



# **DISEÑO ELECTRICO EDIFICIO MONTERREGIO 97 CUMPLIENDO RETIE.**

**EDILBERTO JOSE RODGERS GAVIRIA.**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRÓNICA  
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRICA  
CARTAGENA D.T. Y C.  
2012.**

# **DISEÑO ELECTRICO EDIFICIO MONTERREGIO 97 CUMPLIENDO RETIE.**

**EDILBERTO JOSE RODGERS GAVIRIA.**

**Monografía para optar al título de Ingeniero Electricista.**

**Director:  
SALOMON ZARSUR  
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR.  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA.  
AREA DE INSTALACIONES ELECTRICAS.  
CARTAGENA D.T Y C.  
2012.**

### **Artículo 107**

La Universidad Tecnológica de Bolívar se reserva el derecho de propiedad de los trabajos de grado aprobados y no pueden ser explotados comercialmente sin autorización.

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

Jurado

---

Jurado

---

Cartagena D.T. y C, Septiembre de 2012.

Cartagena D.T. y C, Septiembre de 2012.

Señores:

**COMITÉ CURRICULAR.**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR.**

La ciudad.

Respetados señores:

Con toda atención me dirijo a ustedes con el fin de presentarles a su consideración, estudio y aprobación la monografía titulada **DISEÑO ELECTRICO EDIFICIO MONTERREGIO 97 CUMPLIENDO RETIE**, como requisito para obtener el título de ingeniero electricista.

Atentamente,

**EDILBERTO RODGERS GAVIRIA.**  
**C.C. 73196112 de Cartagena de Indias.**

Cartagena D.T. y C, Septiembre de 2012.

Señores:

**COMITÉ CURRICULAR.**  
**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR.**  
La ciudad.

Cordial saludo:

A través de la presente me permito ratificar la asesoría prestada para la monografía titulada **DISEÑO ELECTRICO EDIFICIO MONTERREGIO 97 CUMPLIENDO RETIE**, la cual fue realizada por el estudiante **EDILBERTO RODGERS GAVIRIA**, como requisito para la aprobación del “Minor de Instalaciones eléctricas con énfasis en RETIE”, y optar el título de Ingeniero Electricista.

Atentamente,

---

**Ing. Salomon Zarur.**  
**Ingeniero Electricista.**  
**Director.**

## AUTORIZACIÓN

Por medio de la presente, autorizamos la utilización en las bibliotecas de la Universidad Tecnológica de Bolívar, y la publicación en el catalogo on-line de la monografía con fines exclusivamente académicos el **DISEÑO ELECTRICO EDIFICIO MONTERREGIO 97 CUMPLIENDO RETIE**, realizada por el estudiante en pregrado **EDILBERTO RODGERS GAVIRIA** como requisito para obtener el título de Ingeniero Electricista.

Atentamente,

**EDILBERTO RODGERS GAVIRIA.**  
**C.C. 73196112 de Cartagena de Indias.**

## DEDICATORIA

*Esta monografía se la dedico a Dios todo poderoso para la honra y gloria de él. Por su misericordia y gracia que derramo en mí, entregándome un espíritu emprendedor, lleno de vida, amor y dominio propio; Para seguir adelante sin mirar atrás. Cuando creía que todo estaba perdido por tantos obstáculos en mi vida, Se acordó de mí llegando en el momento justo para organizar mi vida al modelo de Cristo; restaurando mi hogar, mis estudios, mi empleo, lo presente y lo por venir. Por ello estaré siempre agradecido con el adorándole y honrándole en espíritu y en verdad. Te amo Dios.*

*A mis padres porque siempre estuvieron allí apoyándome, brindándome cariño y afecto; impulsándome a ser un profesional, esforzándose de gran manera para que yo sea una mejor persona.*

*A mi abuela Ana Raquel porque me brindo su ayuda incondicional, para poder alcanzar este sueño tan esperado llenándome de cariño en todos los momentos de mi vida.*

*A mis maestros por haberme transmitido el conocimiento de manera ética y profesional y por todo el apoyo brindado durante la carrera.*

*Y por último a mi esposa Olga y a mi hijo Mateo los cuales son el motor de mi vida, que le dan sentido a mi existir brindándome amor y apoyo incondicional, dándome la oportunidad de tener una hermosa familia.*

*Edilberto José Rodgers Gaviria.*



## ÍNDICE.

Presentación.....	1
Dedicatoria.....	8
Índice.....	9
Resumen.....	15

### **CAPITULO 1:**

Introducción.....	16
1.1. Objetivos.	
1.2. Alcance del proyecto.	
1.3. Características del edificio.	
1.4. Situación y emplazamiento.	
1.5. Normativas aplicables.	
1.6. Operador de red.	

### **CAPITULO 2:**

Desarrollo del proyecto.....	23
2.1. Servicios a instalar.	
2.2. Métodos de diseño áreas comunes y apartamentos.	
2.3. Características eléctricas de apartamentos.	
2.4. Demanda residencial.	
2.5. Determinación del factor de demanda residencial.	

### **CAPITULO 3:**

Acometidas y circuitos alimentadores.....	28
3.1. Calculo de las acometidas.	
3.2. Calculo del conductor de cargas especiales.	
3.3. Cargas de alumbrado dependiendo la zona a energizar.	

### **CAPITULO 4:**

Subestación Eléctrica.....	32
4.1. Centro de transformación.	
4.2. Calculo del transformador.	
4.3. Protección contra sobrecargas y cortocircuito.	
4.3.1. Calculo de niveles de cortocircuito.	
4.4. Dimensionamiento de las celdas y barrajes.	

## **CAPITULO 5:**

Sección y regulación de cables.....	37
5.1. Acometida primaria.	
5.2. Tensión de red.	

## **CAPITULO 6:**

Sistema de puesta a tierra.....	41
6.1. Corriente máxima a disipar por la malla (I <sub>g</sub> ).	
6.2. Factor de decremento (D <sub>f</sub> ):	
6.3. Factor de crecimiento.	
6.4. Factor de división de corriente.	
6.5. Duración de la falla (t <sub>f</sub> ) y duración del choque (t <sub>s</sub> ).	
6.6. Geometría de la malla.	
6.7. Resistividad de la capa superficial.	
6.8. Resistividad del terreno ( $\rho$ ).	
6.9. Selección del tamaño del conductor.	
6.10. Tensiones de paso y de toque tolerables.	
6.11. Requerimientos usuales.	
6.12. Tratamiento para obtener resistencia del suelo más baja.	
6.13. Calculo de la malla de puesta a tierra.	
6.13.1. Ecuaciones de schwarz.	
6.13.2. Calculo de la tensión máxima de la malla.	
6.13.3. Calculo de la tensión real de paso.	

## **CAPITULO 7:**

Apantallamiento.....	63
7.1. Nivel de riesgos por rayos.	
7.2. Definiciones ntc 4552.	
7.3. Metodología.	
7.4. Determinación del nivel de riesgos.	
7.5. Nivel cerámico.	
7.6. Densidad de descargas atmosféricas (DDT).	
7.7. Índice de riesgo por rayo.	
7.7.1. Índice de gravedad.	
7.8. Sistema integral de protección contra rayos SIPRA.	
7.9. Clases de SIPRA.	
7.10. Sistema integral de protección.	
7.11. Sistema de protección externo.	

- 7.12. Tipos de protección externa.
- 7.13. Componentes.
- 7.14. Método de la esfera rodante.
- 7.15. Método del ángulo de protección.
- 7.16. Método del enmallado.
- 7.17. Terminales de captación.
- 7.18. Sistemas de conductores bajantes.
- 7.19. Ubicación para sistemas no aislados.
- 7.20. Ubicación para sistemas aislados.
- 7.21. Construcción.
- 7.22. Requerimientos de los bajantes.
- 7.23. Sistema de protección interna - SPI.
- 7.24. Dispositivos de protección de sobrevoltaje –DPS.
- 7.25. Puesta a tierra del sistema de protección de rayos.
- 7.26. Arreglos de sistemas de puesta a tierra.
- 7.27. Instalación de electrodos.
- 7.28. Materiales, dimensiones y conexiones.
- 7.29. Puestas a tierra interconectadas.
- 7.30. Memorias para el análisis de riesgo contra rayos.

## **CAPITULO 8:**

- Especificaciones eléctricas del Edificio MONTERREGIO 97.-----97
- 9.1. Exigencias eléctricas importantes.
- 9.2. Mantenimiento del apartamento realizado por personal calificado suministrado por el usuario.
- 9.3. Pruebas de mantenimiento preventivo realizadas por el usuario.
- 9.4. Garantías.
- 9.5. Elección de luminarias.
- 9.6. Elección de tomas y switch de energía.

## **CAPITULO 9:**

- Memorias de cálculo edificio MONTERREGIO 97.-----117
- 9.1. Apto tipo 1 (A-F).
- 9.2. Apto tipo 2 (B-E).
- 9.3. Apto tipo 3 (C-D).
- 9.4. Áreas comunes.
- 9.5. Tablero general de medidores.
- 9.6. Tablero general áreas comunes.
- 9.7. Tablero general de baja tensión.

- 9.8. Niveles de cortocircuito.
- 9.9. Transformador.
- 9.10. Regulación de circuitos.
- 9.11. Resistividad del terreno.
- 9.12. Malla de puesta a tierra
- 9.13. Análisis de riesgo básico contra rayos.
- 9.14. SIPRA.

## **CAPITULO 10:**

Conclusiones.  
Bibliografía.

## **CAPITULO 11:**

Presupuesto.  
Análisis de precios unitarios.

## **ANEXOS:**

Factibilidad ELECTRICARIBE SA ESP.  
Pruebas transformador.  
Especificaciones y oferta comercial Subestación Eléctrica.  
Planos arquitectónicos  
Planos eléctricos

- Semisótano
- Primer piso
- Planta de aptos
- Subestación eléctrica
- Diagrama unifilar.
- Equipos de la subestación eléctrica.
- SIPRA

Materiales DEHN

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Datos de localización del proyecto.
- Tabla 2. Áreas internas del edificio MONTERREGIO 97.
- Tabla 3. Factores de demanda de alimentadores.
- Tabla 4. Capacidad de corriente permisible en conductores.
- Tabla 5. Carga de alumbrado general por tipo de ocupación.
- Tabla T1. Impedancias equivalentes aproximadas de cables de guarda de líneas de transmisión y neutros de distribución (alimentadores).
- Tabla T2. Resistividad para diferentes tipos de suelo.
- Tabla T3. Constantes de los materiales conductores.
- Tabla T4. Dimensiones típicas de los conductores de puesta a tierra.
- Tabla T5. Valores de puesta a tierra exigidos por el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE.
- Tabla R1. Indicador de parámetros por rayos.
- Tabla R2. Valores relacionados con el uso de la estructura.
- Tabla R3. Valores relacionados con el tipo de estructura.
- Tabla R4. Valores relacionados con la altura y área de la estructura.
- Tabla R5. Indicador de gravedad.
- Tabla R6. Matriz de niveles de riesgo.
- Tabla R7. Clasificación del nivel de riesgo.
- Tabla R8. Relación entre las clases de sipra y los niveles de protección contra rayos.
- Tabla R9. Valores máximos del radio de la esfera rodante según el nivel de protección.
- Tabla R10. Características para los terminales de captación.
- Tabla R11. Distancia de separación promedio para las bajantes de acuerdo con el nivel de protección.
- Tabla R12. Requerimientos de los bajantes.
- Tabla R13. Tensión al impulso que deben soportar los equipos.
- Tabla R14. Corriente nominal de descarga por fase de los dps.
- Tabla R15. Características de los materiales.

## LISTA DE FIGURAS.

- Figura 1. Ubicación geográfica del proyecto.  
Figura 2. Vista simulada del proyecto  
Figura T1. Método de Wenner o de las cuatro puntas.  
Figura T2. Esquema de los parámetros constructivos de la malla de puesta a tierra.  
Figura R1. Impulso de corriente del rayo.  
Figura R2. Diagrama de flujo método evaluación de nivel de riesgo.  
Figura R3. Proceso de impacto de un rayo.  
Figura R4. Mapa de nivel cerámico en Colombia.  
Figura R5. Método de la esfera rodante.  
Figura R6. Ángulo de protección dependiendo de la altura relativa y el nivel de protección.  
Figura R7. Curvatura de conductores.  
Figura R8. Longitud mínima  $l_1$  de cada electrodo de acuerdo a la clase del nivel de protección.  
Figura R9. Diagrama de flujo para el procedimiento de montaje del SIPRA.  
Figura R10. Conexiones equipotenciales de un sistema a tierra.

## RESUMEN.

El propósito de este proyecto, es definir, con la máxima claridad posible la realización del proyecto de electrificación de un edificio de apartamentos de 10 plantas, con dos plantas de parqueaderos, salón social, piscina y sala de espera.

Para que el proyecto sea válido para su puesta en marcha se tendrá que cumplir con lo especificado en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE, donde explica punto a punto todas las partes que debe cumplir una instalación, teniendo que implementar adecuadamente según el caso, por eso en este proyecto explicaremos punto por punto como se decidió realizar la instalación.

También se tendrá que consultar la norma técnica Colombiana NTC 2050 para normalizar el proyecto a los requerimientos del estado Colombiano.

La memoria está apoyada por planos en los que está definido claramente cada punto de la instalación, así como esquemas unifilares que ayudan a la comprensión del método de conexión de un punto a otro.

Para el desarrollo de los cálculos se utilizara como herramienta EXCEL 2007, una herramienta de Microsoft Office, que recrea de forma adecuada para suplir las necesidades y requerimientos de los cálculos eléctricos, en concordancia con los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana NTC-2050 y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.

# **CAPITULO 1:**

# **INTRODUCCION.**



## 1.1. OBJETIVOS.

- Realizar el diseño eléctrico de un edificio de apartamentos, acorde al reglamento vigente.
- El presente proyecto tiene como presente objetivo definir las características, detalles y condiciones técnicas de la instalación eléctrica de un edificio de 48 apartamentos, dos plantas de parqueaderos, salón social, piscina y salón de espera, así como el correspondiente centro de transformación de media tensión, a construir respecto a los requerimientos de potencia que sean necesarios.
- Realizar los cálculos eléctricos, presupuesto, Apu's y desglose de materiales a través de la herramienta EXCEL 2007 de Microsoft.

## 1.2. ALCANCE DEL PROYECTO.

El alcance del siguiente proyecto es realizar:

a) Diseños eléctricos de:

- Circuitos eléctricos y tableros de distribución de apartamentos.
- Esquemas eléctricos de apartamentos.
- Acometidas parciales eléctricas de apartamentos.
- Circuitos eléctricos y tablero de distribución de las áreas comunes.
- Esquemas eléctricos de las áreas comunes.
- Acometida parcial de áreas comunes.
- Subestación eléctrica.
- Diagrama unifilar de la subestación eléctrica.
- Esquemas eléctricos de la subestación eléctrica.
- Sistema de puesta a tierra.
- Esquema eléctrico malla de puesta a tierra.
- Sistema integral de protección contra rayos.

Estos diseños se realizarán utilizando como base las normativas y reglamentos vigentes del sector.

b) Presupuesto y APU's.

### 1.3. CACTERISTICAS DEL EDIFICIO.

El edificio constara de:

- Una planta bajo el nivel del suelo donde estará situado el parqueadero privado del edificio, desde donde se tendrá acceso a las demás plantas mediante los ascensores o escalera. Cuya entrada dará a la carrera 64B mediante una rampa para automóviles.
- El área de parqueaderos de la planta baja será de 975 M2.
- La recepción, sala de espera, salón social, piscina y parqueadero de visitantes se encuentran en el primer piso con áreas de: 56, 109, 622 M2 respectivamente.
- El primer piso también dará con la Carrera 64B a través de una rampa, este piso también consta de comunicación con las demás plantas mediante ascensor y escaleras.
- De la segunda planta en adelante se encuentran los apartamentos. Por piso se tendrá una disposición de 6 apartamentos, con tres tipos de apartamentos; Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3 con áreas que abarcan: 112 m2, 115m2 y 88 m2 respectivamente.
- El edificio también dispondrá de dos ascensores de alta velocidad y tecnología.

#### 1.4. SITUACION Y EMPLAZAMIENTO.

Figura 1. Ubicación geográfica del proyecto.



Fuente: Google Maps.

El edificio objeto de este proyecto estará situado en la ciudad de Barranquilla en la Cra 64B #96 – 119.

## LOCALIZACIÓN.

**Tabla 1. Datos de localización del proyecto.**

LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	
NOMBRE	EDIFICIO MONTERREGIO 97
DIRECCIÓN	CARRERA 64B # 96-119
BARRIO	VILLA CAROLINA
MUNICIPIO	BARRANQUILLA
DEPARTAMENTO	ATLÁNTICO
NIVEL DE ELECTRIFICACION (RURAL/URBANO)	URBANO 13200 V TRIFÁSICO

**Figura 2. Edificio Monterregio 97.**



### **1.5. NORMATIVA APLICABLE.**

- Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE, resolución 181294 de Agosto 6 de 2008.
- NTC 2050, primera actualización Noviembre 25 de 1998.

- Contrato de condiciones uniformes de ELECTRICARIBE SA ESP.
- N.STC.08 Normativa de Acometidas y medidas de ELECTRICARIBE SA ESP, Enero 9 de 2009.
- NTC 4552, Diciembre 1 de 2004.
- IEEE std80-2000 de 1986.
- IEC 62325.

## **1.6. OPERADOR DE RED.**

El suministro de energía eléctrica se realizara por parte de la empresa ELECTRICARIBE SA ESP, con una tensión de suministro de 13200 VAC línea a línea en sistema estrella sin neutro. La frecuencia del suministro es la nominal del sistema americano 60 Hz.

## **CAPITULO 2:**

# **DESARROLLO DEL PROYECTO.**

## 2.1. SERVICIOS A INSTALAR.

- Apartamentos:

Dadas las características de los apartamentos y de los artefactos eléctricos que contendrán en su interior se procederá a realizar los cálculos eléctricos de potencia de acuerdo a la norma.

- Áreas Comunes.

Ascensores: El edificio dispondrá de dos ascensores de alta velocidad cada uno con capacidad de siete personas y un consumo de 7650 W cada uno.

Equipo de bombeo: El edificio para satisfacer la necesidad de agua potable y equipo contraincendios el edificio cuenta con dos bombas hidráulicas alimentadoras con motores de 5HP trifásicos alta eficiencia trabajo continuo marca SIEMENS a tensión de trabajo 208-220 Vac. Y para el equipo de emergencia contraincendios se utilizara un conjunto equipo de bombeo de 15 HP trifásicos de trabajo continuo SIEMENS con tensión de trabajo 208-220 Vac. Anexo se colocaran datos técnicos específicos de los equipos de bombeo.

Parqueaderos: Para abastecer el número de personas que residen en el edificio este cuenta con dos zonas de parqueos; semisótano y primer piso que en su totalidad suman un total de 65 automóviles parqueados.

Lobby, Salón social, Piscina: para la atención y diversión de las personas que habitaran el edificio cuenta con estas zonas.



## CUADRO RESUMEN.

**Tabla 2. Áreas internas del edificio Monterregio 97.**

SERVICIOS A INSTALAR				
DESCRIPCION		CANTIDAD	AREA	UNIDAD
APTO TIPO 1		16	111.83	M2
APTO TIPO 2		16	115.62	M2
APTO TIPO 3		16	81.36	M2
AREAS COMUNES:		1	2134,25	M2
	PARQUEADERO SEMISOTANO	1	974,4	M2
	PARQUEO PRIMER PISO	1	622,05	M2
	OFICINA ADMINISTRACION	1	11,8	M2
	LOBBY	1	56	M2
	SALON SOCIAL Y PISCINA	1	109	M2
	CORREDORES Y PASILLOS	1	361	M2
SERVICIOS A INSTALAR:		49		
NUMERO DE TABLEROS GENERALES DE SERVICIO:		5		

### 2.2. METODOS DE DISEÑO AREAS COMUNES Y APARTAMENTOS.

Para la realización de los diseños eléctricos utilizaremos como base el método establecido en la norma NTC-2050 Art. 220, a través de los factores de demanda residenciales y equipos a utilizar en estas instalaciones.

