 mm² (12AWG) y 30 A para 5,25 mm² (10 AWG), todos de cobre; o 15 A para 3,3 mm² AWG) y 25 A para 5,25 mm² (10AWG) de aluminio y aluminio recubierto de cobre, una vez aplicados todos los factores de corrección por temperatura ambiente y por número de conductores.

Tabla 3. Capacidad de Corriente Permisible en Conductores Aislados Ref: Tabla 310.15(B)(16) NTC 2050.

6.4 Porcentaje (%) De Regulación Eléctrica

Uno de los aspectos primordiales al dimensionar los conductores que forman parte de una instalación eléctrica, luego del cumplimiento de la capacidad de conducción de corriente, es el Porcentaje de Caída de Tensión, denominado también en el ámbito técnico, Porcentaje de Regulación eléctrica.

La caída de tensión se origina debido a la resistencia eléctrica al paso de la corriente o flujo de electrones a través de un conductor. Esta resistencia es proporcional a la longitud del circuito, el material, el calibre y la temperatura de operación del conductor, el calibre seleccionado debe verificarse por la caída de tensión en la línea.

La Norma NTC 2050 en la nota de la tabla 9, establece que “multiplicando la corriente por la impedancia eficaz se obtiene un valor bastante aproximado de la caída de tensión entre fase y neutro”, adicionalmente define la impedancia eficaz así:

$$Z_{ef} = R \cos \theta + X \sin \theta$$

θ es el ángulo del factor de potencia del circuito.

R es la resistencia a corriente alterna de conductor.

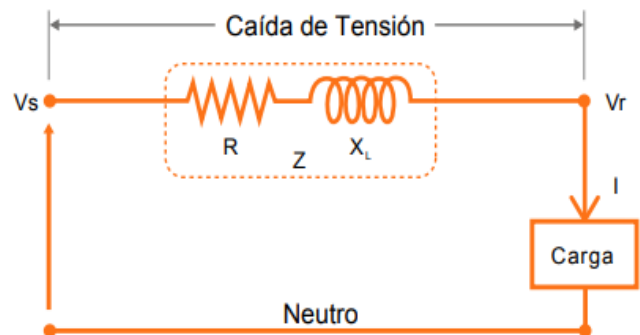
X es la reactancia del conductor.

Por otro lado, tenemos:

$$X = X_L - X_C$$

X_L es la reactancia inductiva.

X_C es la reactancia capacitiva.



La Caída de Tensión ($\Delta V = V_s - V_r$) se calcula mediante las siguientes fórmulas:

V_s = tensión de envío por la fuente.

V_r = tensión recibida en la carga.

ΔV = variación de tensión.

La Regulación de Tensión o Porcentaje de Caída de Tensión se define como:

$$\text{Porcentaje Regulación} = [(V_s - V_r) / V_r] \times 100 \%$$

$$\text{Porcentaje Regulación} = [\Delta V / V_r] \times 100 \%$$

El cálculo del Porcentaje de Regulación debe compararse con los valores establecidos por la norma NTC 2050, donde al respecto se indica lo siguiente:

En la sección 210.19, inciso a) Nota 4: “Los conductores para circuitos ramales, según se define en el Artículo 100, dimensionados para evitar una caída de tensión que exceda del 3 % en la salida más lejana de las cargas de energía, calefacción y alumbrado o cualquier combinación de dichas cargas, y en los que la caída máxima total de tensión tanto en alimentadores como en circuitos ramales hasta la salida más lejana no exceda del 5 %, ofrecerán una eficiencia de funcionamiento razonable. Ver nota informativa Nro. 2 de la sección 215.2(A)(1) NTC 2050 sobre caída de tensión en los conductores del alimentador.”

Los valores de la resistencia del conductor se indican en la siguiente Tabla.