### 2.3. CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE APARTAMENTOS.

Dadas las características de los aptos mostradas en el plano arquitectónico y de las cargas especiales que serán instaladas en su interior, se procederá a realizar los cálculos eléctricos de acuerdo a lo establecido en la NTC-2020, calculo de demanda para viviendas y apartamentos.

El tablero de distribución se situara en el área de la cocina, en un punto de fácil acceso para cada apartamento y a una altura que comprende entre los 1,5 m y 2 metros.

Cada apartamento dispondrá de los siguientes circuitos:

- Circuito de iluminación general.
- Tomas de uso general.
- Tomas de alimentación de cocina y refrigerador.
- Circuito de labores y planchado.
- Circuito de tomas especiales (GFCI).
- Circuito de acondicionadores de aire.

Cada circuito estará protegido con su respectivo breakers termomagnético, de acuerdo con la norma NTC-2050.

Los conductores tendrá su sección de acuerdo a la capacidad de potencia designada; 1500 wat y/o 1800 wat. El diámetro de las canalizaciones dependerá con lo establecido con la norma NTC-2050 Art. 210-23.

#### **2.4. DEMANDA RESIDENCIAL.**

Para determinar la carga demandada por una instalación residencial se deben definir los circuitos respectivos, la demanda propia de cada circuito y la localización de acuerdo al plano arquitectónico.

La cantidad de circuitos y las características de estos quedaran definidas por las necesidades y requerimientos de cada emplazamiento.

#### **2.5. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE DEMANDA RESIDENCIAL.**

El factor de demanda se aplica a las acometidas de los circuitos alimentadores y en general a todo conductor que alimenta varias cargas, para determinar con exactitud el calibre del conductor a utilizar.

Primero se determina la carga total instalada, sumando las respectivas potencias de cada artefacto eléctrico.

Luego se determinan la carga máxima demandada (CMD), la cual, para una vivienda es la suma de los siguientes porcentajes de la carga conectada, teniendo en cuenta la tabla 220-11 de la NTC-2050

**Tabla 3. Factores de demanda de alimentadores.**

Tipo de ocupación	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda %
Unidades de vivienda	Primeros 3.000 o menos	100
	De 3.001 a 120.000	35
	A partir de 120.000	25
Hospitales *	Primeros 50.000 o menos	40
	A partir de 50.000	20
Hoteles y moteles, incluidos bloques de apartamentos sin cocina *	Primeros 20.000 o menos	50
	De 20.001 a 100.000	40
	A partir de 100.000	30
Depósitos	Primeros 12.500 o menos	100
	A partir de 12.500	50
Todos los demás	VA totales	100

\* Los factores de demanda de esta Tabla no se aplican a la carga calculada de los alimentadores a las zonas de hospitales, hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar toda la iluminación al mismo tiempo, como quirófanos, comedores y salas de baile.

Fuente: NTC-2050, tabla 220-11 pag 56.

El factor de demanda está dado por la siguiente expresión:

$$F.D = \frac{CMD}{CI}$$

Donde:

- F.D→ factor de demanda.
- CMD→ carga máxima demandada.
- CI→ carga instalada.

# **CAPITULO 3:**

# **ACOMETIDAS Y CIRCUITOS ALIMENTADORES.**

### 3.1. CALCULO DE LAS ACOMETIDAS.

Se toma el valor de CMD, dado en vatios y se calcula la corriente nominal determinando así la corriente que debe soportar el conductor de la acometida y los valores de las protecciones teniendo en cuenta los factores de ajuste. Teniendo en cuenta la tabla 4.

**Tabla 4. Capacidad de corriente permisible en los conductores aislados de 0 a 2000 V nominales y 60<sup>a</sup>C a 90<sup>a</sup>C no más de tres conductores portadores de corriente en una canalización.**

Sección AWG Kcmils	Temperatura nominal del conductor (ver Cuadro 310-13)						Sección AWG Kcmils
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, 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, SIS, THHN*, THHW*, THW- 2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW- 2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
18	....	....	14	....	....	....	....
16	....	....	18	....	....	....	....
14	20#	20#	25	....	....	....	....
12	25#	25#	30#	20#	20#	25#	12
10	30	35#	40#	25	30#	35#	10
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000
<b>FACTORES DE CORRECCION</b>							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30°C (86°F), multiplicar las anteriores intensidades por el correspondiente factor de los siguientes						Temperatura ambiente en °F
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	70- 77
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	78- 86
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	87- 95
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	96-104
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	105-113
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	114-122
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	123-131
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71	132-140
61-70	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58	141-158
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41	159-176

- \* Si no se permite otra cosa específicamente en otro lugar de este *Código*, la protección contra sobreintensidad de los conductores marcados con un asterisco (\*), no debe superar los 15 amperios para el número 14; 20 amperios para el número 12 y 30 amperios para el número 10, todos de cobre; o 15 amperios para el número 12 y 25 amperios para el número 10 de aluminio y aluminio recubierto de cobre, una vez aplicados todos los factores de corrección por la temperatura ambiente y el número de conductores.

Fuente: NTC-2050 Tabla 310-16 Pag 182.

### **3.2. CALCULO DEL CONDUCTOR CARGAS ESPECIALES.**

Para el cálculo de los conductores se deben sumar las potencias individuales de placa de cada uno de los artefactos conectados a este mismo circuito o la potencia asumida por los tomacorrientes, se determina si la carga se puede diversificar por un factor, luego se calcula la corriente y se elige el conductor de acuerdo a la tabla 4.

### **3.3. CARGAS DE ALUMBRADO DEPENDIENDO LA ZONA A ENERGIZAR.**

Los edificios de apartamentos en la actualidad poseen muchas áreas independientemente de los apartamentos como pequeños almacenes, restaurantes, oficinas, bancos etc, las cuales se debe energizar dependiendo la ocupación y uso, en la norma técnica Colombiana NTC-2050 se encuentra la tabla 220-30. Que especifica la potencia por área dependiendo su ocupación.

**Tabla 5. Cargas de alumbrado general por tipo de ocupación.**

**Notas:**

1) Los valores unitarios de estos cálculos se basan en las condiciones de carga mínima y en un factor de potencia del 100 % y puede que no ofrezcan capacidad suficiente para la instalación contemplada.

2) La práctica de aforar la capacidad instalada no es permitida para la aplicación de la Tabla 220-11.

Tipo de ocupación	Carga unitaria (VA/m <sup>2</sup> )
Cuarteles y auditorios	10
Bancos	38 **
Barberías y salones de belleza	32
Iglesias	10
Clubes	22
Juzgados	22
Unidades de vivienda *	32
Garajes públicos (propriadamente dichos)	5
Hospitales	22
Hoteles y moteles, incluidos bloques de apartamentos sin cocina *	22
Edificios industriales y comerciales	22
Casas de huéspedes	16
Edificios de oficinas	38 **
Restaurantes	22
Colegios	32
Tiendas	32
Depósitos	2.5
En cualquiera de los lugares anteriores excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
Lugares de reunión y auditorios	10
Recibidores, pasillos, armarios, escaleras	5
Lugares de almacenaje	2.5

\* Todas las salidas de tomacorriente de uso general de 20 A nominales o menos en unidades de vivienda unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares y en las habitaciones de los de hoteles y moteles [excepto las conectadas a los circuitos de tomacorrientes especificados en el Artículo 220-4.b) y c)], se deben considerar como salidas para alumbrado general y en tales salidas no serán necesarios cálculos para cargas adicionales.

\*\* Además se debe incluir una carga unitaria de 10 VA por metro cuadrado para salidas de tomacorriente de uso general cuando no se sepa el número real de este tipo de salidas de tomacorriente.

Fuente: NTC-2050 Tabla 220-3b Pag 53.

# **CAPITULO 4:**

# **SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.**



## **SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.**

Se considera como subestación de una instalación, el sitio destinado con exclusividad a la colocación de los equipos de medida, los elementos de protecciones generales y el transformador o transformadores que pueden ser necesarios. Siempre y cuando sean accesibles solo a personal calificado para su operación. Podrán ubicarse en áreas libres a la intemperie, cuando así lo permitan los equipos a usar. Los elementos de baja tensión deberán ubicarse en lugar cubierto y ningún sistema de tuberías o ductos extraños a la instalación eléctrica entrara a la subestación o la atravesara.

En todos aquellos casos en que se realiza la acometida en media tensión al edificio, será necesario prever la instalación de un centro de transformación, para convertir este nivel de tensión en un voltaje baja tensión útil de uso final.

Dependiendo de la capacidad de potencia a utilizar el operador de red suministra la energía sin necesidad de la compra e instalación de un transformador por parte del usuario final o constructor. En el caso de ELECTRICARIBE SA ESP, se pueden suministrar hasta 28 KVA en baja tensión usuario final, para capacidades de mayor potencia el usuario final o constructor deberá suministrar su centro de transformación y su respectivo transformador.

### **4.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.**

Su selección depende de la carga instalada, tal que, al aplicarle a esta los respectivos factores de demanda y de coincidencia se obtiene la capacidad nominal del transformador.

Para la selección de estos hay que tener en cuenta:

- Voltaje primario ( $V_p$ ).
- Voltaje secundario ( $V_s$ ).
- Frecuencia (Hz).
- Potencia nominal (KVA).
- Designación.
- Tipo de refrigeración.
- Secos o sumergidos en aceite.
- Aplicación.
- Eficiencia.

### **4.2. CALCULO DEL TRANSFORMADOR.**

Para el cálculo del transformador se tomara la potencia total demandada, teniendo en cuenta factores de demanda de la carga y un factor de potencia de  $f_p = 0,9$ .

$$S = \frac{PMD}{Fp}$$

Donde:

- PMD→ Potencia máxima demandada.
- Fp→ Factor de potencia.

Teniendo en cuenta que el transformador tolera una sobrecarga del 125% de su capacidad nominal.

### 4.3. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS.

El transformador estará protegido tanto en MT como en BT, en media tensión la protección la efectúa la celda de seccionamiento y los cortocircuitos exteriores asociados al transformador, mientras que en baja tensión, la protección se incorpora en el tablero general de distribución

La protección en media tensión de este transformador se realiza utilizando una celda con un seccionador de operación manual con fusibles. Que proporciona en conjunto con los dispositivos de sobretensión DPS toda la protección del transformador, ya sea por sobrecarga, fallas a tierra, o cortocircuitos.

#### 4.3.1. CÁLCULO Y NIVELES DE CORTOCIRCUITO.

Según los datos que suministra el operador de red, la potencia simétrica trifásica del corto circuito es:

$S_{cc} = 250 \text{ MW}$ .

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * VI}$$

Donde:

- $S_{cc}$ → potencia de la red de cortocircuito en MVA.
- $VI$ → Voltaje de línea del operador de red.
- $I_{ccp}$ → Corriente de cortocircuito en kA.

Para los cortocircuitos secundarios:

$$I_{ccs} = \frac{100 \times P_{tr}}{\sqrt{3} \times E_{cc} \times V_{sl}}$$

Donde:

- $I_{ccs}$  → corriente de cortocircuito secundaria.
- $P_{tr}$  → Potencia del transformador en KVA.
- $E_{cc}$  → Tensión de cortocircuito del transformador en kA.
- $V_{sl}$  → voltaje secundario de línea.

#### 4.4. DIMENSIONAMIENTO DE LAS CELDAS Y BARRAJES.

Las celdas de maniobra y distribución son diseñadas y serán fabricadas por LUMINEX LEGRAND, donde serán sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las memorias de cálculo, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos de los barrajes.

Calculo de los interruptores de baja tensión que protegen el secundario del transformador de potencia.

Corriente nominal  $I_s$  (A):

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_l}$$

Donde:

- $S$  → potencia aparente del transformador.
- $V_l$  → tensión nominal.

El valor del interruptor será:

$$I_{breakers} = 1,25 \times I_n$$

Poder de corte de los interruptores:

Impedancia del transformador  $Z_{tr}$  (Ohm):

$$ZTr = Ucc \times \frac{Scc}{S}$$

Donde:

- $Ucc$  → voltaje de cortocircuito en %.
- $Scc$  → potencia simétrica de cortocircuito de la red alimentadora MVA.
- $ZTr$  → impedancia de transformador en %
- $S$  → potencia aparente del transformador kVA.

Potencia de cortocircuito en el lado de baja tensión del transformador.

$$Sccb = \frac{Scc}{ZTr}$$

Y la corriente de cortocircuito será:

$$Iccb = \frac{Sccb}{\sqrt{3} \times Vs}$$

Donde:

- $Iccb$  → corriente de cortocircuito en baja tensión kA.
- $Sccb$  → potencia del cortocircuito en baja tensión kVA.
- $Vs$  → voltaje de línea secundario.

El poder de corte de los breakers de protección secundaria debe ser mayor al valor obtenido en la fórmula anterior.

# **CAPITULO 5:**

# **SECCIÓN Y REGULACIÓN DE**

# **CABLES.**

## SECCIÓN Y REGULACIÓN DE CABLES.

Los cables han de calcularse de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Tensión de operación.
- Intensidad máxima teniendo en cuenta los factores de ajuste por temperatura.
- Máxima corriente de cortocircuito admisible.
- Máxima caída de tensión.
- Factor de trabajo.
- Aislamiento eléctrico.
- Factor de ajuste por capacidad de conductores en canalización.

Esta se calculara mediante las siguientes expresiones:

Para líneas trifásicas.

$$\Delta V = \frac{KxPxL}{CxSxV}$$

Para líneas monofásicas.

$$\Delta V = \frac{2xKxPxL}{CxSxV}$$

Donde:

- S → sección del conductor de fase en mm<sup>2</sup>
- $\Delta V$  → caída de tensión en V.
- K → factor de carga.
- P → potencia activa en vatios.
- L → longitud del circuito en mt.
- V → voltaje de línea en V.
- C → conductividad del material mt/(Ohm<sup>2</sup>mm).

Regulación porcentual.

$$\%V = \left( \frac{Vi - Vf}{Vi} \right) X 100$$

Donde:

- $V_i$  → voltaje inicial.
- $V_f$  → voltaje final.
- $\%V$  → Porcentaje de regulación.

Igualando ambas ecuaciones:

Para sistema trifásico.

$$\%V = \frac{100xKxPxL}{CxSxV^2}$$

Para sistema monofásico.

$$\%V = \frac{200xKxPxL}{CxSxV^2}$$

Determinación de P.

Para un sistema trifásico:

$$P = \frac{\sqrt{3}x1,25xVlxInxCos\varphi}{FcxFct}$$

Donde:

- $V_L$  → voltaje de línea en voltios.
- $I_n$  → corriente nominal en A.
- $\emptyset$  → ángulo de desfase entre voltaje y la corriente.
- $F_c$  → Factor de ajuste por canalización.
- $F_{ct}$  → Factor de corrección por temperatura.

Para un sistema monofásico se omite el factor  $\sqrt{3}$

Determinación de S.

- Conductividad para el cobre:  $c(Cu) = 56 \frac{mt}{Ohxmm^2}$
- Conductividad para el aluminio:  $c(Al) = 35 \frac{mt}{Ohxmm^2}$

### 5.1. ACOMETIDA PRIMARIA.

La acometida es la parte de la instalación que enlaza la red de distribución alimentando la celda de seccionamiento de MT y a su vez el transformador de potencia. Esta acometida ira desde el centro de transformación que se debe instalar hasta el punto de conexión dado por el operador de red, en este caso será ELECTRICARIBE SA ESP, a través de una red de alimentación en estrella sin neutro a nivel de 13200 Vac.

La acometida del edificio será subterránea en canalizaciones entubadas, protegiendo los conductores de la corrosión y esfuerzos mecánicos del terreno.

El tipo de aislamiento de los conductores será XLPE (polietileno reticulado) y la tensión asignada de estos no deberá ser inferior a 15 kV. Deberán cumplir con los requisitos de la norma NTC-2050 y la normativa de acometidas del operador de red.

### 5.2. TENSIÓN DE RED.

El operador de red suministra una tensión de línea de 13200Vac a 60 Hz, el voltaje de fase será el cociente del VL y la raíz cuadrada de tres por ser un sistema trifásico en estrella sin neutro.

El cable debe ser apto para un aislamiento  $V_{cable} > V_{fase}$ .



# **CAPITULO 5:**

# **SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.**

## SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra será realizado basándose en la normativa internacional IEEE std 80 – 2000, como describe el capítulo de tierras de la norma técnica Colombiana NTC – 2050.

Un sistema de puesta a tierra debe instalarse para limitar los gradientes de potencial de tierra a niveles de tensión y corriente que no pongan en peligro la seguridad de las personas y de los equipos bajo condiciones normales y de falla.

En los circuitos de media tensión, los parámetros que determinan las corrientes de fallas a tierra son los siguientes.

- Tipo de neutro del sistema.
- Tipo de protecciones.
- Impedancia de la red.

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, o unido mediante resistencias o impedancias o no tener neutro en el sistema; como en el caso de la costa. Todos estos factores producen una limitación en la corriente de falla, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.

En las protecciones cuando se produce una falla, este realiza la apertura a través de un relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (magnético) o según una curva de tipo inverso (térmico). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo en tiempos aproximados o muy cercanos a los 0,5 segundos.

Como premisa de diseño del sistema de puesta a tierra utilizaremos el valor de corriente de falla más alto que se puede presentar. Según la ficha técnica del transformador la corriente de falla en el lado secundario es de 16 kA.

Según las investigaciones previas del terreno, tomando varias muestras de resistividad se determina una resistividad promediada de  $\rho = 90 \text{ Ohm/ mt}^2$ .

A continuación se describen los parámetros críticos para llevar a cabo un diseño de una malla de puesta a tierra.

### 6.1. CORRIENTE MÁXIMA A DISIPAR POR LA MALLA ( $I_g$ ).

El valor máximo de diseño de la corriente de falla a tierra, que fluye a través de la maya de la subestación hasta la tierra circundante, esta dado por:

$$I_g = I_f \times D_f \times S_f \times C_p$$

Donde:

- $I_f$  → Corriente simétrica de falla a tierra.
- $D_f$  → Factor de decremento para tener en cuenta la componente DC.
- $S_f$  → Factor de división de corriente.
- $C_p$  → Factor de crecimiento futuro de la subestación, considera el incremento futuro de la corriente de falla.

### 6.2. FACTOR DE DECREMENTO ( $D_f$ ):

En el diseño de la malla a tierra, se debe considerar la corriente asimétrica de falla, la cual resulta de multiplicar la corriente simétrica de falla por el factor de decremento, que a su vez esta dado por:

$$D_f = \sqrt{1 + \frac{T_a}{t_f} (1 - e^{-\frac{2 \cdot t_f}{T_a}})}$$

Donde:

- $t_f$  → duración de la falla en segundos.
- $T_a$  → constante de tiempo de la componente DC.

$$T_a = \frac{X}{\omega R} = \frac{X}{R} * \frac{1}{2\pi f}$$

X, R→ Componentes de la impedancia subtransitoria de falla que se usan para determinar la relación X/R.

### 6.3. FACTOR DE CRECIMIENTO.

Si la malla de puesta a tierra se construye teniendo en cuenta la capacidad total de la subestación, y no se consideran aumentos futuros de carga ni de alimentadores,  $C_p=1$ .

### 6.4. FACTOR DE DIVISIÓN DE CORRIENTE.

El proceso de cálculo consiste en derivar una representación equivalente de guarda, neutros, etc. Esto es, conectarlos a la malla en la subestación y luego resolver el equivalente para determinar que fracción de la corriente total que fluye hacia la malla y la tierra circundante, y que fracción fluye a través de los cables de guarda o neutros, hacia las tierras de los pies de torre que entran y sacan línea de la subestación,

- a. Localización de la falla.
- b. Magnitud de la resistencia de la malla a tierra de la subestación.
- c. Cables y tubos enterrados en las vecindades de la subestación o directamente conectados al sistema de puesta a tierra.
- d. Cables de guarda, neutros, u otras trayectorias de retorno por tierra.
- e. Líneas de transmisión que entran y alimentadores que salen de la subestación}, cantidad y resistencia de puestas a tierra de pies de torre; longitud de las líneas de transmisión y alimentadores; material, y calibre de cables de guarda y neutros.

Existe una serie de desarrollos matemáticos, curvas y tablas que permiten encontrar el valor de  $S_f$  pero resulta mucho más práctico utilizar la tabla T1.

La tabla T1 muestra las impedancias equivalentes de cables de guarda de líneas de transmisión y de neutros de alimentadores de distribución, para una contribución remota del 100% con X líneas de transmisión y Y alimentadores de distribución. La primera columna muestra las impedancias equivalentes para resistencias de electrodos de puesta a tierra de líneas de transmisión  $R_{tg}$  de 15 Ohm y resistencias de los electrodos de puesta a tierra de alimentadores de subdistribución  $R_{dg}$  de 25 Ohm. La segunda columna de impedancias equivalentes corresponde a  $R_{tg} = 100$  y  $R_{dg} = 200$  Ohm.

El factor de corriente de división será entonces:

$$(S_f)_{X/Y} = \left| \frac{(Z_{eq})_{X/Y}}{R_g + (Z_{eq})_{X/Y}} \right|$$

Donde:

- $(Z_{eq})_{x/y}$  → Impedancia equivalente de X cables de guarda de líneas de transmisión e Y neutros de alimentadores de distribución.
- $R_g$  → resistencia del sistema de puesta a tierra de la subestación.

**Tabla T1. Impedancias equivalentes aproximadas de cables de guarda de líneas de transmisión y neutros de distribución (alimentadores).**

Número de líneas de transmisión	Número de neutros de distribución	Ze <sub>q</sub> (ohms) Rtg =15, R <sub>dg</sub> =25	Ze <sub>q</sub> (ohms) Rtg =100, R <sub>dg</sub> =200
1	1	0,91 + J0,485	3,27 + J0,652
1	2	0,54 + J0,33	2,18 + J0,412
1	4	0,295 + J 0,20	1,32 + J0,244
1	8	0,15 + J 0,11	0,732 + J0,133
1	12	0,10 + J 0,076	0,507 + J0,091
1	16	0,079 + J 0,057	0,387 + J0,069
2	1	0,685 + J 0,302	2,18 + J0,442
2	2	0,455 + J 0,241	1,63 + J0,324
2	4	0,27 + J 0,165	1,09 + J0,208
2	8	0,15 + J 0,10	0,685 + J0,122
2	12	0,10 + J 0,07	0,47 + J0,087
2	16	0,08 + J 0,055	0,366 + J0,067
4	1	0,45 + J 0,16	1,30 + J0,273
4	2	0,34 + J 0,15	1,09 + J0,22
4	4	0,23 + J 0,12	0,817 + J0,16
4	8	0,134 + J 0,083	0,546 + J0,103
4	12	0,095 + J 0,061	0,41 + J0,077
4	16	0,073 + J 0,05	0,329 + J0,06
8	1	0,27 + J 0,08	0,72 + J0,152
8	2	0,23 + J 0,08	0,65 + J0,134
8	4	0,17 + J 0,076	0,543 + J0,11
8	8	0,114 + J 0,061	0,408 + J0,079
8	12	0,085 + J 0,049	0,327 + J0,064
8	16	0,067 + J0,041	0,273 + J0,052

Fuente: IEEE std80-2000, Tabla C1.

## 6.5. DURACIÓN DE LA FALLA (tf) Y DURACIÓN DEL CHOQUE (ts).

La duración de la falla y la duración del choque normalmente se asumen iguales, a menos que la duración de la falla sea la suma de los choques sucesivos, como los producidos por los recierres automáticos. La selección del  $t_f$  puede reflejar tiempos de despegue lentos para subestaciones de distribución e industriales. La selección de  $t_f$  y  $t_s$  puede resultar en la combinación más pesimista de factores de decremento de corrientes de falla y corrientes permitidas por el cuerpo humano. Valores típicos para  $t_f$  y  $t_s$  están en el rango de 0,25 s a 1s.

## 6.6. GEOMETRÍA DE LA MALLA.

Las limitaciones de los parámetros físicos de una malla de puesta a tierra están basadas en las restricciones físicas y económicas de la misma. Es poco práctico instalar una placa de cobre como sistema de puesta a tierra.

- Los espaciamientos típicos entre conductores (D) están en el rango:  
 $15m < D < 3m$
- Las profundidades típicas (h) están en el rango:  $1,5m > h \geq 0,5m$
- Los calibres típicos de conductores (ACM) están en el rango:  
 $500 \text{ MCM} > \text{Acm} \geq 2/0 \text{ AWG}$
- El diámetro del conductor de la malla tiene un efecto despreciable sobre la tensión de la malla.
- El área del sistema de puesta a tierra (A) es el factor más importante en la determinación de la resistencia de malla ( $R_g$ ). Entre mayor sea (A), menor será  $R_g$  y por lo tanto, es menor la elevación del potencial de tierra (GPR).

## 6.7. RESISTIVIDAD DE LA CAPA SUPERFICIAL.

Una capa de alta resistividad sobre la superficie ayuda a limitar la corriente que pasaría por el cuerpo humano, ya que esta capa agrega una resistencia a la resistencia promedio del cuerpo. Una capa superficial con un espesor ( $h_s$ ) entre  $0,15m > 0,1m$  de un material de alta resistividad como la grava o la roca volcánica triturada, colocada sobre la superficie más arriba de la malla, incrementa la

resistencia de contacto entre el suelo y los pies de las personas en la subestación y la corriente por el cuerpo bajara considerablemente. La reducción depende de los valores relativos de las resistividades del suelo en contacto con la malla, y del espesor y material de la capa superficial.

La capa superficial también es útil para retardar la evaporación de la humedad, y así limitar el secado de las capas superiores durante los periodos de verano. Esta capa tiene una resistividad del orden de 5000 Ohm/mt >ps>2000 Ohm/mt. Una capa con un espesor entre 0,1m y 0,15m, disminuye el factor de riesgo (relación entre la corriente del cuerpo y la corriente del cuerpo y la corriente de corto circuito) a una relación 10:1 comparado con la humedad natural de la tierra.

Al utilizar la capa superficial, la resistividad del terreno cambia en esa zona de una más baja a una más alta, para aquello hay que utilizar un factor de ajuste de disminución de la capa superficial ( $C_s$ ):

$$C_s = 1 - \frac{0.09 \left( 1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right)}{2h_s + 0.09}$$

Donde:

$C_s$  → Factor de disminución de la capa superficial.

$\rho$  → Resistividad del terreno ( $\Omega$ -m).

$\rho_s$  → Resistividad de la capa superficial ( $\Omega$ -m).

$h_s$  → Espesor de la capa superficial.

## 6.8. RESISTIVIDAD DEL TERRENO ( $\rho$ ).

La resistividad de la malla y los gradientes de potencial dentro un subestación están directamente relacionados con la resistividad del terreno, la cual varía horizontalmente y verticalmente. Se deben reunir suficientes datos relacionados en área donde se instalara la malla de puesta a tierra, en base a estas mediciones con un teluometro y un método de cálculo se determina la resistividad del terreno, las condiciones del terreno pueden variar con la humedad, la temperatura ambiente y con el uso de sustancias químicas.



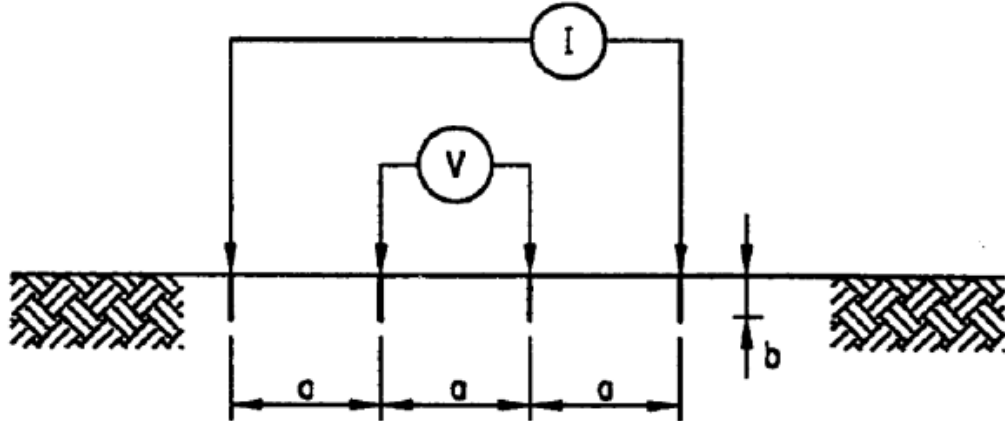
Realizando un estudio del terreno respecto a su composición se puede determinar su resistividad, teniendo en cuenta la tabla T2.

**Tabla T2. Resistividad para diferentes tipos de suelo.**

TIPO DE SUELO	RANGO DE RESISTIVIDAD ( $\Omega$ -m)
Lama	5 – 100
Humus	10 – 150
Limo	20 – 100
Arcillas	80 – 330
Tierra de jardín	140 – 480
Caliza fizurada	500 – 1000
Caliza compacta	1000 – 5000
Granito	1500 – 10000
Arena común	3000 – 9000
Basalto	10000 – 20000

Los estimativos en la clasificación del suelo ofrecen solo una aproximación de las condiciones del terreno, se recomienda la utilización de un teluometro de cuatro puntas, dos de inyección de corriente y dos para medición de tensión, este es el llamado método Wenner para tener datos ciertos acerca la resistividad del terreno.

**Figura T1. Método de Wenner o de las cuatro puntas.**



Los cuatro electrodos son enterrados a una profundidad “b”, separados a una distancia “a” en línea recta, al tener la configuración se procede a la inyección de corriente donde las terminales de tensión censan el voltaje en función de la resistividad del terreno, luego se aplica la siguiente expresión:

$$\rho_a = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

Donde:

$\rho_a \rightarrow$  Resistividad aparente del suelo ( $\Omega$ -m).

$R \rightarrow$  Resistencia medida en  $\Omega$ .

$a \rightarrow$  Distancia entre electrodos adyacentes en m.

$b \rightarrow$  Profundidad de los electrodos en m.

Para simplificar la expresión se puede hacer  $b \ll a$ , en este caso:

$$\rho_a = 2\pi a R$$

Utilizando estas expresiones se obtiene una resistividad aparente, existen métodos de mayor precisión para la determinación de la resistividad del suelo como:

- Modelo de suelo uniforme: usado solo cuando existe una variación moderada de la resistividad aparente.
- Modelo de suelo de dos capas: Es una representación muy exacta de las condiciones reales dl suelo, y consiste en una capa superior de profundidad finita y con resistividad inferior diferente a la capa más baja de espesor infinito.
- Modelo de suelo multicapa: usada en condiciones de suelo más complejas donde existe mucha variación acompañada de otros factores naturales.

## 6.9. SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL CONDUCTOR.

La elevación de temperatura de corto tiempo en un conductor de tierra, o el tamaño requerido del conductor en función de la corriente de falla que pasa por el conductor, se encuentra mediante la ecuación:

$$A_{MCM} = I_F \frac{197.4}{\sqrt{\left(\frac{TCAP}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r}\right) * \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}}$$

Donde:

- $I_F$  → Corriente asimétrica de falla RMS en KA, se usa la más elevada encontrada.
- $A_{MCM}$  → Área del conductor en  $MCM^2$ .
- $T_m$  → Máxima temperatura disponible o temperatura de fusión en °C.
- $T_a$  → Temperatura ambiente en °C.
- $T_r$  → Temperatura de referencia para las constantes del material en °C.
- $\alpha_0$  → Coeficiente térmico de resistividad a 0°C en 1/°C.
- $\alpha_r$  → Coeficiente térmico de resistividad a la temperatura de referencia  $T_r$  1/°C.
- $\rho_r$  → Resistividad del conductor de tierra a la temperatura de referencia  $T_r$   $\mu\Omega\text{-cm}$ .
- $K_0$  →  $1/\alpha_0$  o  $[(1/\alpha_0) - T_r]$  en °C.
- $T_c$  → Duración de la corriente en seg.
- TCAP → Capacidad térmica por unidad de volumen en  $J / (cm^3 * °C)$ .

La tabla T3 proporciona los datos para las constantes, dejando como resultado una expresión sencilla de muy buena aproximación:

$$A_{MCM} = I_F * K_f * \sqrt{t_C}$$

Donde:

$K_f \rightarrow$  Constante para el material dado en la Tabla 3, usando una  $T_a = 40$  °C.

El tamaño del conductor realmente seleccionado es usualmente más grande que él que se basa en la fusión, debido a factores tales como:

- El conductor debe resistir los esfuerzos mecánicos esperados y la corrosión durante la vida útil de la instalación.
- El conductor debe tener alta conductancia para prevenir caídas de tensión peligrosas durante una falla.
- La necesidad de limitar la temperatura del conductor.
- Debe aplicarse un factor de seguridad a la instalación de puesta a tierra y a los demás componentes eléctricos.

Se acostumbra entonces a emplear como mínimo el calibre 2/0 AWG cobre de 7 hilos. Con el fin de mejorar la rigidez mecánica y soportar la corrosión en la malla.

La tabla T4 muestra las dimensiones típicas de los conductores empleados para sistemas de puesta a tierra.

Tabla T3. Constantes de los materiales conductores.

DESCRIPTION	Material conductivity (%)	$\alpha$ r factor at 20°C (1/°C)	$K_0$ at 0°C (0°C)	Fusing temperature $T_m$	$\rho_r$ 20°C ( $\mu\Omega, cm$ )	TCAP thermal capacity $[J/(cm^2 \cdot ^\circ C)]$	Kf
Copper, annealed soft-drawn	100	0,00393	234	1083	1,72	3,42	7
Copper, commercial hard-drawn	97	0,00381	242	1084	1,78	3,42	7,06
Cooper-clad steel wire	40	0,00378	245	1084	4,4	3,85	10,45
Cooper-clad steel wire	30	0,00378	245	1084	5,86	3,85	12,06
Cooper-clad steel rod	20	0,00378	245	1084	8,62	3,85	14,64
Aluminum, EC grade	61	0,00403	228	657	2,86	2,56	12,12
Aluminum, 5005 alloy	53,5	0,00353	263	652	3,22	2,6	12,41
Aluminum, 6201 alloy	52,5	0,00347	268	654	3,28	2,6	12,47
Aluminum-clad steel wire	20,3	0,0036	258	657	8,48	3,58	17,2
Steel, 1020	10,8	0,00316	605	1510	15,9	3,28	15,95
Stainless-clad steel rod	9,8	0,0016	605	1400	17,5	4,44	14,72
Zinc-coated steel rod	8,6	0,0032	293	419	20,1	3,93	28,96
Stainless steel, 304	2,4	0,0013	749	1400	72	4,03	30,05

**Tabla T4. Dimensiones típicas de los conductores de puesta a tierra.**

CALIBRE DEL CONDUCTOR	CONDUCTOR	AREA NOMINAL	DIAMETRO
MCM	AWG	mm <sup>2</sup>	m
350		177,35	0,015
300		152,01	0,0139
250		126,68	0,0127
211,6	4/0	107,22	0,0117
167,8	3/0	85,03	0,0104
133,1	2/0	67,44	0,0093

#### 6.10. TENSIONES DE PASO Y DE TOQUE TOLERABLES.

La seguridad de una persona depende de la prevención de cantidades críticas de energía de choque absorbidas por el cuerpo humano, antes de que la falla sea despejada y el sistema desenergizado. Los voltajes máximos tolerables por un cuerpo humano de 50 kg y 70 kg de peso corporal, durante un circuito accidental no debe superar los siguientes límites:

- Tensión de paso limite tolerable por un cuerpo de 50 kg y 70 kg de peso corporal:

$$E_{step50} = [1000 + 6C_S \times \rho_S] \times \frac{0.116}{\sqrt{t_S}}$$

$$E_{step70} = [1000 + 6C_S \times \rho_S] \times \frac{0.157}{\sqrt{t_S}}$$

- Tensión de toque limite tolerable por un cuerpo de 50 kg y 70 kg de peso corporal:

$$E_{touch50} = [1000 + 1.5C_s \times \rho_s] \times \frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{touch70} = [1000 + 1.5C_s \times \rho_s] \times \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

Donde:

- $t_s$  → duración del choque.
- $C_s$  → factor de disminución de la capa superficial.
- $\rho_s$  → resistividad del material de la capa superficial en Ohm-m

Las tensiones de paso y de toque reales deben ser menores que los respectivos límites máximos permisibles o tolerables para obtener seguridad.

Un buen sistema de puesta a tierra proporciona una resistencia baja, con el fin de minimizar la elevación del potencial de tierra dado por:

$$GPR = I_g * R_g$$

### 6.11. REQUERIMIENTOS USUALES.

La principal función de las puestas a tierra es garantizar la seguridad de las personas. Esta es una consideración muy importante durante el diseño y obliga a que se fije una resistencia objetivo.

**Tabla T5. Valores de puesta a tierra exigidos por el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE.**

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras de líneas de transmisión o torrecillas metálicas de distribución con cable de guarda	20 $\Omega$
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 $\Omega$
Subestaciones de media tensión.	10 $\Omega$
Protección contra rayos.	10 $\Omega$
Neutro de acometida en baja tensión.	25 $\Omega$

Fuente: RETIE pag 64.

### 6.12. TRATAMIENTO PARA OBTENER RESISTENCIA DEL SUELO MÁS BAJA.

Con frecuencia es imposible obtener la reducción deseada de resistencia de tierra agregando más conductores o más varillas de tierra a la malla, una solución alternativa es usar componentes químicos alrededor de los electrodos enterrados u otra cambiando la resistividad del terreno naturalmente. A continuación citaremos los métodos.

- Uso de bentonita, una arcilla natural que contiene montmorillonita, que se formó por acción volcánica hace mucho tiempo, y es un elemento no corrosivo, estable y tiene una resistividad de 2.5 Ohm-m.
- El uso de sales como cloruro de sodio, magnesio y sulfatos de cobre o cloruro de calcio, para incrementar la conductividad del suelo a través del electrodo.
- Materiales artificiales de tierra, de baja resistividad colocados alrededor de las varillas y de los conductores en la zanja. En Colombia se conoce como hidrosolta y fabigel.

### 6.13. CALCULO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA.

La expresión para el cálculo de una puesta a tierra es formulada por Sverak como:



$$R_g = \rho \left[ \frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left( 1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

Donde:

- $L_t \rightarrow$  longitud total de conductores enterrados en mt.
- $\rho \rightarrow$  resistividad del terreno en Ohm-mt.
- $A \rightarrow$  Área ocupada por la malla de tierra  $M^2$
- $h \rightarrow$  Profundidad de la malla en mt.

Esta expresión es válida para mallas sin varillas, solo conductores enterrados.

Para casos más precisos donde se encuentre la mezcla de los dos sistemas, varillas y conductores enterrados, se necesitarían nuevos métodos de cálculos descritos a continuación.

### 6.13.1. ECUACIONES DE SCHWARZ.

Schwarz desarrollo el siguiente conjunto de ecuaciones para determinar la resistencia de un sistema de puesta a tierra en un suelo homogéneo que consta de una malla horizontal con electrodos verticales.