Calibre AWG Kcmils	sección transv. mm ²	Conductores				Resistencia en c.c. a 75°C		
		Trenzados		Todos		Cobre		Aluminio
		Canti- dad	Diám. en mm	Diám. en mm	sección mm ²	Sin recubrir ohmios/km	Recubierto ohmios/km	ohmios/km
18	0,82	1	--	1,02	0,65	25,49	26,51	41,99
18		7	0,38	1,17	1,29	26,08	27,72	42,98
16	1,31	1	--	1,30	1,29	16,04	16,67	26,41
16		7	0,48	1,47	1,94	16,37	17,36	26,96
14	2,08	1	--	1,63	1,94	10,07	10,47	16,6
14		7	0,61	1,85	2,58	10,3	10,7	16,96
12	3,31	1	--	2,06	3,23	6,33	6,59	10,43
12		7	0,76	2,34	3,87	6,49	6,73	10,66
10	5,26	1	--	2,59	5,16	3,97	4,13	6,56
10		7	0,97	2,95	7,1	4,07	4,23	6,69
8	8,37	1	--	3,25	8,39	2,51	2,58	4,13
8		7	1,24	3,71	10,97	2,55	2,65	4,20
6	13,30	7	1,55	4,67	17,42	1,61	1,67	2,65
4	21,15	7	1,96	5,89	27,1	1,01	1,05	1,67
3	26,66	7	2,21	6,6	34,19	0,80	0,833	1,32
2	33,63	7	2,46	7,42	43,23	0,64	0,659	1,05
1	42,41	19	1,68	8,43	56,13	0,51	0,525	0,83
1/0	53,51	19	1,88	9,45	70,32	0,4	0,417	0,66
2/0	67,44	19	2,13	10,62	88,39	0,317	0,331	0,52
3/0	85,03	19	2,39	11,94	111,61	0,251	0,261	0,41
4/0	107,22	19	2,69	13,41	141,29	0,199	0,205	0,33
250	--	37	2,08	14,61	167,74	0,169	0,175	0,278
300	--	37	2,23	16,0	201,29	0,141	0,146	0,232
350	--	37	2,46	17,3	234,84	0,120	0,125	0,198

Tabla 4. Valores de Resistencia. Ref: Tabla 8 Propiedades de los Conductores NTC-2050.

Los Valores de la Reactancia Inductiva se extraen de la siguiente Tabla.

Calibre AWG o Kcmil	Reactancia (XL.) de todos los alambres	
	Conduit de PVC y Al	Conduit de acero
14	0,190	0,240
12	0,177	0,223
10	0,164	0,207
8	0,171	0,213
6	0,167	0,210
4	0,157	0,197
3	0,154	0,194
2	0,148	0,187
1	0,151	0,187
1/0	0,144	0,180
2/0	0,141	0,177
3/0	0,138	0,171
4/0	0,135	0,167

Tabla 5. Valores de Reactancia Inductiva. Ref: Tabla 9, Resistencia y Reactancia en C.A. NTC-2050.

6.5 Porcentaje (%) De Regulación

Una vez determinada la caída de tensión, la Regulación de Tensión o Porcentaje de Caída de Tensión se obtiene bajo la siguiente formula:

$$\% \text{ Regulación} = [\Delta V / V_r] \cdot 100$$

Para el este caso, se remplazan los valores del circuito en la siguiente tabla obteniendo la regulación para el conductor alimentador y demás circuitos internos del proyecto.