El procedimiento es el siguiente:

- Se calcula la resistencia de los conductores enterrados.

$$R_c = \frac{0.366\rho}{L_c} \left[ \log\left(\frac{L_c}{d_c}\right) + \log\left(\frac{L_c}{4h}\right) + 0.34 \right]$$

- Resistencia de los electrodos verticales.

$$R_r = \frac{0.366\rho}{L_r} \left[ \log \left( \frac{3L_r}{d_r} \right) \right]$$

- Calculo de resistencia mutua.

$$R_m = \frac{0.73\rho}{L_t} \left[ \log \left( \frac{2L_t}{L_r} \right) \right]$$

- Al final se realiza el cálculo de la resistencia equivalente.

$$R_g = \frac{R_c R_r - R_m^2}{R_c + R_r - 2R_m}$$

Donde:

- $\rho$  → resistividad del terreno (Ohm-mt)..
- $R_c$  → resistencia de la malla de puesta a tierra (Ohm).
- $L_c$  → Longitud total de conductores (m).
- $d_c$  → diámetro del conductor de la malla de pta a tierra (mt).
- $h$  → Profundidad de los conductores de la malla (mt).
- $R_r$  → Resistencia de los electrodos enterrados (Ohm-mt).
- $L_r$  → Longitud total de varillas (mt).
- $d_r$  → diámetro de la varilla de puesta a tierra (mt).
- $L_t$  → Longitud total de varillas y conductor de puesta a tierra (mt).
- $R_m$  → Resistencia mutua (Ohm).

### 6.13.2. CALCULO DE LA TENSION MÁXIMA DE LA MALLA.

El valor de la tensión real de malla se obtiene bajo la siguiente expresión.

$$E_m = \frac{\rho \cdot I_G \cdot K_m \cdot K_i}{L_M}$$

Donde:

- $E_m$  = Tensión de la malla (V).
- $\rho$  = Resistividad del terreno (Ohm-mt).
- $I_g$  = Corriente de la malla en el evento de una falla (Amp).
- $K_m$  = Valor geométrico de espaciamiento de la malla.
- $K_i$  = Factor de irregularidad de la malla,
- $L_m$  = longitud total enterrada de material conductor de la malla de puesta a tierra.

Valor geométrico de espaciamiento de la malla:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[ \ln \left( \frac{D^2}{16hd_c} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd_c} - \frac{h}{4d_c} \right) + \frac{K_{ii}}{k_h} \ln \left( \frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right]$$

Para mallas con varillas de tierra a lo largo del perímetro, o para mallas con varias varillas de tierra en las esquinas, así como para ambas,  $K_{ii} = 1$ , donde  $K_{ii}$  es el factor de corrección que ajusta los efectos de los conductores sobre la esquina de la malla.

Para mallas sin varilla de tierra, o solo unas pocas, ninguna localizada en las esquinas o sobre el perímetro:

$$K_{ii} = \frac{1}{(2n)^{2/n}}$$

Kh es un factor de corrección que tiene en cuenta los efectos de la profundidad de la malla, dado por:

$$K_h = \sqrt{1 + h/h_0} \quad \text{con } h_0 = 1\text{m}$$

n presenta el número de conductores paralelos de una malla rectangular equivalente, y esta dado por:

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d$$

Donde:

$$n_a = \frac{2L_c}{L_p}; \quad n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}}; \quad n_c = \left[ \frac{L_x \cdot L_y}{A} \right]^{0.7A}; \quad n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

Para mallas cuadradas:  $n=n_a$  ya que  $n_b=n_c=n_d=1$

Para mallas rectangulares:  $n=n_a \cdot n_b$  ya que  $n_c=n_d=1$

Para mallas en forma de L:  $n=n_a \cdot n_b \cdot n_c$  ya que  $n_d=1$

Donde:

- $L_c$  = Longitud total de los conductores de la malla horizontal (m).
- $L_p$  = Longitud del perímetro de la malla (m).
- $L_x$  = Longitud máxima de la malla en la dirección X (m).
- $L_y$  = Longitud máxima de la malla en la dirección Y (m).
- $D_m$  = Distancia máxima entre dos puntos cualesquiera de la malla (m).

$K_i$  es el factor de irregularidad y se define como:

$$K_i = 0.644 + 0.148n$$

Para mallas sin varillas o con unas pocas varillas no ubicadas en las esquinas la longitud total de conductores  $L_M$ :

$$L_M = L_C + L_R$$

Donde:

- $L_r = nr * L_r \rightarrow$  Longitud total de todas las varillas.
- $nr \rightarrow$  Número de varillas.
- $L_r \rightarrow$  Longitud de cada varilla.

Para mallas con muchas varillas de tierra en las esquinas, así como a lo largo del perímetro, la longitud efectiva enterrada  $L_M$ :

$$L_M = L_C + \left[ 1.55 + 1.22 \left( \frac{L_r}{\sqrt{L_X^2 + L_Y^2}} \right) \right] L_R$$

### 6.13.3. CALCULO DE LA TENSIÓN REAL DE PASO.

Se calcula mediante el valor real de la tensión de paso se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_p = \frac{\rho \cdot I_G \cdot K_S \cdot K_i}{L_S}$$

Para mallas con o sin varillas de tierra, la longitud efectiva del conductor enterrado  $L_s$  es:

$$L_s = 0.75 L_C + 0.85 L_R$$

El valor de  $K_s$  se calcula:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0.5^{n-2}) \right]$$

La ecuación es válida para profundidades de enterramiento de  $0.25\text{m} < h < 2.5\text{m}$ .

**Figura T2. Esquema de los parámetros constructivos de la malla de puesta a tierra.**

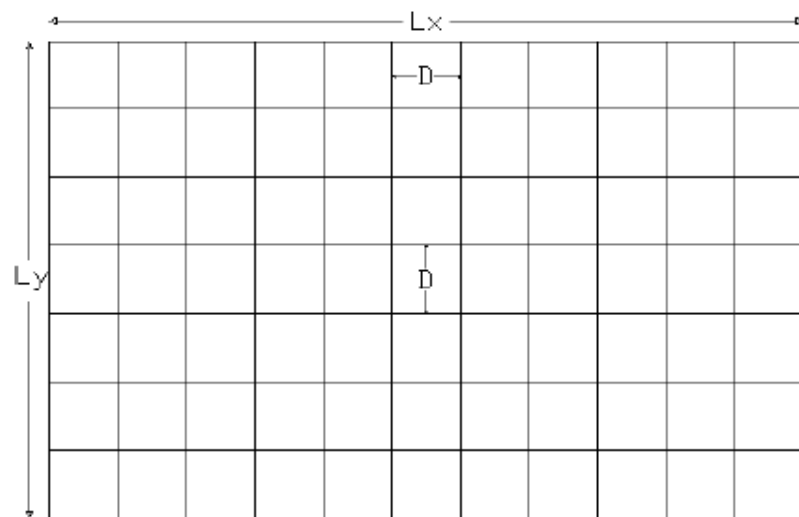


Figura 5. Diseño preliminar de la malla

$$L_C = N L_x + M L_y ; A = L_x \cdot L_y$$

Donde:

$N \rightarrow$  Número de conductores de longitud  $L_x$ .

$M \rightarrow$  Número de conductores de longitud  $L_y$ .

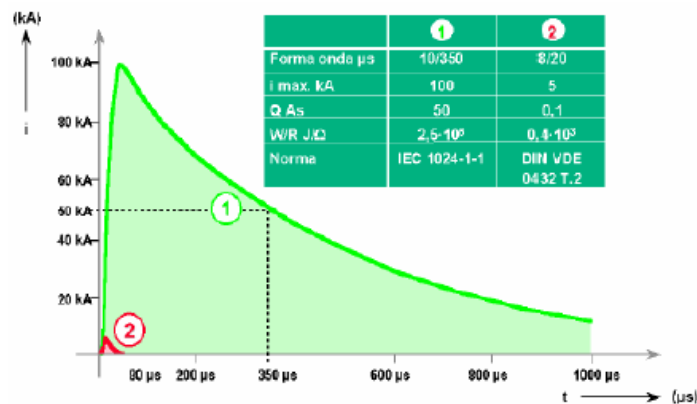
# **CAPITULO 7:**

# **APANTALLAMIENTO.**

## 7.1. NIVEL DE RIESGOS POR RAYOS.

Efectivamente no existen medios para evitar las descargas atmosféricas creadas por las cargas eléctricas, pero existen medidas que permiten ejercer el control ofrezca seguridad a las personas y a los equipos eléctricos y electrónicos. Por tanto las precauciones de protección apuntan hacia los efectos secundarios y a las consecuencias de una descarga eléctrica atmosférica. La descarga de un rayo genera una onda de choque como la de la figura R1.

Figura R1. Impulso de corriente del rayo.



Fuente: TORRES SANCHEZ, Horacio. El Rayo, Mitos, Leyendas, Ciencia y Tecnología. Bogotá D.C. Editorial Universidad Nacional de Colombia UNIBIBLOS, 2002. p. 202.

## 7.2. DEFINICIONES NTC 4552.

- **Sistema de protección externo contra rayos SPE.** Es el conjunto de elementos comprendido por terminales de captación, bajantes, puesta a tierra de protección contra rayos, conectores, herrajes, soportes, y otros, cuya función es captar las descargas y conducir las a tierra en forma segura, ejerciendo un control sobre la descarga.
- **Terminal de captación o dispositivo de interceptación de rayos (Air Terminal).** Elemento metálico cuya función es interceptar los rayos que



podrían impactar directamente sobre la instalación a proteger. Comúnmente se conoce como pararrayos.

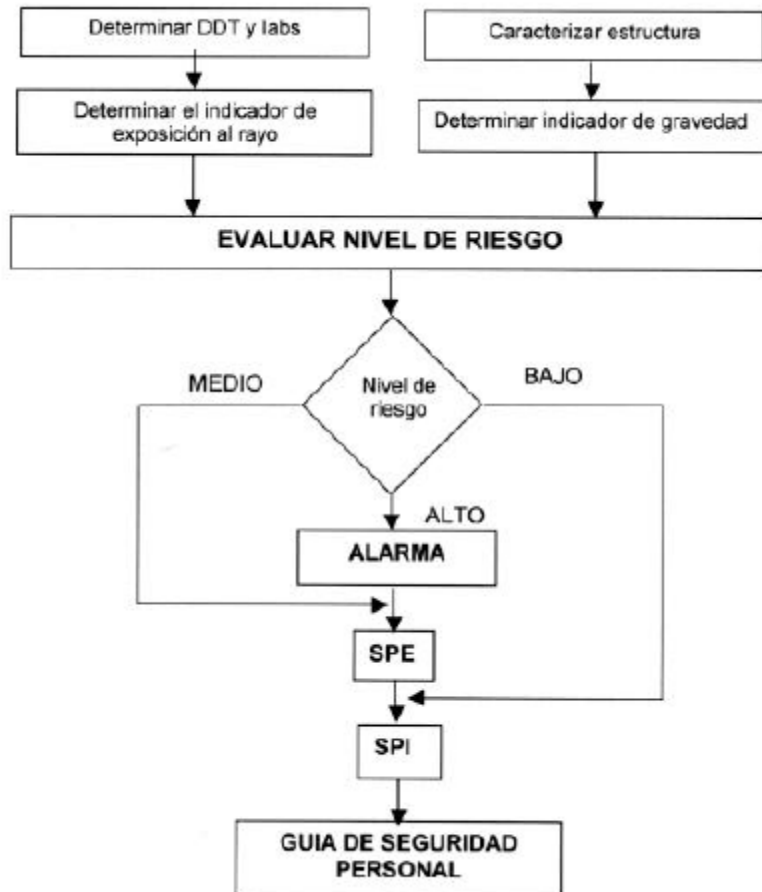
- **Anillo equipotencial (Equipotential Ring).** Elemento conductor utilizado para interconectar los terminales de captación y/o bajantes, con el fin de proveer equipotencialidad y distribuir la corriente del rayo.
- **Conductor bajante (Down Conductor).** Elemento conectado eléctricamente entre los terminales de captación o red de terminales de captación y la puesta a tierra de protección contra rayos PTPR, cuya función es conducir la corriente del rayo que pueden incidir sobre la instalación a proteger.
- **Puesta a tierra de protección contra rayos PTPR.** Conductor o grupo de ellos inmerso en el suelo, cuya función específica es dispersar y disipar las corrientes del rayo en el suelo. Esta puesta a tierra hace parte del sistema de puesta a tierra general de la edificación.
- **Transitorio (transient).** Es el cambio en las condiciones de energía de un sistema entre dos estados estables, de corta duración comparado con la escala de tiempo de interés.

### 7.3. METODOLOGÍA.

Se basa en las normas NTC-4552 y la IEC 62305 , en las cuales se establecen procedimientos para el dimensionamiento de protección contra descargas atmosféricas. Estos procedimientos parten de evaluar el nivel de riesgo a que está sometida la edificación en estudio. El nivel de riesgo dependerá de diferentes factores, especialmente, el nivel cerámico, la ubicación de la instalación a proteger y las características de los equipos que en ella se encuentran.

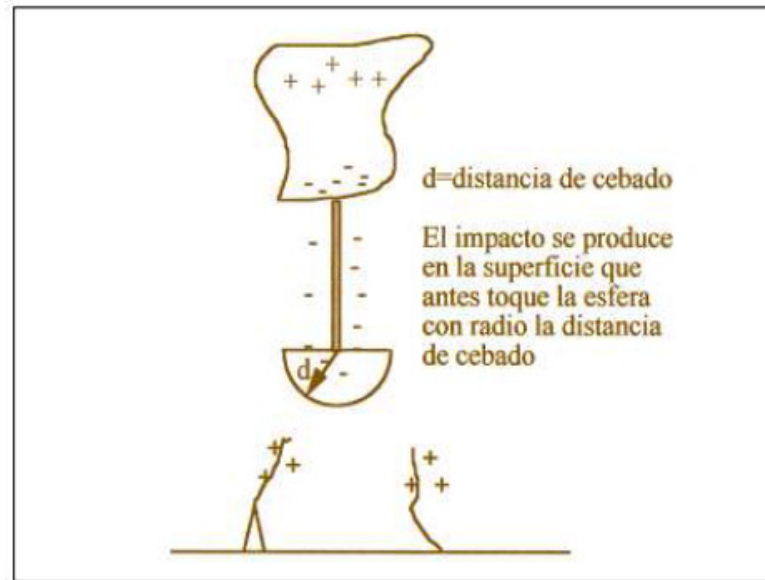
A partir del resultado de la evaluación del nivel de riesgo se estima el nivel de protección a adoptar. La necesidad de una protección integral contra rayos y sobre tensiones se fundamenta, en primer lugar, en aportar seguridad a las personas y, en segundo lugar, en proteger instalaciones y equipos por su valor económico, por la importancia de la función que desempeñan o por las dificultades y el coste que supone la eventual sustitución o reparación de los mismos. En la figura R2 se muestra un diagrama de flujo para la metodología a utilizar para evaluar el nivel de riesgo.

Figura R2. Diagrama de flujo método evaluación de nivel de riesgo.



Fuente: NTC-4252 pag 11.

**Figura R3. Proceso de Impacto de un Rayo.**



Fuente: TORRES SÁNCHEZ, Horacio. El Rayo, Mitos, Leyendas, Ciencia y Tecnología. Bogotá D.C. Editorial Universidad Nacional de Colombia UNIBIBLOS, 2002. p. 70.

Para identificar las zonas vulnerables de la edificación que son susceptibles a ser impactadas por un rayo se emplean modelamientos tridimensionales de la edificación asistidos por Auto CAD, con base al modelo matemático llamado electro geométrico. Este se estableció en los años 50 con fin de estudiar el suelo, de aplicación a las descargas negativas descendentes, basado en la propagación del precursor negativo, representado por una línea cargada que desciende en línea recta desde la nube al suelo, y en el campo eléctrico inducido en las estructuras situadas en la superficie del terreno, que al alcanzar el valor de cebado produce la descarga positiva, para finalmente producirse la unión de las dos, salvando una distancia , tanto mayor cuanto mayor es la carga del precursor negativo, con conceptos tales expresados en la figura R3.

#### **7.4. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGOS.**

El objeto de la evaluación del nivel de riesgos es la de determinar la adopción de un sistema de protección contra rayos en una estructura o instalación dada, y las acciones que permitan disminuir el riesgo a un nivel tolerable. El nivel de riesgo se obtiene de la ponderación de los indicadores de exposición al rayo y de la gravedad que puede implicar un impacto directo o indirecto del rayo sobre la estructura o instalación.

#### **7.5. NIVEL CERÁUNICO.**

El nivel cerámico (NC) se define como el número de días al año en los cuales es oído por lo menos un trueno.

Para la evaluación de la actividad de rayos en el área de estudio, se trabajaron los datos de nivel cerámico y la densidad de descargas atmosféricas a tierra (DDT) multianuales con los datos de la red de medición Colombiana y localización de descargas atmosféricas, RECMA, y se representa el NC mediante curvas de distribución de probabilidad acumulada, NTC 4552(5.1.2) que sirve para hacer inferencias más objetivas en el caso de comparaciones cualitativas y comparativas a nivel global, regional o local del país.

Este nivel posee en Colombia la distribución espacio – temporal presentada en el mapa de niveles cerámicos de la figura R4.

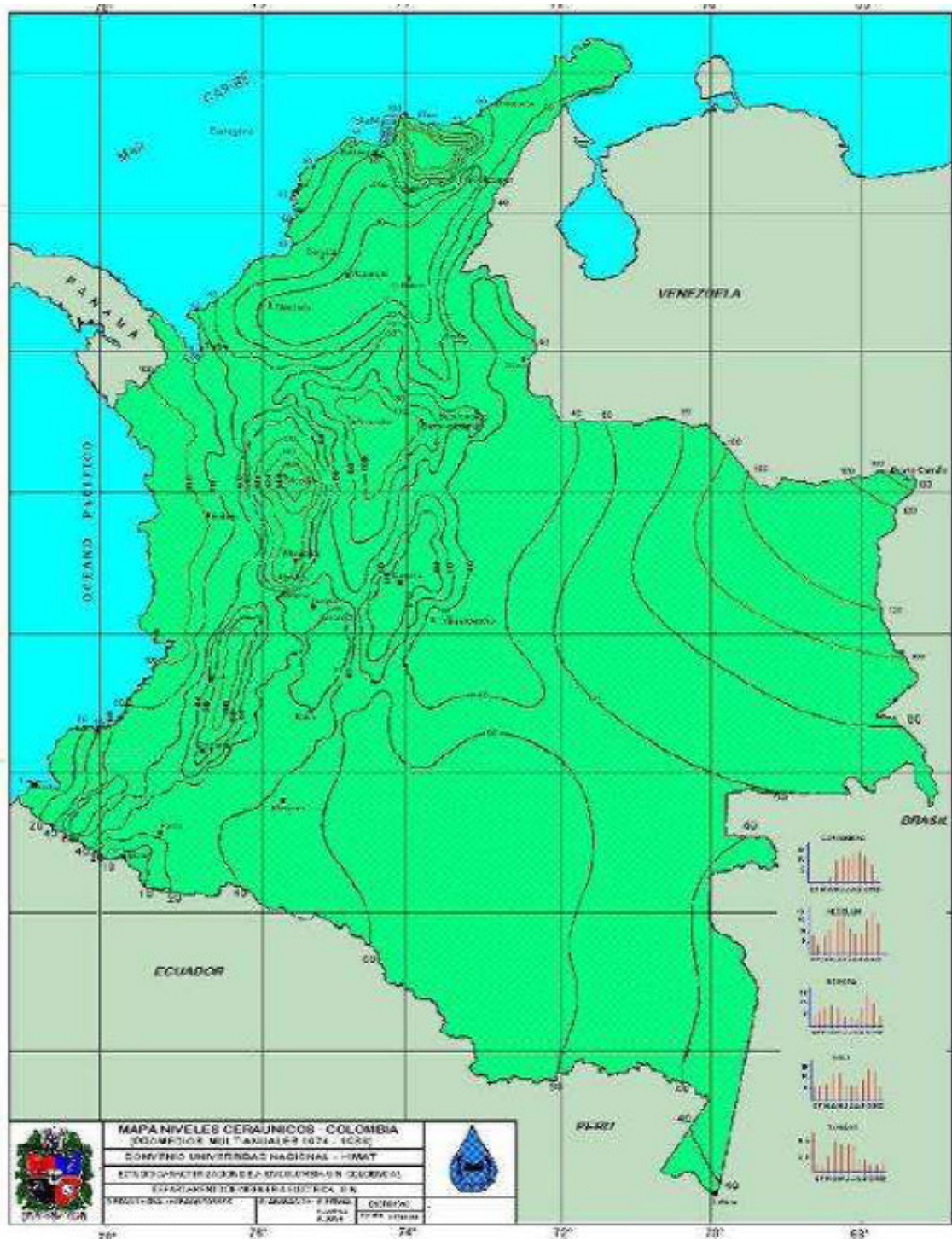
#### **7.6. DENSIDAD DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (DDT).**

La densidad de descargas atmosféricas se define como el número de descargas individuales por kilómetro cuadrado/año. NTC 4552(3.9). La densidad de descargas a tierra es un parámetro complementario al NC, que permite cuantificar la incidencia de rayos en una zona determinada. Se mide en áreas de 300x300 km a nivel global, 30x30 km a nivel regional y 3x3 km a nivel local. En la actualidad existe una ecuación que permite relacionar el NC con el DDT para Colombia y calcular la DDT:

$$DDT = 0,0017 \times NC^{1,56}$$

Teniendo en cuenta el mapa de la figura R4 de niveles isocerámicos de Colombia elaborado en la universidad Nacional para hallar el nivel cerámico de cada ciudad.

Figura R4. Mapa de Nivel Ceraunico en Colombia.



Fuente: universidad Nacional grupo de investigación PASS-UN, disponible en Internet: <http://www.pass.unal.edu.co/investigacion/riskfile2008/mapa.html>

**DENSIDAD DE DESCARGAS A TIERRA DE LAS PRINCIPALES CIUDADES Y POBLACIONES DE COLOMBIA**

Ciudad		Rango de DDT (rayos / km <sup>2</sup> x año) para áreas de 3 km x 3 km
Arauca	Puerto Inirida	1-2
Barranquilla	Riohacha	
Bogota	San Andrés	
Bucaramanga	San José del Guaviare	
Cali	Tumaco	
Cartagena	Tunja	
Cúcuta	Valledupar	
Florencia	Villavicencio	
Ipiales	Armenia	
Leticia	Ibagué	
Mitú	Manizales	
Mocoa	Medellín	
Neiva	Montería	
Pasto	Ocaña	
Popayán	Santa Marta	
Puerto Carreño	Sincelejo	
	Yopal	
Corozal	Magangué	3-5
Pereira	Turbo	6-9
Girardot		
Barrancabermeja		10-14
Quibdó		
Samana		
El Banco		
Bagre		
Remedios		15-20
La Palma		
Nechí		8-14
Zona rural de Quibdó		
Zona rural de la Palma		8-12
Zona Rural de Samaná		10-16
Serranía de San Lucas y Estribaciones		20-40
Magdalena Medio		8-16

## 7.7. ÍNDICE DE RIESGO POR RAYO.

Este indicador se obtiene a partir de la densidad de descargas a tierra DDT y la corriente pico absoluta promedio (labs).

Colombia registra un valor medio de la magnitud de corriente de descargas eléctricas de **labs= 43 kA**, valor estimado mediante mediciones de campo eléctrico a menos de 100 km y aplicando el modelo MTL.

Para medir el indicador de los parámetros se cruzan los valores en la tabla R1.

**Tabla R1. Indicador de Parámetros por Rayos.**

INDICE DE RIESGO POR RAYOS				
Densidad de descargas a tierra (Descargas/Km <sup>2</sup> - año)	CORRIENTE PICO ABSOLUTA PROMEDIO(KA)			
	RDDT / Rlabs	40≤labs	20≤labs<40	labs<20
30≤DDT	1	1,000	0,895	0,790
15≤DDT<30	0.75	0,825	0,720	0,615
5≤DDT<15	0.5	0,650	0,545	0,440
DDT < 5	0.25	0,475	0,370	0,265

SEVERAS	ALTAS	MODERADAS	BAJAS
---------	-------	-----------	-------

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Protección contra rayos. Principios generales. NTC-4552. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2004. p. 12.

### 7.7.1. ÍNDICE DE GRAVEDAD.

Este indicador se relaciona con la estructura objeto de estudio, como el uso, el tipo de estructura (metálica, mixta, no metálica), y la relación entre el área y la altura de la misma.

Sumando los valores de los índices relacionados con la estructura determinamos en las tablas 2, 3 y 4 se obtiene la gravedad que se puede presentar en la estructura.

$$I_g = I_{uso} + I_{tipo} + I_{ha}$$

**Tabla R2. Valores relacionados con el uso de la estructura.**

Clasificación de Estructuras	Uso de la Estructura	Valor del Índice
A	Teatros, centros educativos, iglesias, supermercados, centros comerciales, áreas deportivas al aire libre, parque de diversión, aeropuertos, hospitales, prisiones.	40
B	Edificios de oficinas, hoteles, viviendas, grandes industrias, áreas deportivas cubiertas.	30
C	Pequeñas y medianas industrias, museos, bibliotecas, sitios históricos y arqueológicos.	20
D	Estructuras no habitadas	0

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Protección contra rayos. Principios generales. NTC-4552. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2004. 13 p

**Tabla R3. Valores relacionados con el tipo de estructura.**

Tipo de Estructura	Valor del Índice
No metálica	40
Mixta	20
Metálica	0

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Protección contra rayos. Principios generales. NTC-4552. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2004. p. 13.

**Tabla R4. Valores relacionados con la altura y área de la estructura.**

Altura y área de la estructura	Valor del Índice
Área menor a 900m <sup>2</sup>	
Altura menor a 25 m	5
Altura mayor o igual a 25 m	20
Área mayor o igual a 900m <sup>2</sup>	
Altura menor a 25 m	10
Altura mayor o igual a 25 m	20

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Protección contra rayos. Principios generales. NTC-4552. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2004. p. 13.



De acuerdo con las tablas anteriores se realiza calificación del índice de gravedad relacionado con la estructura. La siguiente tabla resume las calificaciones dadas:

**Tabla R5. Indicador de gravedad.**

Suma de índices de gravedad	Gravedad
0 a 35	Leve
36 a 50	Baja
51 a 65	Moderada
66 a 80	Alta
81 a 100	Severa

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Protección contra rayos. Principios generales. NTC-4552. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2004. p. 12.

Ubicando la suma de los índices de gravedad en la matriz de factor de riesgo los dos valores derivados de la evaluación del índice de riesgo por rayos y la gravedad relacionada con la estructura acorde con la NTC-4552:

**Tabla R6. Matriz de niveles de riesgo.**

MATRIZ DE FACTOR DE RIESGO				
GRAVEDAD \ RIESGO POR RAYO	Severa	Alta	Moderada	Baja
Severo				
Altos				
Moderados				
Bajos				

CALIFICACION
ALTO
MEDIO
BAJO

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Protección contra rayos. Principios generales. NTC-4552. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2004. p.13.

El nivel de riesgo determina que el sistema integral de protección contra rayos de acuerdo con la NTC-4552(14) debe estar conformado por:

**Tabla R7. Clasificación del nivel de riesgo.**

Nivel de Riesgo	Acciones Recomendadas
NIVEL DE RIESGO BAJO	SPI para acometidas aéreas.
	Cableados y PT según NTC-2050 – IEEE 1100
NIVEL DE RIESGO MEDIO	SPI
	Cableados y PT según NTC-2050 – IEEE 1100
	SPE
NIVEL DE RIESGO ALTO	SPI
	Cableados y PT según NTC-2050 – IEEE 1100
	SPE
	Plan de prevención y contingencia

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Protección contra rayos. Principios generales. NTC-4552. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2004. p. 14.

## **7.8. SISTEMA INTEGRAL DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS SIPRA.**

El sistema integral de protección contra rayos, es el conjunto de elementos y sistemas que conforman un sistema de apantallamiento o blindaje al edificio contra las descargas atmosféricas.

Se aclara que no existen sistemas de protección 100% eficaces, todos estos análisis son desarrollados por medio de hipótesis y pruebas experimentales.

## **7.9. CLASES DE SIPRA.**

Las características de un SIPRA están determinadas por las características de la estructura a ser protegida y por el nivel de protección contra rayos considerando.

Cuatro clases de SIPRA (I al IV) son definidas por la norma los cuales corresponden a los niveles de protección definidos en la NTC-4552.

En la figura R9 se muestra un diagrama de flujo que describe la secuencia de procedimientos para el desarrollo del SIPRA.

**Tabla R8. Relación entre las clases de SIPRA y los niveles de protección contra rayos.**

<b>Nivel de Protección Contra Rayos</b>	<b>Clase del SIPRA</b>
I	I
II	II
III	III
IV	IV

#### **7.10. SISTEMA INTEGRAL DE PROTECCIÓN.**

En un sistema de protección integral se distinguen básicamente dos partes: Protección externa de los edificios e instalaciones contra descargas directas de rayo, incluyendo la instalación de puesta a tierra, necesaria para dispersar la corriente del rayo, y protección interna de las redes técnicas de energía y de datos que acceden a los equipos y cuyo principal objetivo es reducir los efectos eléctricos y magnéticos de las corrientes de rayo dentro del espacio a proteger.

Datos que dependen de la clase de SIPRA.

- Parámetros del rayo.
- Radio de la esfera rodante, tamaño de la malla y ángulo de protección.
- Distancias típicas entre bajantes y entre anillos conductores.
- Distancia de separación contra chispas peligrosas.
- Longitud mínima de los electrodos.

### **7.11. SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNO.**

La protección externa contra rayos es el conjunto de elementos situados en o sobre el objeto a proteger y que sirven para captar y derivar la corriente del rayo de la instalación de tierra. Dicha protección consta principalmente de una instalación captadora, derivador y su conexión con la toma de tierra de protección.

### **7.12. TIPOS DE PROTECCIÓN EXTERNA.**

Existen dos sistemas de protección externa, uno aislado eléctricamente de la estructura y otro unido directamente a la estructura. La decisión de qué tipo de sistema a utilizar depende del riesgo de efectos térmicos o explosivos en el punto de impacto del rayo y del tipo de elementos almacenados en la estructura.

### **7.13. COMPONENTES.**

El sistema de protección externo está compuesto por cuatro elementos principales:

- Sistema de captación, encargado de realizar la interceptación del impacto del rayo.
- El anillo equipotencial, encargado de distribuir la corriente de las puntas captadoras a los bajantes.
- Sistema de conductores bajantes, encargado de conducir de manera adecuada y segura la corriente del rayo al sistema de puesta a tierra.
- Sistema de puesta a tierra, encargado de dispersar adecuadamente en el terreno la corriente del rayo.

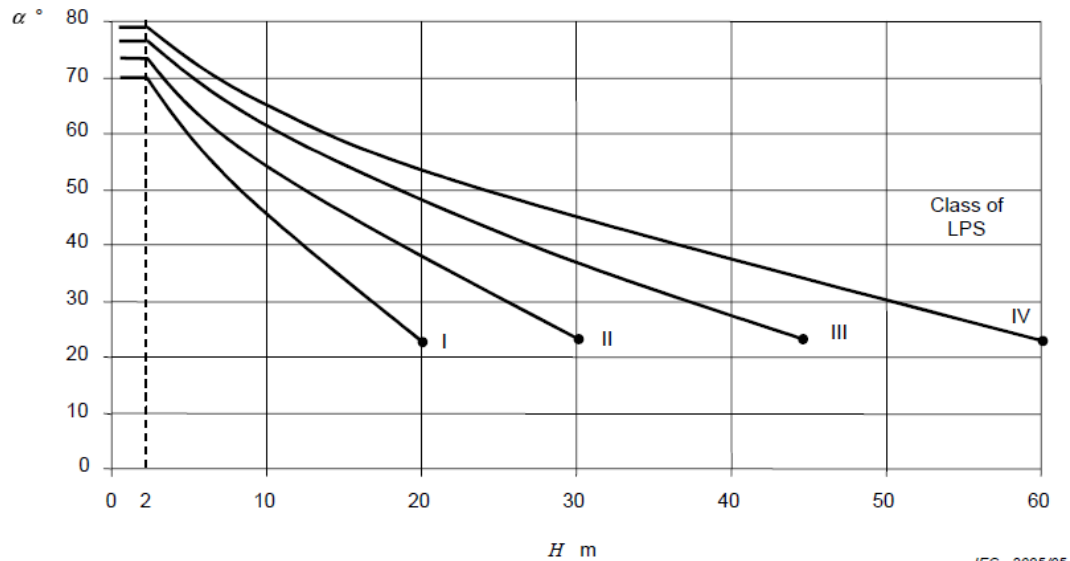
#### 7.14. MÉTODO DE LA ESFERA RODANTE.

Con base al concepto de la distancia de cebado se aplica el método de la esfera rodante haciendo rodar una esfera de radio correspondiente a la distancia de cebado que se pretende controlar. Este método se fundamenta en el concepto de distancia de atracción de la descarga por una estructura según la cual el rayo saltara al primer conductor dentro de la distancia de cebado.

Dependiendo del nivel de protección de acuerdo con la NTC-4552 el radio de la esfera rodante se puede escoger a partir de la siguiente tabla.

**Tabla R9. Valores máximos del radio de la esfera rodante según el nivel de protección.**

Class of LPS	Protection method		
	Rolling sphere radius $r$ m	Mesh size $W$ m	Protection angle $\alpha^\circ$
I	20	5 × 5	See figure below
II	30	10 × 10	
III	45	15 × 15	
IV	60	20 × 20	



NOTE 1 Not applicable beyond the values marked with •.  
Only rolling sphere and mesh methods apply in these cases.

NOTE 2  $H$  is the height of air-termination above the reference plane of the area to be protected.

NOTE 3 The angle will not change for values of  $H$  below 2 m.

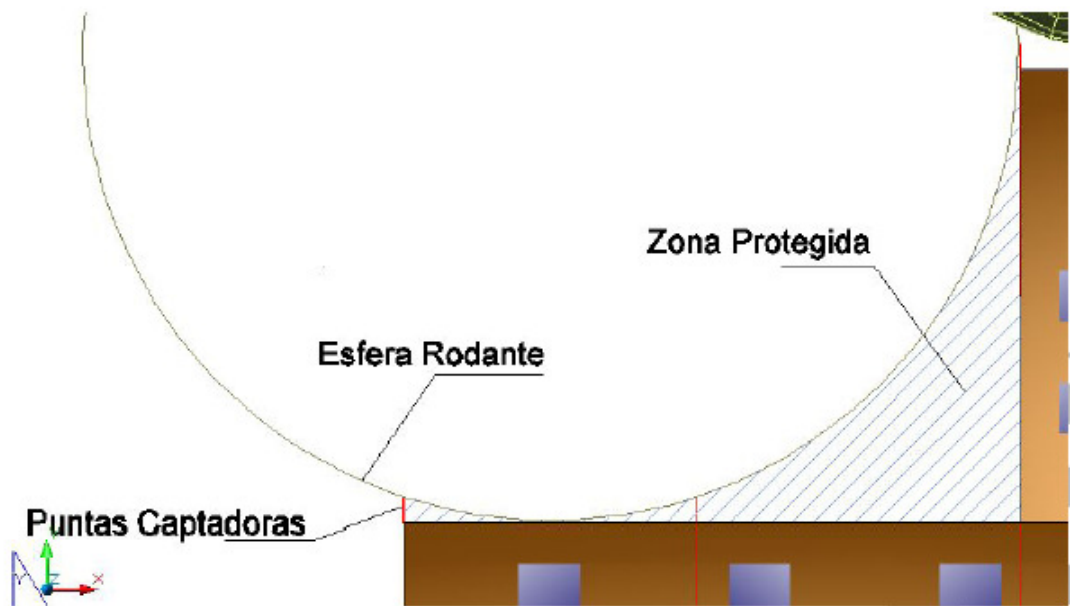
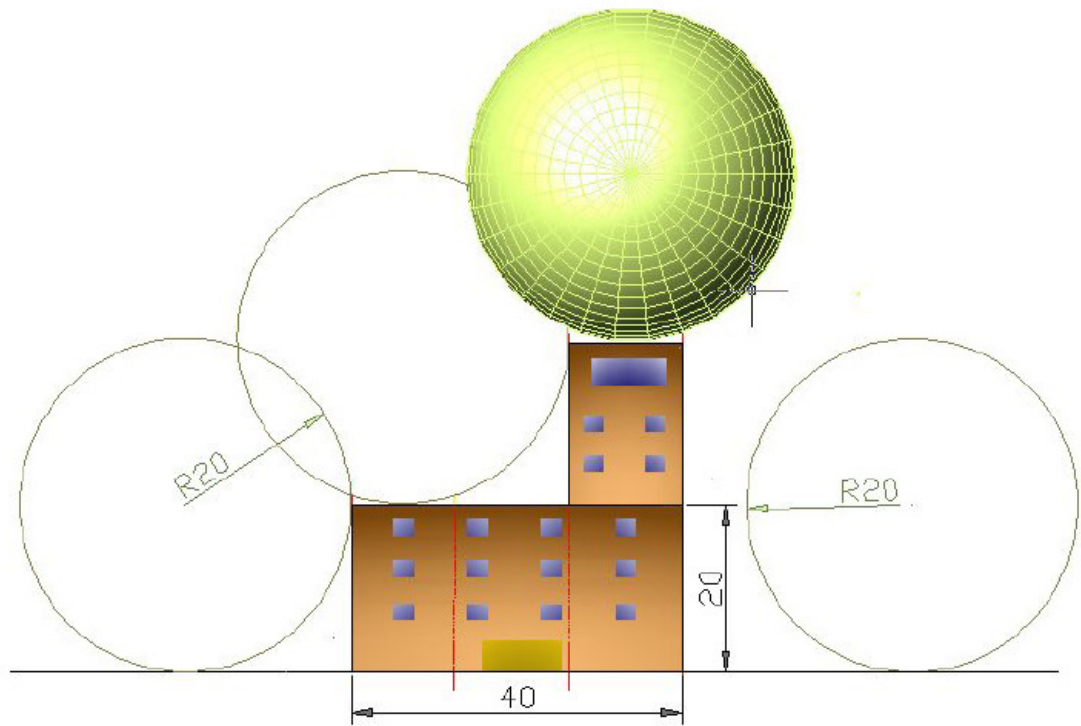
Fuente: IEC-62305-3 pag 33.

Estos niveles y corrientes están dados para que con el radio escogido cualquier corriente igual o superior a la escogida se interceptada por el sistema de protección externo y no impacte directamente en la estructura.