	R	0.623															
	XL	0.148			Zef = R Cosθ * XL Senθ												
	FP	0.85	COSθ		ΔV FASE-NEUTRO = Zef · L · I				Para Circuitos Monofásicos								
	SENθ	0.53			ΔV FASE-FASE = 1,732 · Zef · L · I				Para Circuitos Trifásicos								
Circuito	Calibre	Circuito	Zref Resistencia (tabla 4)	FP=COSE	XL (tabla 5)	SENθ	Longitud (Km)	Vatio (Watt)	Voltio (Vol)	Corriente (Amp)	ΔV (Volt)	Vr (Volt)	%Regulación	Protección			
Acom	2	Acometida L1	0.659	0.85	0.187	0.53	0.041	8223	120	68.5	1.85	118.15	1.57	125 A			
Acom	2	Acometida L2	0.659	0.85	0.187	0.53	0.041	12444	120	103.7	2.80	117.20	2.39	125 A			
Acom	2	Acometida L3	0.659	0.85	0.187	0.53	0.041	9032	120	75.3	2.03	117.97	1.72	125 A			
1	12	Luminarias: Lampara 14; Bala 2	6.59	0.85	0.213	0.53	0.011	708	120	5.9	0.37	119.63	0.31	15 A			
2	12	Luminarias: Lampara 13; Bala 2	6.59	0.85	0.223	0.53	0.015	660	120	5.5	0.47	119.53	0.39	15 A			
3	12	Luminarias: Lampara 11; Bala 7	6.59	0.85	0.223	0.53	0.019	654	120	5.5	0.59	119.41	0.50	15 A			
4	12	Luminarias: Lampara 8	6.59	0.85	0.223	0.53	0.021	384	120	3.2	0.38	119.62	0.32	15 A			
5	12	Luminarias: Lampara 8	6.59	0.85	0.223	0.53	0.025	384	120	3.2	0.46	119.54	0.38	15 A			
6	12	Lamparas emergencia: 5, Avisos Salida: 2	6.59	0.85	0.223	0.53	0.016	14	120	0.1	0.01	119.99	0.01	15 A			
7	12	Tomacorrientes: 9	6.59	0.85	0.223	0.53	0.009	1650	120	13.8	0.71	119.29	0.59	20 A			
8	12	Tomacorrientes: 10	6.59	0.85	0.223	0.53	0.014	2100	120	17.5	1.40	118.60	1.18	30 A			
9	12	Tomacorrientes: 9	6.59	0.85	0.223	0.53	0.018	1350	120	11.3	1.16	118.84	0.97	20 A			
10	12	Tomacorrientes: 9	6.59	0.85	0.223	0.53	0.027	1650	120	13.8	2.12	117.88	1.80	20 A			
11	12	Tomacorrientes: 9	6.59	0.85	0.223	0.53	0.039	1350	120	11.3	2.51	117.49	2.14	20 A			
12	12	Tomacorrientes: 8	6.59	0.85	0.223	0.53	0.045	1350	120	11.3	2.90	117.10	2.47	20 A			
13	10	Aire Acondicionado 01	4.13	0.85	0.207	0.53	0.004	1000	220	4.5	0.07	219.93	0.03	30 A			
14	10	Aire Acondicionado 02	4.13	0.85	0.207	0.53	0.019	1000	220	4.5	0.31	219.69	0.14	30 A			
15	10	Aire Acondicionado 01	4.13	0.85	0.207	0.53	0.004	1000	220	4.5	0.07	219.93	0.03	30 A			
16	10	Aire Acondicionado 02	4.13	0.85	0.207	0.53	0.019	1000	220	4.5	0.31	219.69	0.14	30 A			
17	10	Aire Acondicionado 03	4.13	0.85	0.207	0.53	0.034	1000	220	4.5	0.56	219.44	0.25	30 A			
18	10	Aire Acondicionado 04	4.13	0.85	0.207	0.53	0.018	1000	220	4.5	0.30	219.70	0.13	30 A			
19	10	Aire Acondicionado 03	4.13	0.85	0.207	0.53	0.034	1000	220	4.5	0.56	219.44	0.25	30 A			
20	10	Aire Acondicionado 04	4.13	0.85	0.207	0.53	0.018	1000	220	4.5	0.30	219.70	0.13	30 A			
21	10	Aire Acondicionado 05	4.13	0.85	0.207	0.53	0.043	1000	220	4.5	0.71	219.29	0.32	30 A			
22	10	Aire Acondicionado 06	4.13	0.85	0.207	0.53	0.003	1000	220	4.5	0.05	219.95	0.02	30 A			
23	10	Aire Acondicionado 05	4.13	0.85	0.207	0.53	0.043	1000	220	4.5	0.71	219.29	0.32	30 A			
24	10	Aire Acondicionado 06	4.13	0.85	0.207	0.53	0.003	1000	220	4.5	0.05	219.95	0.02	30 A			
25	10	Aire Acondicionado 07	4.13	0.85	0.207	0.53	0.036	1000	220	4.5	0.59	219.41	0.27	30 A			
26	10	Aire Acondicionado 08	4.13	0.85	0.207	0.53	0.032	1000	220	4.5	0.53	219.47	0.24	30 A			
27	10	Aire Acondicionado 07	4.13	0.85	0.207	0.53	0.036	1000	220	4.5	0.59	219.41	0.27	30 A			
28	10	Aire Acondicionado 08	4.13	0.85	0.207	0.53	0.032	1000	220	4.5	0.53	219.47	0.24	30 A			
29	10	Aire Acondicionado 09	4.13	0.85	0.207	0.53	0.015	1000	220	4.5	0.25	219.75	0.11	30 A			
30	10	Aire Acondicionado 10	4.13	0.85	0.207	0.53	0.025	1000	220	4.5	0.41	219.59	0.19	30 A			
31	10	Aire Acondicionado 09	4.13	0.85	0.207	0.53	0.015	1000	220	4.5	0.25	219.75	0.11	30 A			
32	10	Aire Acondicionado 10	4.13	0.85	0.207	0.53	0.025	1000	220	4.5	0.41	219.59	0.19	30 A			
33	10	Aire Acondicionado 11	4.13	0.85	0.207	0.53	0.017	1000	220	4.5	0.28	219.72	0.13	30 A			
34	6	UPS	1.67	0.85	0.21	0.53	0.005	5864	120	48.9	0.37	119.63	0.31	60 A			
35	10	Aire Acondicionado 11	4.13	0.85	0.207	0.53	0.017	1000	220	4.5	0.28	219.72	0.13	30 A			
36	6	UPS	1.67	0.85	0.21	0.53	0.005	3360	120	28.0	0.21	119.79	0.18	60 A			