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

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

**Figura R5. Método de la esfera rodante.**

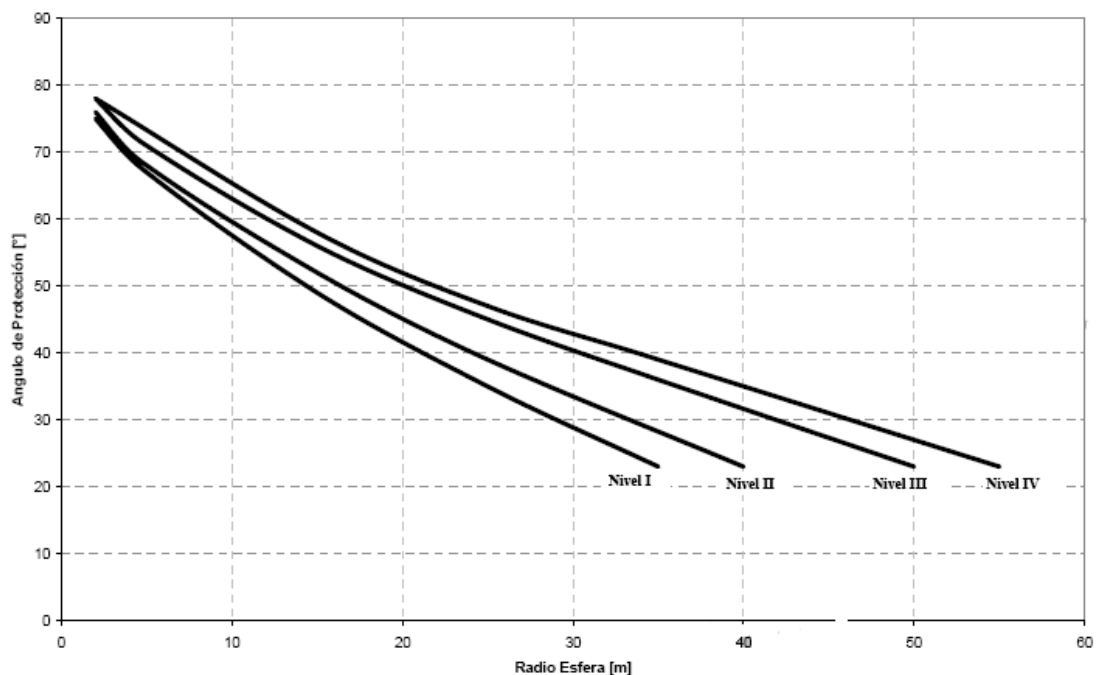


## 7.15. MÉTODO DEL ÁNGULO DE PROTECCIÓN.

El método del ángulo de protección es una simplificación del método de la esfera rodante, en donde para una altura relativa dada existe un ángulo de protección de la punta captadora o cable de aéreo de protección en el cual puede determinarse mediante la figura R6.

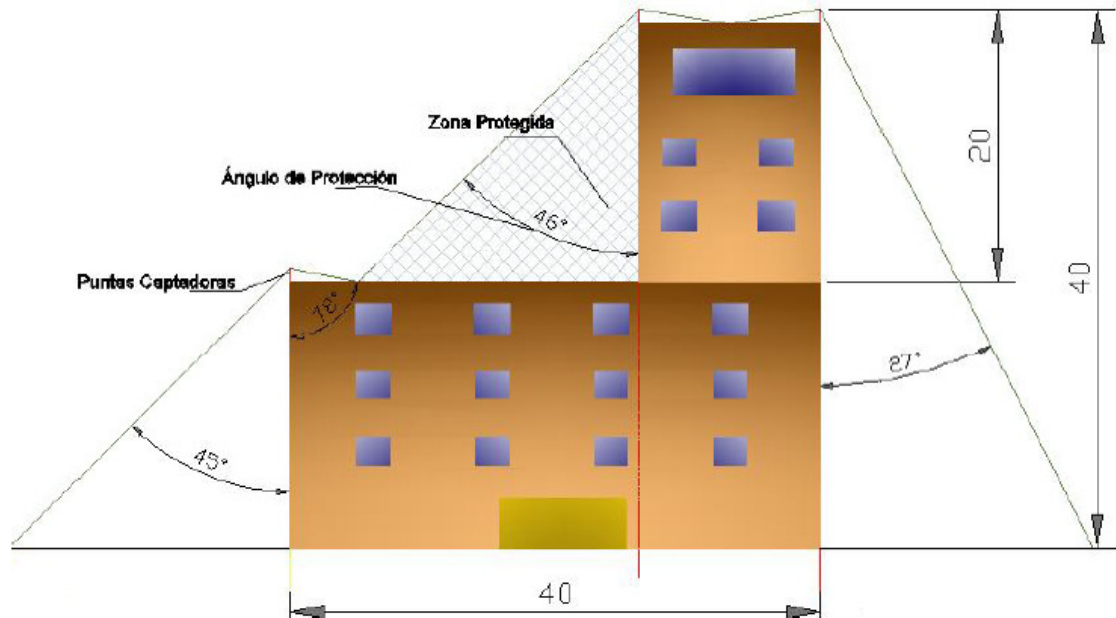
Se considera que la ubicación del sistema de captación es adecuado si la estructura completa a ser protegida esta dentro del volumen de protección.

**Figura R6. Ángulo de protección dependiendo de la altura relativa y el nivel de protección.**



Fuente: IEC-62305 pag 33.





### 7.16. MÉTODO DEL ENMALLADO.

Este método es utilizado principalmente cuando es necesario proteger superficies planas, en donde una malla conductora puede ser considerada para obtener la protección contra impactos directos de toda la estructura. Para este caso los conductores externos son colocados sobre bordes de techos, terrazas y voladizos.

La red enmallada debe ser diseñada de tal manera que la corriente de rayo siempre encuentre al menos 2 vías de evacuación de la corriente.

Los valores de enmallado dependiendo del nivel de protección están dados por la tabla R9.

### 7.17. TERMINALES DE CAPTACIÓN.

Tienen la función de interceptar los rayos que pueden impactar directamente sobre la instalación a proteger. Para el diseño de las instalaciones de interceptación de rayos se recomienda utilizar los principios del método electrogeométrico.

En la tabla R10 se presentan las características que deben cumplir los terminales de captación contruidos especialmente para este fin.

**Tabla R10. Características para los terminales de captación.**

Tipo y material del terminal		Diámetro mínimo (mm)	Espesor mínimo (mm)	Calibre mínimo (AWG)	Ancho (mm)
VARILLA	Cobre	9,6	no aplica	no aplica	no aplica
	Bronce	8	no aplica	no aplica	no aplica
	Acero	8	no aplica	no aplica	no aplica
CABLE	Cobre	7,2	no aplica	2	no aplica
	Acero	8	no aplica	no aplica	no aplica
TUBO	Cobre	15,9	4	no aplica	no aplica
	Bronce	15,9	4	no aplica	no aplica
LAMINAS	Cobre	no aplica	4	no aplica	12,7
	Acero	no aplica	4	no aplica	12,7
	Hierro	no aplica	5	no aplica	12,7

Fuente: NTC-4552 pag: 14.

### 7.18. SISTEMAS DE CONDUCTORES BAJANTES.

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

- Existencia de varios caminos paralelos para la corriente.
- La longitud de los caminos de corriente se al a mínima.
- La equipotencializacion a partes conductoras de la estructura este unida sólidamente a tierra ya que esta se considera como un terminal de captación.

Es considerada como una buena práctica de construcción realizar conexiones laterales cada 10m o 20m de altura de acuerdo con la tabla R11.

Se deben instalar tantas bajantes como sea posible igualmente espaciadas alrededor del perímetro interconectado por el anillo conductor, lo cual reduce la probabilidad de chispas peligrosas y facilita la protección interna. Esta condición es cumplida en estructuras con marcos metálicos y estructuras de concreto reforzado en el cual el acero interconectado es eléctricamente continuo. En la tabla R11 están la distancia típica de separación de los anillos horizontales respecto a la vertical y entre las bajantes conductores.

**Tabla R11. Distancia de separación promedio para las bajantes de acuerdo con el nivel de protección.**

Class of LPS	Typical distances m
I	10
II	10
III	15
IV	20

Fuente: IEC-62305 pag: 39

### 7.19. UBICACIÓN PARA SISTEMAS NO AISLADOS.

- Si el sistema de captación consiste en varillas montadas en postes o mástiles no metálicos o de material sin refuerzo en acero interconectado, es necesaria al menos una bajante por cada poste. Si los postes son metálicos o con material con acero interconectado no es necesario el uso de bajantes.
- Si el sistema de captación consiste en cables colgantes, es necesario al menos una bajante en cada soporte de los cables.
- Si el sistema de captación consiste en una red de conductores, es necesario al menos una bajante en cada soporte de terminal.

## **7.20. UBICACIÓN PARA SISTEMAS ASILADOS.**

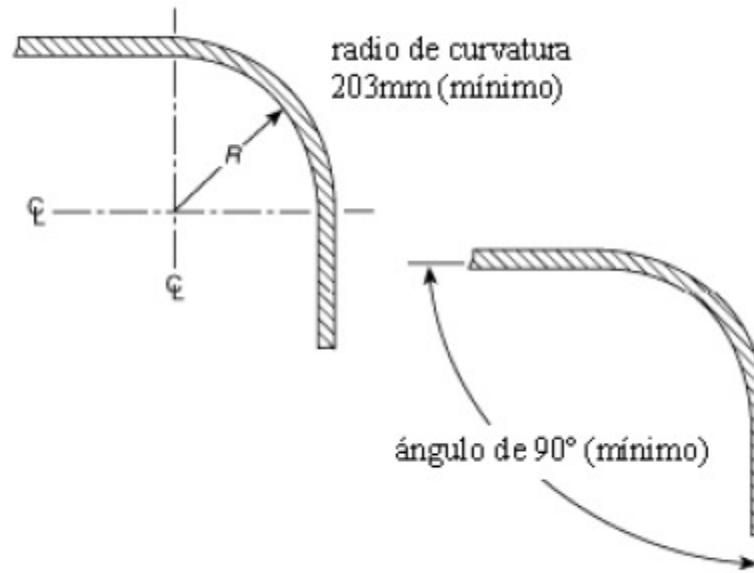
Para cada sistema de protección externo el número de bajantes no debe ser inferior a 2 y debe estar distribuido por el perímetro de la estructura a proteger, sujeto a restricciones prácticas y arquitectónicas.

Las bajantes deben distribuirse simétricamente alrededor de la estructura a proteger, ubicadas en la parte exterior de esta y distancias entre si de acuerdo a la tabla R11 con el fin de reducir la probabilidad de daño debido a corrientes de rayo fluyendo por el sistema de protección externo. Su separación puede variar dependiendo de objetos que puedan inferir con su recorrido, como ventanas, puertas, rejillas etc. Pero es recomendable una separación igual entre las bajantes. Además cada estructura debe poseer por lo menos dos bajantes y se debe instalar una en cada esquina de la estructura expuesta siempre que sea posible.

## **7.21. CONSTRUCCIÓN.**

La longitud de las bajantes deben ser lo menos posible, evitando la formación de lazos o curvaturas en su trayectoria y en el caso que estas últimas sean inevitables, su ángulo interior no debe ser menor a  $90^{\circ}$  y su radio de curvatura no menor a 200mm.

**Figura R7. Curvatura de conductores.**



Fuente: NFPA-780

No es recomendable ubicar bajantes en áreas donde se congreguen o transiten personas frecuentemente como en el caso de escaleras y vías operacionales, ni se permite ubicar las bajantes en los ductos de ascensores o conductos internos a la edificación.

Es recomendable que exista una bajante en cada esquina expuesta de la estructura.

Las bajantes deben ser instaladas de tal manera que garantice continuidad eléctrica entre los conductores del sistema de captación.

Las bajantes no deben ser instaladas dentro de canaletas para aguas aun si estas están cubiertas con material aislante.

## **7.22. REQUERIMIENTOS DE LOS BAJANTES.**

Cada una de las bajantes debe terminar en un electrodo de puesta a tierra separadas como mínimo 10m y buscando siempre que se localicen en lugares de

no acceso a personas o fuera de la edificación, en la tabla siguiente describe la relación de calibres y números de bajantes de acuerdo a la altura del edificio.

**Tabla R12. Requerimientos de los bajantes.**

Altura de la estructura	Número mínimo de bajantes	Calibre mínimo del conductor de acuerdo con el material de este	
		Cobre	Aluminio
Menor que 25 m	2	2 AWG	1/0 AWG
Mayor que 25 m	4	1/0 AWG	2/0 AWG

Fuente: NTC-4552 pag: 15.

### 7.23. SISTEMA DE PROTECCIÓN INTERNA - SPI.

Bajo el concepto de protección interna se considera una serie de medidas encaminadas a reducir y evitar los efectos que producen las sobretensiones originadas por la descarga del rayo y los campos los electromagnéticos asociados, así como las sobretensiones transmitidas por las líneas entrantes al edificio, ocasionadas por las descargas en dichas líneas, procesos de conmutación en la red de alta tensión, maniobras red-grupo-re, arranque de motores, asociación de condensadores para la regulación del factor de potencia, y elevación del potencial de la toma de la tierra debido a descargas en las proximidades de la instalación (por ejemplo, en la línea de alta tensión cercana al edificio).

Su objetivo es la protección de los equipos eléctricos y electrónicos, estos últimos de gran vulnerabilidad, dadas las pequeñas tensiones de aislamiento que soportan y su extremada sensibilidad a las perturbaciones y reseñadas anteriormente.

Para evitar chispas, arcos eléctricos y cortocircuitos que puedan ser originados por sobretensiones transitorias ya sea por el impacto directo del rayo en la edificación, o en sus acometidas de servicio (tales como electricidad, televisión, teléfono, gas y ductos metálicos) al igual que por tensiones inducidas por impactos directos o lejanos, que puedan generar incendios, explosiones o sobretensiones que pongan en riesgo las vidas humanas; se debe equipotencializar las acometidas de servicio, pantallas de cables, y otras partes metálicas normalmente no energizadas.

Los lineamientos expuestos están de acuerdo al concepto de coordinación de aislamientos; por lo tanto, los equipos para los cuales se especifican los métodos de mitigación deben tener definidos una categoría de tensión; es decir un nivel básico al impulso (BIL) de acuerdo con su ubicación en las instalaciones. La categoría de sobretensión se presenta en la tabla R13.

**Tabla R13. Tensión al impulso que deben soportar los equipos.**

Nivel de tensión de operación de los equipos V	BIL requerido en (kV)			
	Contadores	Tableros, interruptores, cables, etc.	Electrodomésticos, herramientas portátiles	Equipo electrónico
	IV	III	II	I
120 – 240 ; 120 / 208	4	2,5	1,5	0,8
254 / 440 ; 277 / 480	6	4	2,5	1,5

Fuente: NTC-4552 Pag: 19.

Las técnicas para el control de sobretensiones transitorias son:

- Absorción: Es la conversión irreversible de energía de una onda electromagnética, en otra forma de energía (normalmente calor) como resultado de la interacción con el material que absorbe. El material es la causa de la conversión.
- Aislamiento: Es la separación de dos superficies conductoras por medio de un dieléctrico (incluye el aire), ofreciendo una alta resistencia al paso de la corriente.
- Apantallamiento: Es la instalación de elementos metálicos que se insertan alrededor de los dispositivos que se desean proteger contra los efectos de un campo. El apantallamiento actúa absorbiendo o reflejando parte de la energía contenida en un campo.
- Conexiones del sistema de puesta a tierra: Es la aplicación de conceptos estandarizados para el diseño e instalación de las puestas a tierra y de la red equipotencial.
- Equipotencializar: Es la acción de interconectar partes conductoras y/o conductores activos con el sistema de puesta a tierra por medio de conductores eléctricos y/o dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias para llevarlas a la mínima diferencia de potencial ya así proteger la instalación.
- Filtrar: Es la modificación de las componentes de frecuencia de una señal mediante un dispositivo que se coloca entre las terminales de un circuito eléctrico.
- Minimizar lazos inductivos: Es la aplicación de los conceptos de cableados (de potencia y de telecomunicaciones) de manera que se reduzca la inductancia de los circuitos de modo diferencial y de modo común.

## 7.24. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN DE SOBREVOLTAJE –DPS.

La selección e instalación de DPS depende en gran medida de la combinación de las técnicas que se apliquen en cada instalación. Considerando el amplio uso de los DPS, a continuación se presentan algunos aspectos que se deben tener en cuenta para su selección e instalación.

- Cuando se requieren los DPS, se deberán instalar en el origen de la red interna.
- Los DPS se deben conectar entre los conductores activos y la puesta a tierra o el conductor de puesta a tierra de los equipos.
- El nivel de protección de los DPS debe ser menor que el nivel básico de aislamiento BIL dado para la categoría II de la tabla Z12.
- La máxima tensión de operación continua – MCOV del DPS debe ser mayor o igual al 1,1 veces la máxima tensión nominal línea neutro.
- En caso de falla del DPS su capacidad de cortocircuito junto con los mecanismos internos y externos asociados, deben ser igual o mayor que la máxima corriente de corto circuito esperada en el punto de instalación teniendo en cuenta los aparatos de protección de sobrecorriente especificados por los fabricantes del DPS.
- Para las instalaciones con riesgo bajo y que requieran DPS, la corriente nominal de descarga deberá ser mayor que 5kA por fase en onda 8/20  $\mu$ S. Para riesgo medio o alto la corriente nominal de descarga deberá cumplir con la tabla R14:

**Tabla R14. Corriente nominal de descarga por fase de los DPS.**

Indicador de parámetros del rayo (véase Tabla 1)	Onda de prueba	
	DPS con onda de prueba 10/350 $\mu$ s	DPS con onda de prueba 8/20 $\mu$ s
Bajo	2 kA	20 kA
Medio	5 kA	50 kA
Alto	10 kA	100 kA
Severo	*	*

\* Por acuerdo entre cliente y proveedor

NOTA Los valores de la tabla son aplicables por cada conductor activo en el punto de conexión de la acometida (véase la NTC 2050)

NOTA Véase IEEE C 62.41-2



Fuente: NTC-2050 Pag: 22.

### **7.25. PUESTA A TIERRA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE RAYOS.**

El sistema de puesta a tierra es usado para dispersar la corriente del rayo que viene por las bajantes reduciendo al mismo tiempo el peligro de tener tensiones de paso y de contacto peligrosas. La forma de la puesta a tierra y sus dimensiones son un criterio importante en su diseño. En términos generales para el sistema de protección externo se debe buscar un bajo de resistencia de puesta a tierra (si es posible valores menores a  $10\Omega$  a baja frecuencia).

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

### **7.26. ARREGLOS DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA.**

Para los sistemas de puesta a tierra, aplican dos tipos básicos de configuración.

**Configuración tipo A.** Este tipo de configuración incluye electrodos verticales u horizontales instalados fuera de la estructura a ser protegida conectadas a cada bajante.

En la configuración tipo A, el número total de electrodos no debe ser inferior a 2.

La longitud mínima de cada electrodo de tierra en la base de cada bajante es de acuerdo con la figura R8.

- $0.5 \cdot L1$  Para electrodos verticales o inclinados.
- $L1$  para electrodos horizontales. (anillo de tierra).

Donde  $L1$  es la longitud mínima para electrodos horizontales de acuerdo a la figura R8.

Para la combinación de electrodos (horizontales y verticales), la longitud total deberá ser considerada.

Las longitudes mínimas mostradas en la figura R8 pueden ser omitidas si se logra obtener una resistencia de puesta a tierra menor a 10 Ohm. (medido a una frecuencia diferente a la de frecuencia industrial y sus múltiplos con el fin de evitar interferencias).

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

Para un anillo de tierra (o un electrodo de tierra del cimiento), el radio medio  $r_e$  del área encerrada por el anillo de tierra no deberá ser inferior a l valor de  $L1$ .

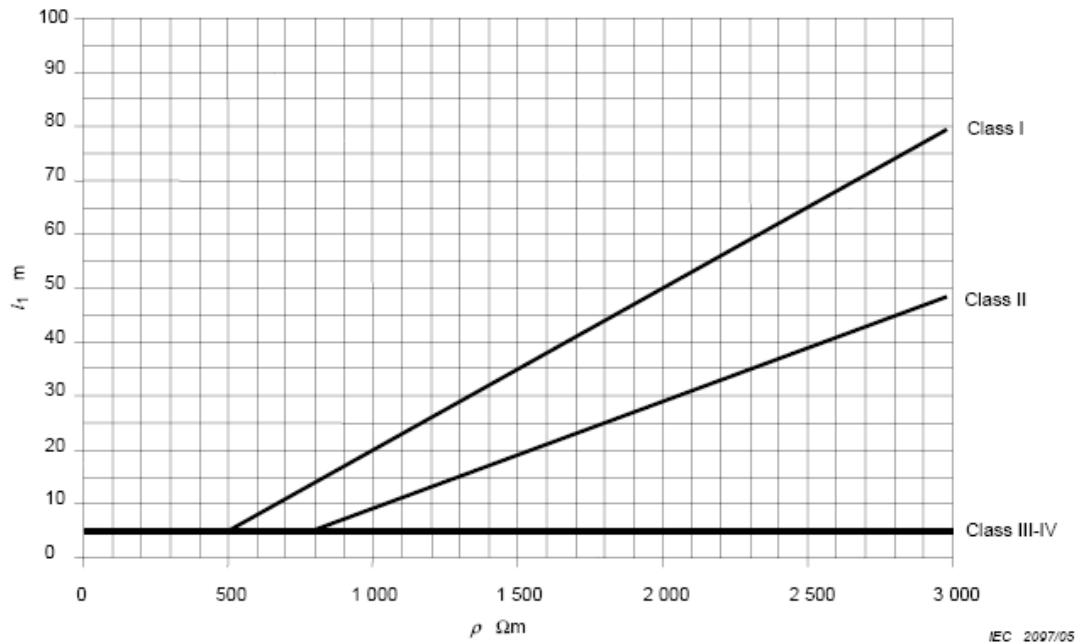
$$r_e \geq L1$$

Cuando el valor de  $r_e$  es menor que el valor requerido  $L1$ , es necesario adicionar electrodos horizontales o verticales con longitudes  $l_r$  (horizontal) y  $l_v$  (vertical) dadas para las siguientes ecuaciones:

$$l_r = L1 - r_e$$
$$l_v = \frac{L1 - r_e}{2}$$

Es recomendable que el número de electrodos adicionales no sea menor al número de bajantes, con un mínimo de 2.

**Figura R8. Longitud mínima L1 de cada electrodo de acuerdo a la clase del nivel de protección.**



NOTE Classes III and IV are independent of soil resistivity.

Fuente: IEC 62305 pag: 43

## 7.27. INSTALACIÓN DE ELECTRODOS.

El anillo de tierra (configuración tipo B) debe estar enterrado preferiblemente a una profundidad de 0.5 mt y estar a una distancia de aproximadamente 1 mt de las paredes externas.

Los electrodos de tierra (configuración tipo A) deberán ser instalados a una profundidad de al menos 0.5 mt en su parte superior y distribuidos uniformemente para poder minimizar efectos de acople eléctrico en la tierra.

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

La instalación de los electrodos de tierra debe hacerse de manera tal que se minimicen los efectos de corrosión, sequedad y congelamiento del suelo no deberá ser tenida en cuenta como efectiva en condiciones de congelamiento.

Para estructuras con grandes sistemas electrónicos o con alto riesgo de incendio, es preferible el uso de la configuración tipo B.

## 7.28. MATERIALES, DIMENSIONES Y CONEXIONES.

Las componentes del SIPRA deben soportar los efectos electromagnéticos producidos por las corrientes del rayo y esfuerzos accidentales predecibles sin ser dañados.

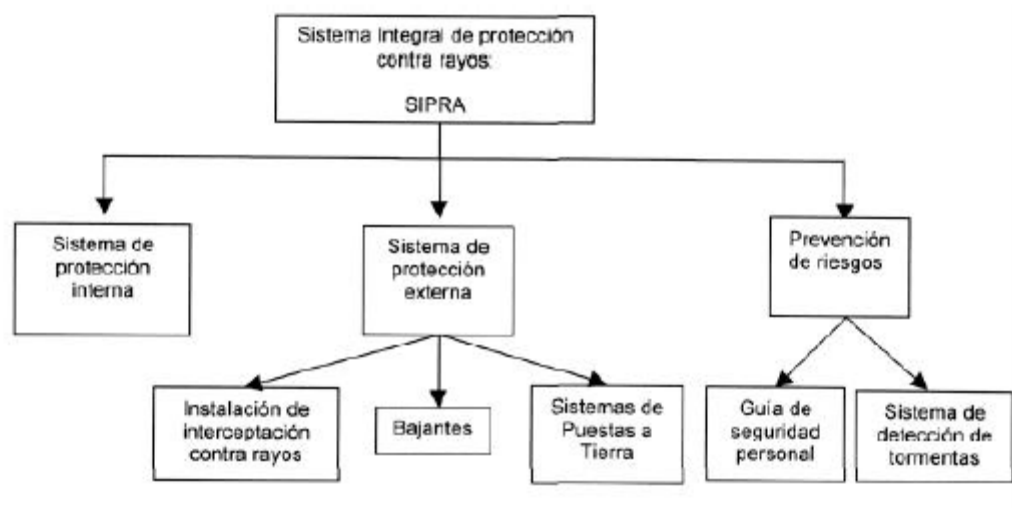
Los materiales de los componentes del SIPRA deben ser hechos a partir de los materiales mostrados en la tabla R15 o de otros materiales con características mecánicas, eléctricas y químicas equivalentes.

**Tabla R15. Características de los materiales.**

Tipo de Electrodo	Materiales	Dimensiones mínimas			
		Diámetro mm	Área mm <sup>2</sup>	Espesor mm	Recubrimiento μm
Varilla	Cobre	12,7			
	Acero inoxidable	10			
	Acero galvanizado en caliente	16			70
	Acero con recubrimiento electrodepositado de cobre	14			250
Tubo	Cobre	20		2	
	Acero inoxidable	25		2	
	Acero galvanizado en caliente	25		2	55
Fleje	Cobre		50	2	
	Acero inoxidable		90	3	
	Cobre cincado		50	2	40
Cable	Cobre	1,8 para cada hilo	25		
	Cobre estañado	1,8 para cada hilo	25		
Placa	Cobre		20 000	1,5	
	Acero inoxidable		20 000	6	

Fuente: NTC-452 pag: 18.

Figura R9. Diagrama de flujo para el procedimiento de montaje del SIPRA.

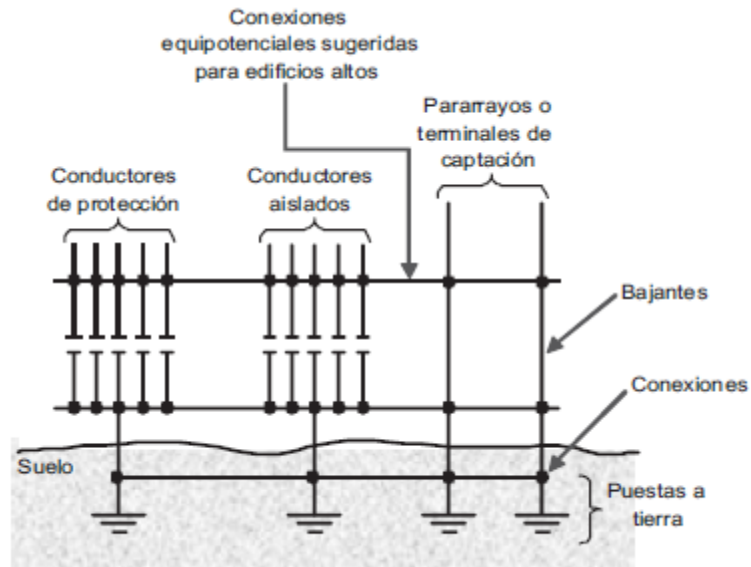


COMPONENTE	FUNCIÓN QUE CUMPLE
1. Sistema de protección interno	Limitar las sobretensiones transitorias al interior de la instalación.
1.1 Equipotencialización con DPS o conductores	Limitar sobretensiones.
1.2 Apantallamientos localizados	Reducir efectos internos del campo magnético en equipos electrónicos.
1.3 Topología de cableados	Contribuir a la compatibilidad electromagnética
1.4 Instalación de filtros	Controlar las perturbaciones conducidas
2. Sistema de protección externo	Canalizar el rayo hasta el suelo en forma segura
2.1 Terminales de captación	Interceptar el rayo
2.2 Bajantes	Conducir el rayo, reducir el di/dt, atenuar efectos internos de campo magnético
2.3 Puestas a tierra de protección contra rayos	Dispersar y disipar la corriente del rayo.
3. Prevención de riesgos	
3.1 Guía de seguridad personal	Lograr comportamientos seguros de las personas
3.2 Sensor de tormentas: fijo o portátil	Suspender actividades de alto riesgo

## 7.29. PUESTAS A TIERRA INTERCONECTADAS.

Para garantizar un buen funcionamiento del sistema de puesta a tierra y evitar diferencias de potenciales peligrosos en el sistema, se debe interconectar las puestas a tierra de cada sistema, realizando así una equipotencialización total de los sistemas de puesta a tierra. En la figura R10 se muestra como se debe realizar la interconexión.

**Figura R10. Conexiones equipotenciales de un sistema a tierra.**



Fuente: RETIE sistemas de puesta a tierra. pág. 95.

### 7.30. MEMORIAS PARA EL ANALISIS DE RIESGO CONTRA RAYOS.

Para el proyecto en mención se utilizara la herramienta de cálculo ANALISIS DE RIESGO de la Universidad Nacional para el desarrollo completo, basándose en la norma técnica Colombiana NTC-4552-2 (análisis de riesgo por rayos) donde se tienen en cuenta:

Riesgo de lesiones a los seres vivos, daños a la estructura, daño a los servicios públicos, daños de pérdidas de valor cultural y riesgo de pérdidas económicas.

Esta herramienta se encuentra libre en la Web y es apto para todo público. La dirección electrónica es:

<http://www.paas.unal.edu.co/investigacion/RiskFile2008/Index.html>

Para el modelo arquitectónico del edificio se realizo el análisis de riesgos sin SIPRA, los resultados obtenidos son los siguientes:

Nueva pestaña x Evaluación de Riesgo x

www.paas.unal.edu.co/investigacion/RiskFile2008/calculos\_Estructuras.php

Resultados de la Evaluación de Riesgo

**Número de Eventos Peligros:**

- Impacto en la estructura Nd: 0.0510 Rayos/año
- Impactos cercanos a la estructura Nm: 0.4230 Rayos/año
- Impactos en las acometidas NL: -0.0001 Rayos/año
- Impactos cercanos a la acometida de servicio Ni: 0.0000 Rayos/año
- Impactos en las estructuras que comparten acometidas de servicios Nda: 0.0019 Rayos/año

**Componente de Riesgo para R1**

Tipo de daño	Fuente de daño				Riesgo por tipo de daño (D)
	Impacto en la estructura	Impacto cerca de la estructura	Impacto en la acometida de servicio	Impacto cerca de la acometida de servicio	
Lesiones a seres vivos	Ra = 0.000	-	Ru = 0.000	-	Rs = 0.000
Daño físico	Rb = 2.548	-	Rv = 0.002	-	Rf = 2.550
Falla de los sistemas internos	Rc = 0.000	Rm = 0.000	Rw = 0.000	Rz = 0.000	Ro = 0.000
Riesgo por fuente de daño (S)	Rd = 2.548	Ri = 0.002			R1 = 2.550

**Componente de Riesgo para R2**

Tipo de daño	Fuente de daño				Riesgo por tipo de daño (D)
	Impacto en la estructura	Impacto cerca de la estructura	Impacto en la acometida de servicio	Impacto cerca de la acometida de servicio	
Daño físico	Rb = 0.003	-	Rv = 0.000	-	Rf = 0.003
Falla de los sistemas internos	Rc = 0.001	Rm = 0.000	Rw = 0.000	Rz = 0.000	Ro = 0.001
Riesgo por fuente de daño (S)	Rd = 0.004	Ri = 0.000			R1 = 0.004

Los valores de Riesgo obtenidos comparados con los riesgos tolerables son:

Riesgo Obtenido	Riesgo Tolerable	Acción recomendada
R1 = 2.550	Rt1 = 1.000	-
R2 = 0.004	Rt2 = 100.000	-
R3 = 0.000	Rt3 = 100.000	-

Como se puede observar R1 es mayor que el riesgo tolerable.  
R1 = Riesgo de daño a seres vivos.

Analizando los resultados, se necesita aplicar un SIPRA.

Ingresando nuevamente los datos con un nivel de SIPRA II se obtienen los siguientes resultados favorables:

Nueva pestaña x Evaluación de Riesgo x DDT para ciudades de Colombia x

www.paas.unal.edu.co/investigacion/RiskFile2008/calculos\_Estructuras.php

Search Ask f a YouTube CAN

Inicio  
EVALUACIÓN DE RIESGO  
DDT PARA COLOMBIA  
DEFINICIONES

### Resultados de la Evaluación de Riesgo

**Número de Evento Peligroso**

- Impacto en la estructura Nd: 0.0510 Rayos/año
- Impactos cercanos a la estructura Nm: 0.4230 Rayos/año
- Impactos en las acometidas NL: -0.0001 Rayos/año
- Impactos cercanos a la acometida de servicio Ni: 0.0000 Rayos/año
- Impactos en las estructuras que comparten acometidas de servicios Nda: 0.0019 Rayos/año

**Componente de Riesgo para R1**

Tipo de daño	Fuente de daño				Riesgo por tipo de daño (D)
	Impacto en la estructura	Impacto cerca de la estructura	Impacto en la acometida de servicio	Impacto cerca de la acometida de servicio	
Lesiones a seres vivos	Ra = 0.000	-	Ru = 0.000	-	Rs = 0.000
Daño físico	Rb = 0.127	-	Rv = 0.002	-	Rf = 0.129
Falla de los sistemas internos	Rc = 0.000	Rm = 0.000	Rw = 0.000	Rz = 0.000	Ro = 0.000
Riesgo por fuente de daño (S)	Rd = 0.127	Ri = 0.002			R1 = 0.129

**Componente de Riesgo para R2**

Tipo de daño	Fuente de daño				Riesgo por tipo de daño (D)
	Impacto en la estructura	Impacto cerca de la estructura	Impacto en la acometida de servicio	Impacto cerca de la acometida de servicio	
Daño físico	Rb = 0.000	-	Rv = 0.000	-	Rf = 0.000
Falla de los sistemas internos	Rc = 0.001	Rm = 0.000	Rw = 0.000	Rz = 0.000	Ro = 0.001
Riesgo por fuente de daño (S)	Rd = 0.001	Ri = 0.000			R1 = 0.001

Los valores de Riesgo obtenidos comparados con los riesgos tolerables son:

Riesgo Obtenido	Riesgo Tolerable	Acción recomendada
R1 = 0.129	Rt1 = 1.000	-
R2 = 0.001	Rt2 = 100.000	-
R3 = 0.000	Rt3 = 100.000	-

Como resultado el edificio necesita un nivel de protección de rayos SIPA II.

Los materiales a utilizar en el SIPRA serán de una compañía muy reconocida a nivel mundial los cuales son homologados por RETIE para el uso de ellos en Colombia, Anexo se encuentra catalogo DEHN.



## **CAPITULO 8:**

# **ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO MONTERREGIO 97.**

## 8.1. ESPECIFICACIONES ELECTRICAS DE LOS APARTAMENTOS DEL EDIFICIO MONTERREGIO 97.

### APARTAMENTOS A-F.

#### PUNTOS DE LUCES:

El apartamento consta de 15 salidas de luces; estas son accionadas por 11 Switch sencillos y un sw doble.

Los accesorios son:

- Salida de luz: Bala incrustada 4" SYLVANIA rosca E-27.
- Switch sencillo: Luminex Legrand Arquea Trigo.
- Switch doble: Luminex Legrand Arquea Trigo.
- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado 1/2"
- Cajas PVC: Codelca 2x4 y octogonal.
- Conductores: Alambre Centelsa Cal: 12 AWG THHN.
- Protección: Breakers monofásico 15 amperios Luminex Legrand.

#### SALIDA DE ACONDICIONADORES DE AIRE:

El apartamento posee 4 puntos eléctricos bifásicos de aires acondicionados (habitación 1, 2, 3 y sala comedor) los cuales son accionados por 3 circuitos breakes bifásicos a tensión nominal de 220 VAC, con capacidad de 30 Amp en conductores calibre 10 AWG. Estos puntos son alambrados desde el tablero de circuitos, hasta el punto del evaporador o manejador; del evaporador hasta la condensadora se entrega la canalización únicamente, por motivos del control de cada fabricante de A/A, generalmente este conductor es dotado con la maquina y depende de las características del equipo.

Accesorios:

- Cajas PVC: Codelca 4x4
- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado 3/4"
- Conductores: Alambre Centelsa cal: 10 AWG THHN.
- Proteccion: Breakers bifásico 30 Amperios Luminex Legrand.

#### PUNTOS DE TOMAS:

El apartamento tiene un total de 20 puntos de tomas de energía dobles con polo a tierra y 2 tomas de energía con protección diferencial ubicado en la zona de cocina y baños.

Accesorios:

- Salida normal: Toma doble con polo a tierra Luminex Legrand Arquea Trigo.
- Salida GFCI: Toma doble diferencial con polo a tierra Luminex Legrand Arquea Trigo.
- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado 1/2"
- Cajas PVC: Codelca 2x4.
- Conductores: Alambre Centelsa Cal: 12 AWG THHN.
- Protección: Brakers monofásico 15 amperios Luminex Legrand.

### **PUNTO TIMBRE:**

El apartamento consta de un punto eléctrico de timbre conjunto pulsador y zumbador.

- Switch: Pulsador Lumiex Legrand Arquea Trigo.
- Sonido emergente: Zumbador Luminex Legrand Arquea Trigo.
- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado 1/2"
- Cajas PVC: Codelca 2x4.
- Conductores: Alambre Celtelsa Cal: 12 AWG THHN.
- Protección: Brakers monofásico 15 amperios Luminex Legrand.

### **TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA:**

El apartamento consta de un tablero eléctrico con tapa de 16 circuitos ubicado en el área de labores.

Accesorios:

- Tablero de distribución bifásico tetrafilar con puerta de 16 circuitos 240 Vac / 250 Amperios Luminex Legrand.
- Protecciones monofásicas: Cinco Breakers monofásico 1x15 Amp Luminex Legrand.
- Protecciones Bifásicas: 3 Breakers bifásicos 2x30 Amp Luminex Legrand.

### **SALIDA DE TELEVISION:**

El apartamento consta de 4 puntos de televisión:

Sala comedor, habitación 1, 2, y 3. Este punto se entrega únicamente canalizado en tubería PVC, ya que dependiendo del operador de red existen especificaciones del conductor diferentes.

Accesorios:

- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado de 3/4".
- Cajas PVC: Codelca 4x4 mas suplemento 4x4-2x4.
- Conector Coaxial Americano TV Luminex legrand Arquea Trigo.

### **SALIDA TELEFONICA:**

El apartamento consta de 2 puntos de telefonía:

Sala comedor y habitación principal, este punto es alambrado en cable de dos pares hasta el punto principal (Sala).

Accesorios:

- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado de 1/2".
- Cajas PVC: Codelca 2x4.
- Cable de dos pares Centelsa uso telefonico.
- Terminal telefónica Luminex Legrand Arquea Trigo.

### **SALIDA CITOFONIA:**

El apartamento consta de una salida de citofono ubicado en el área de cocina.

Accesorios:

- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado de 1/2".

- Cajas PVC: Codelca 2x4.
- Cable UTP nivel de categoría 5E.
- Terminal de citofonia Bticino - Luminex Legrand.

El punto de citofonia esta disponible para instalación de videocitofonia Bticino.

**NOTA:** El calentador de agua no posee punto eléctrico, este se diseño para calentadores a Gas con chispero accionado por baterías tipo B.

## **APARTAMENTOS B-E.**

### **PUNTOS DE LUCES:**

El apartamento consta de 15 salidas de luces; estas son accionadas por 11 Switch sencillos y un sw doble.

Los accesorios son:

- Salida de luz: Bala incrustada 4" SYLVANIA rosca E-27.
- Switch sencillo: Luminex Legrand Arquea Trigo.
- Switch doble: Luminex Legrand Arquea Trigo.
- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado 1/2"
- Cajas PVC: Codelca 2x4 y octogonal.
- Conductores: Alambre Centelsa Cal: 12 AWG THHN.
- Protección: Breakers monofásico 15 amperios Luminex Legrand.