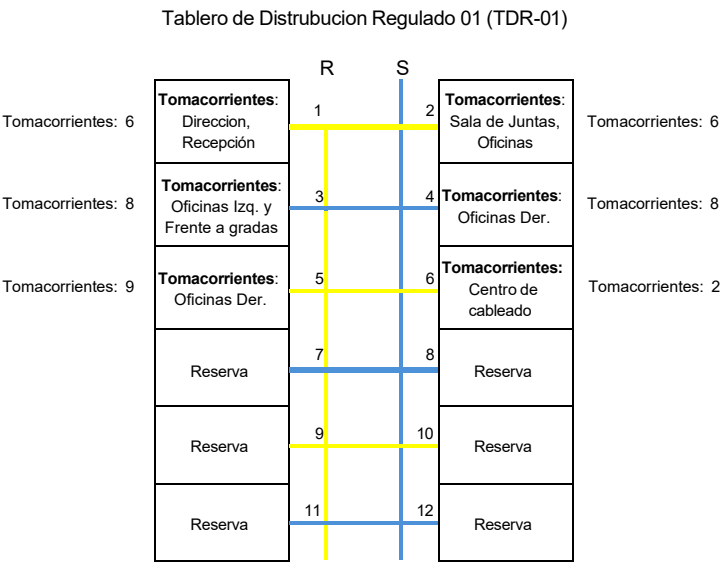
Tabla 6. Cálculo de % de regulación por circuito.

6.6 Tablero de Distribución de 42 Circuitos (TD-01).

Tablero de Distribucion 01 (TD-01)

		R	S	T	
Luminarias: Lampara 14; Bala 2	Iluminacion: Direccion, Sala de Juntas	1		2	Luminarias: Lampara 13; Bala 2
Luminarias: Lampara 11; Bala 7	Iluminacion: Pasillo, Baños	3		4	Luminarias: Lampara 8
Luminarias: Lampara 8	Iluminacion: Oficinas Der.	5		6	Lamparas: 5, Avisos: 2, Tomacorrientes: 7
Tomacorrientes: 9	Tomacorrientes: Dirección, Recepción	7		8	Tomacorrientes: 10
Tomacorrientes: 9	Tomacorrientes: Oficinas Frente a gradas	9		10	Tomacorrientes: 9
Tomacorrientes: 9	Tomacorrientes: Oficinas Der. Fondo	11		12	Tomacorrientes: 8
Aire Acondicionado: 1	Aire Acondicionado 01	13		14	Aire Acondicionado: 1
		15		16	
Aire Acondicionado: 1	Aire Acondicionado 03	17		18	Aire Acondicionado: 1
		19		20	
Aire Acondicionado: 1	Aire Acondicionado 05	21		22	Aire Acondicionado: 1
		23		24	
Aire Acondicionado: 1	Aire Acondicionado 07	25		26	Aire Acondicionado: 1
		27		28	
Aire Acondicionado: 1	Aire Acondicionado 09	29		30	Aire Acondicionado: 1
		31		32	
Aire Acondicionado: 1	Aire Acondicionado 11	33		34	
		35		36	(UPS)
Reserva		37		38	Reserva
Reserva		39		40	Reserva
Reserva		41		42	Reserva

6.7 Tablero de Distribución Regulado de 12 Circuitos (TDR-01).



7 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

De acuerdo al artículo 15 del RETIE donde se hace mención lo siguiente. “Toda instalación eléctrica que le aplique el RETIE, excepto donde se indique expresamente lo contrario, tiene que disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), para evitar que personas en contacto con la misma, tanto en el interior como en el exterior, queden sometidas a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla” Como objetivo del SPT es la seguridad de las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética. La determinación del calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra que equipotencializa el SPT para el proyecto, se calcula de acuerdo a la NTC 2050 Tabla 250-94.

Sección Transversal del mayor conductor de acometida o su equivalente para conductores en paralelo				Sección transversal (calibre) del conductor al electrodo de puesta a tierra			
Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre		Cobre		Aluminio o aluminio revestido de cobre *	
mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o Kcmils	mm ²	AWG o Kcmils	mm ²	AWG o Kcmils
33,62 o menor	2 o menor	53,5 o menor	1/0 o menor	8,36	8	13,29	6
42,2 o 53,5	1 o 1/0	67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	13,29	6	21,14	4
67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	107,21 o 126,67	4/0 o 250 kcmil	21,14	4	33,62	2
107,21 hasta 177,34	4/0 hasta 350 kcmil	152,01 a 253,35	300 a 500 kcmil	33,62	2	53,50	1/0

Tabla 7. Conductor del Electrodo de puesta a tierra en sistemas de C.A. Ref: Tabla 250-94 NTC-2050.

De acuerdo a la corriente nominal calculada; Se tiene que el conductor del electrodo de puesta a tierra a instalar es 8 o 6 Cu AWG.

Para determinar el calibre del conductor de puesta a tierra para la protección de los equipos se define de acuerdo a la Tabla 250-95 NTC2050.

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, tubos conduit, etc. (A)	Sección Transversal			
	Alambre de cobre		Alambre de aluminio o de aluminio revestido de cobre *	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2,08	14	3,30	12
20	3,30	12	5,25	10
30	5,25	10	8,36	8
40	5,25	10	8,36	8
60	5,25	10	8,36	8
100	8,36	8	13,29	6
200	13,29	6	21,14	4
300	21,14	4	33,62	2
400	26,66	3	42,20	1
500	33,62	2	53,50	1/0
600	42,20	1	67,44	2/0
800	53,50	1/0	85,02	3/0

Tabla 8. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra, en canalizaciones y equipos. Ref Tabla 250-95 NTC-2050.

Por lo tanto, el conductor seleccionado para la puesta a tierra del el tablero TD-01 es 6 Cu AWG y para los circuitos el conductor de tierra es de 12 Cu AWG, de acuerdo a la capacidad de corriente del circuito.

Se realiza la toma del valor de resistencia del SPT, el cual debe cumplir con los valores mínimos de resistencia de acuerdo a lo indicado en el RETIE, “Capítulo 15: Sistemas de Puesta a Tierra” apartado

15.4. Donde estipula que, para equipos electrónicos o sensibles, el valor máximo de resistencia de puesta tierra es 10 ohm tal como lo indica la siguiente Tabla.

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

Tabla 9. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra. Ref: Tabla 15.4 RETIE.

8 REFERENCIAS

- Instituto Colombiano De Normas Técnicas Y Certificación - ICONTEC (2020). Código Eléctrico Colombiano NTC 2050. Segunda actualización. <https://tienda.icontec.org/gpd-pb-9-codigo-electrico-colombiano-ntc-2050-segunda-actualizacion.html> y https://asieb.com/wp-content/uploads/2024/10/NTC_2050_codigo_electrico_nacional.pdf [Consulta: 20 de enero de 2025]
- Ministerio de Minas y Energía (2024). REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE). RESOLUCIÓN NÚMERO 40117 DE 02 ABR 2024. https://www.minenergia.gov.co/documents/11563/Resoluci%C3%B3n_40117_de_2024.pdf [Consulta: 20 de enero de 2025]