### **SALIDA DE ACONDICIONADORES DE AIRE:**

El apartamento posee 4 puntos eléctricos bifásicos de aires acondicionados (habitación 1, 2, 3 y sala comedor) los cuales son accionados por 3 circuitos breakes bifásicos a tensión nominal de 220 VAC, con capacidad de 30 Amp en conductores calibre 10 AWG. Estos puntos son alambrados desde el tablero de circuitos, hasta el punto del evaporador o manejador; del evaporador hasta la condensadora se entrega la canalización únicamente, por motivos del control de cada fabricante de A/A, generalmente este conductor es dotado con la maquina y depende de las características del equipo.

Accesorios:

- Cajas PVC: Codelca 4x4
- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado 3/4"
- Conductores: Alambre Centelsa cal: 10 AWG THHN.
- Proteccion: Breakers bifásico 30 Amperios Luminex Legrand.

### **PUNTOS DE TOMAS:**

El apartamento tiene un total de 20 puntos de tomas de energía dobles con polo a tierra y 2 tomas de energía con protección diferencial ubicado en la zona de cocina y baños.

Accesorios:

- Salida normal: Toma doble con polo a tierra Lumiex Legrand Arquea Trigo.
- Salida GFCI: Toma doble diferencial con polo a tierra Luminex Legrand Arquea Trigo.

- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado 1/2"
- Cajas PVC: Codelca 2x4.
- Conductores: Alambre Celtelsa Cal: 12 AWG THHN.
- Protección: Brakers monofásico 15 amperios Luminex Legrand.

#### **PUNTO TIMBRE:**

El apartamento consta de un punto eléctrico de timbre conjunto pulsador y zumbador.

- Switch: Pulsador Luminex Legrand Arquea Trigo.
- Sonido emergente: Zumbador Luminex Legrand Arquea Trigo.
- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado 1/2"
- Cajas PVC: Codelca 2x4.
- Conductores: Alambre Celtelsa Cal: 12 AWG THHN.
- Protección: Brakers monofásico 15 amperios Luminex Legrand.

#### **TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA:**

El apartamento consta de un tablero eléctrico con tapa de 16 circuitos ubicado en el área de labores.

Accesorios:

- Tablero de distribución bifásico tetrafililar con puerta de 16 circuitos 240 Vac / 250 Amperios Luminex Legrand.
- Protecciones monofásicas: Cinco Breakers monofásico 1x15 Amp Luminex Legrand.
- Protecciones Bifásicas: 3 Breakers bifásicos 2x30 Amp Luminex Legrand.

#### **SALIDA DE TELEVISION:**

El apartamento consta de 4 puntos de televisión:

Sala comedor, habitación 1, 2, y 3. Este punto se entrega únicamente canalizado en tubería PVC, ya que dependiendo del operador de red existen especificaciones del conductor diferentes.

Accesorios:

- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado de 3/4".
- Cajas PVC: Codelca 4x4 mas suplemento 4x4-2x4.
- Conector Coaxial Americano TV Luminex legrand Arquea Trigo.

#### **SALIDA TELEFONICA:**

El apartamento consta de 2 puntos de telefonía:

Sala comedor y habitación principal, este punto es alambrado en cable de dos pares hasta el punto principal (Sala).

Accesorios:

- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado de 1/2".
- Cajas PVC: Codelca 2x4.
- Cable de dos pares Centelsa uso telefonico.
- Terminal telefónica Luminex Legrand Arquea Trigo.

### **SALIDA CITOFONIA:**

El apartamento consta de una salida de citofono ubicado en el área de cocina.

Accesorios:

- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado de 1/2".
- Cajas PVC: Codelca 2x4.
- Cable UTP nivel de categoría 5E.
- Terminal de citofonia Bticino - Luminex Legrand.

El punto de citofonia está disponible para instalación de videocitofonia Bticino.

**NOTA:** El calentador de agua no posee punto eléctrico, este se diseño para calentadores a Gas con chispero accionado por baterías tipo B.

## **APARTAMENTOS C-D.**

### **PUNTOS DE LUCES:**

El apartamento consta de 12 salidas de luces; estas son accionadas por 9 (nueve) Switch sencillos y 1 (uno) sw doble.

Los accesorios son:

- Salida de luz: Bala incrustada 4" SYLVANIA rosca E-27.
- Switch sencillo: Luminex Legrand Arquea Trigo.
- Switch doble: Luminex Legrand Arquea Trigo.
- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado 1/2"
- Cajas PVC: Codelca 2x4 y octogonal.
- Conductores: Alambre Celtelsa Cal: 12 AWG THHN.
- Protección: Breakers monofásico 15 amperios Luminex Legrand.

### **SALIDA DE ACONDICIONADORES DE AIRE:**

El apartamento posee 3 puntos eléctricos bifásicos de aires acondicionados (habitación 1, 2 y sala comedor) los cuales son accionados por 2 circuitos breakes bifásicos a tensión nominal de 220 VAC, con capacidad de 30 Amp en conductores calibre 10 AWG. Estos puntos son alambrados desde el tablero de circuitos, hasta el punto del evaporador o manejador; del evaporador hasta la condensadora se entrega la canalización únicamente, por motivos del control de cada fabricante de A/A, generalmente este conductor es dotado con la maquina y depende de las características del equipo.

Accesorios:

- Cajas PVC: Codelca 4x4
- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado 3/4"
- Conductores: Alambre Centelsa cal: 10 AWG THHN.
- Proteccion: Breakers bifásico 30 Amperios Luminex Legrand.

### **PUNTOS DE TOMAS:**

El apartamento tiene un total de 17 puntos de tomas de energía dobles con polo a tierra y 1 toma de energía con protección diferencial ubicado en la zona de cocina y baños.

Accesorios:

- Salida normal: Toma doble con polo a tierra Lumiex Legrand Arquea Trigo.
- Salida GFCI: Toma doble diferencial con polo a tierra Luminex Legrand Arquea Trigo.
- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado 1/2"
- Cajas PVC: Codelca 2x4.
- Conductores: Alambre Celtelsa Cal: 12 AWG THHN.
- Protección: Brakers monofásico 15 amperios Luminex Legrand.

### **PUNTO TIMBRE:**

El apartamento consta de un punto eléctrico de timbre conjunto pulsador y zumbador.

- Switch: Pulsador Lumiex Legrand Arquea Trigo.
- Sonido emergente: Zumbador Luminex Legrand Arquea Trigo.
- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado 1/2"
- Cajas PVC: Codelca 2x4.
- Conductores: Alambre Celtelsa Cal: 12 AWG THHN.
- Protección: Brakers monofásico 15 amperios Luminex Legrand.

### **TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA:**

El apartamento consta de un tablero eléctrico con tapa de 12 circuitos ubicado en el área de labores.

Accesorios:

- Tablero de distribución bifásico tetrafililar con puerta de 16 circuitos 240 Vac / 250 amperios Luminex Legrand.
- Protecciones monofásicas: Cinco Breakers monofásico 1x15 Amp Luminex Legrand.
- Protecciones Bifásicas: 2 Breakers bifásicos 2x30 Amp Luminex Legrand.

### **SALIDA DE TELEVISION:**

El apartamento consta de 3 puntos de televisión:

Sala comedor, habitación 1, 2. Este punto se entrega únicamente canalizado en tubería PVC, ya que dependiendo del operador de red existen especificaciones del conductor diferentes.

Accesorios:

- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado de 3/4"
- Cajas PVC: Codelca 4x4 mas suplemento 4x4-2x4.
- Conector Coaxial Americano TV Luminex legrand Arquea Trigo.

### **SALIDA TELEFONICA:**

El apartamento consta de 2 puntos de telefonía:

Sala comedor y habitación principal, este punto es alambrado en cable de dos pares hasta el punto principal (Sala).

Accesorios:

- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado de ½”.
- Cajas PVC: Codelca 2x4.
- Cable de dos pares Centelsa uso telefonico.
- Terminal telefónica Luminex Legrand Arquea Trigo.

### **SALIDA CITOFONIA:**

El apartamento consta de una salida de citofono ubicado en el área de cocina.

Accesorios:

- Conduit PVC: Plastimec tipo pesado de ½”.
- Cajas PVC: Codelca 2x4.
- Cable UTP nivel de categoría 5E.
- Terminal de citofonia Bticino - Luminex Legrand.

El punto de citofonia está disponible para instalación de videocitofonia Bticino.

**NOTA:** El calentador de agua no posee punto eléctrico, este se diseño para calentadores a Gas con chispero accionado por baterías tipo B.

## **8.2. EXIGENCIAS ELÉCTRICAS IMPORTANTES.**

Nunca debe permitir que los niños manipulen sistemas eléctricos o realicen maniobras como conexión de electrodomésticos y/o otros aparatos.

Nunca debe manipular los cordones, clavijas y sistemas eléctricos con las manos húmedas o con los pies descalzos.

El apartamento no está diseñado eléctricamente para cargas superiores a los 1800 W, en los tomas de energía y en las salidas de luces. Cargas superiores a esta producen mal funcionamiento del circuito eléctrico ya que se consideran como cargas industriales o especiales, tales como:

- Compresores de aire.
- Maquinas de soldar.
- Estufas eléctricas de más de dos puestos.
- Calentadores de agua eléctricos.

Evite colocar en el área de cocina el funcionamiento simultáneo de:

- Horno microondas.
- Cafeteras eléctricas.
- Planchas asadoras o parrillas eléctricas.



### 8.3. MANTENIMIENTO DEL APARTAMENTO REALIZADO POR PERSONAL CALIFICADO SUMINISTRADO POR EL USUARIO.

Toda instalación eléctrica sufre desgastes eléctricos, que son difíciles de apreciar por su forma constructiva y/o ubicación, es necesario realizar una revisión y mantenimiento periódico en las instalaciones **cada seis (6) meses**, debido a la alta corrosión de la zona, realizando ajustes en:

- Limpieza del tablero eléctrico y ajuste de los terminales del circuito alimentador.
- Verificar rigurosamente el terminal del neutro y tierra del tablero eléctrico.
- Ajuste terminales de los circuitos breakers.
- Ajuste de terminales de tomas convencionales.
- Ajuste de terminales en tomas GFCI.
- Ajuste de terminales en interruptores.
- Ajuste de sockets en las salidas de luces.
- Ajuste de las terminales de los circuitos acondicionadores de aire.

El mantenimiento debe realizarse por personal calificado e idóneo con su respectiva certificación, es indispensable el uso de los elementos de protección personal.

Se recomienda el uso de limpiadores de circuito para los dispositivos eléctricos y aplicar en los puntos activos **cada dos meses**, se debe aplicar el limpiador con el circuito desenergizado y esperar unos dos minutos para su puesta en operación nuevamente.

### 8.4. PRUEBAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO REALIZADAS POR EL USUARIO.

El apartamento consta de un circuito especial para la protección eléctrica en zonas húmedas, este se realiza mediante un toma de energía GFCI (ground failure circuit intensity) conectado en cascada a los tomas convencionales en cocina y baños.

El propietario debe realizar un **test periódico mensual** de los circuitos tomas GFCI, para ello se debe accionar el botón de prueba (TEST) y este debe disparar inmediatamente, si ocurre esta acción el dispositivo esta en correcto funcionamiento; para restablecer el servicio debe oprimir el botón RESET.

En el caso de no ocurrir disparo del toma GFCI, este debe reemplazarse inmediatamente, con otro de iguales características o similares que cumpla con lo establecido en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE. Este debe ser reemplazado por personal calificado y con el circuito desenergizado.

El propietario debe realizar un ajuste (apretar) en las roscas de las bombillas **mensualmente**, para evitar falsos contactos y recalentamientos innecesarios que deterioran los dispositivos y aumentan el consumo energético.

Se debe accionar los breakers en un periodo de cada **tres meses** cambiándolos de estado OFF – ON para que el mecanismo este en constante funcionamiento y no se deteriore su funcionamiento por inmovilidad.

El propietario debe accionar la apertura y cerrada de la puerta del tablero de distribución del apartamento en un periodo de **seis meses**, evitando el atasco de este por inmovilidad.

Nunca debe cubrir, tapar o bloquear la puerta del tablero de distribución del apartamento, este debe estar libre para accionar en caso de una falla.

### **8.5. GARANTIAS.**


El sistema eléctrico del apartamento posee un término de garantía a los seis (6) meses después de firmada el acta de entrega, contra desperfectos de fabrica, la garantía no cumple cuando el sistema, dispositivo o elemento se ha utilizado de manera indebida.

Cualquier modificación eléctrica realizada por el propietario o arrendatario del inmueble que altere el funcionamiento de los circuitos e instalaciones o cambios de los materiales eléctricos que les fueron suministrados, y aun sin tener en cuenta los reglamentos y certificaciones, es única y exclusiva responsabilidad del propietario.

## 8.6. ELECCIÓN DE LUMINARIAS.

### Luminarias tipo bala de empotrar DL51.

DL51



Luminaria de incrustar, compacta vertical de haz estrecho, apta para lámparas de 15/20W o bombillas ahorradoras compactas

### Especificación

**Carcasa**  
Construida en aluminio con pintura negra en polvo y armadura remachada que sostiene el anillo blanco exterior.

**Óptica**  
En aluminio repujador con acabado especular y en la parte superior con patrón de reflector en diamante para un mejor control del deslumbramiento.

**Portalámparas**  
En porcelana para base E-27, con contactos eléctricos en bronce, con regleta para fácil conexión.

**Montaje**  
Luminaria de empotrar en techo falso o drywall por de dos ganchos resortados

**Aplicaciones**


- Restaurantes
- Hoteles
- Pasillos áreas comunes.
- Hogar- Apartamentos y zonas residenciales.
- Baños

**DATOS TÉCNICOS**

Código	Tipo de Lámpara	Potencia Nominal (W)	Corriente Nominal (A)	Soclet	Factor de Potencia	Tensión (V)
300051015	CFL 15W	15W	0.52	E27	>0.5	120

## Luminaria Downligh.

DL34



Luminaria para fluorescente compacto  
2x25W base E27 120V con vidrio difusor,  
reparto de luz amplio.

**Especificación**

**Carcasa**  
En lámina acerada con recubrimiento negro y unido con remaches a los armazones de los portalámparas.

**Óptica**  
En aluminio especular de alta pureza con reparto de luz difusa.

**Portalámparas**  
E 27 En policarbonato blanco con contactos eléctricos en bronce fosforado.

**Montaje**  
Para instalar en falso techo por medio de dos clips con resorte, fácil instalación y mantenimiento.

**Aplicaciones**

- Baños
- Pasillos
- Salas de reuniones
- Almacenes interior

**DATOS TÉCNICOS**

Código	Tipo de bombilla	Potencia Nominal (W)	Contiene Terminal (BT)	Forma Lámpara	Factor de Potencia	Tensión (V)
N9883232	CFL 20W	20W	0.33	E27	>0.5	120

Downlight redondo con equipo. Incluye bombillas 2x20W 6400 °K y balasto electrónico. Tienen una óptica de baja luminancia diseñada para garantizar la máxima comodidad visual. Ideal para iluminación de espacios de trabajo.

Su bajo consumo y elevada duración son idóneos para espacios donde la iluminación artificial funciona muchas horas al día.

Por esta razón es una luminaria perfecta para utilizar en el cuarto de cocina que es donde se van a instalar, lugar en que la luz natural tiene difícil acceso o llega con dificultad, por lo tanto deberán estar muchas horas cada vez que se deba hacer algo ahí.

## LUMINARIA FLUORESCENTE.



Luminaria de sobreponer o suspender IP 65, cuerpo y difusor de policarbonato, a prueba de polvo y chorro de agua. Eficaz distribución de la luz y alto rendimiento luminoso.

1x32W T8  
2x32W T8  
2x28/54W T5

**Aplicaciones**

- Industrial Bodegas
- Grandes superficies
- Áreas de doble altura
- Agencias de autos

**Especificación**

**Carcasa**  
Policarbonato inyectado, color gris RAL 7035, con protección UV. Cuerpo interior en chapa de acero fosfatizado y acabado en color blanco sujeto a la carcasa con clips.

**Difusor**  
De policarbonato inyectado estabilizado a los rayos UV sujetado a la carcasa con clips de acero inoxidable.

**Portalampara**  
Con base G-13 para LFT T8 y G-5 para LFT T5

**Empaquetadura**  
De alta calidad, siliconado para altas temperaturas con tratamiento anti-UV.

**Equipo**  
Balastro electrónico de encendido instantáneo, voltaje dedicado.  
Balastro electrónico de encendido rápido programado voltaje universal.

**Usos**



**DATOS TÉCNICOS**

Código	Tipo de lámpara	Temperatura de color	Potencia Nominal (W)	Porta Lámpara	Factor de Potencia	Temperatura (°C)
P33779-36	1x32 T8	4100 K	32W	2G11	>0.85	120
P33884-36	1x32 T8	4100 K	33W	2G11	>0.85	120/277
P33808-36	2x32 T8	4100 K	32W	2G11	>0.85	120
P33724-36	2x32 T5	4100 K	56W	2G11	>0.80	120/277
P33135-36	2x32 T8	4100 K	34W	2G11	>0.85	120/277
P33257-36	2x54 T5	4100 K	108W	2G11	>0.85	120/277
P33866-36	1x32 T8	6500 K	32W	2G11	>0.85	120
P33005-36	1x32 T8	6500 K	32W	2G11	>0.85	120/277
P33092-36	2x32 T8	6500 K	34W	2G11	>0.85	120
P33704-36	2x32 T5	6500 K	56W	2G11	>0.85	120/277
P33295-36	2x32 T8	6500 K	34W	2G11	>0.85	120/277
P33631-36	2x54 T5	6500 K	108W	2G11	>0.85	120/277

**Curva fotométrica**



Es un sistema muy eficiente desde el punto de vista energético. De hecho es una opción muy interesante para aquellos puntos de luz que deben permanecer encendidos las 24 horas del día, por ejemplo las zonas comunes de parqueo en el semisótano del edificio.

Estas luminarias serán de tecnología T8 de 2x36 W con balastro electrónico.

## LUMINARIAS DE APLIQUE.



Luminaria de sobreponer, diseñada para satisfacer las demandas de los puestos de trabajo al combinar las ventajas de las lámparas fluorescentes compactas y un sistema de reflector. También en RGB.

### Especificación

**Carcasa**  
Chasis de aluminio con pintura epóxica en polvo blanca RAL9016 o acabado de aluminio bruñido.

**Acabado**  
Reflector encapsulado en aluminio puro antioxidante.

**Óptica**  
Difusor de policarbonato, con efecto de vidrio satin - opalizado, para alta LOR y excelente difusión.

**Montaje**  
Sobrepuerto en techo o pared.

**Equipo eléctrico**  
Balasto electrónico, opcional balasto de emergencia.

**Aplicaciones**

- Pasillos
- Habitaciones de hotel
- Salidas de emergencia
- Recepción

**DATOS TÉCNICOS**

Código	Tipo de bombilla	Potencia Nominal (W)	Tensión (V)
P32765-36	2x26W fluorescente 4 pines	56W	120/277
P32766-36	2x26W + Bal650c emergencia	56W	120/277

Estas como su nombre lo indica van adosadas a los muros del edificio, se pueden utilizar en exterior e interior ya poseen un IP65.

Estas sirven para iluminar caminos, paredes exteriores, corredores externos, puertas de entrada, garajes, etc. Simplemente debe ser una lámpara que sea capaz de soportar la oxidación y los agentes atmosféricos del exterior.

Las que instalaremos tienen el cuerpo de aluminio con protección anticorrosiva y difusor de policarbonato, por lo que resulta idóneo para instalación en lugares de alto grado de corrosión. Esta específicamente dimensionada para uso de bombillas de bajo consumo como son las bombillas fluorescentes ahorradoras.

## LÁMPARA DE EMERGENCIA.



Luminaria de emergencia R-1, decorativa y económica, de fácil mantenimiento, 90 minutos de autonomía, ideal para aplicaciones que requieren una rápida instalación

### Especificación

**Carcasa**  
Diseño compacto en color blanco, de bajo perfil, chasis termoplástico ABS retardante al fuego, resistente a golpes, a prueba de rayaduras, fácil instalación, aprobado para montaje de pared o techo.

**Batería**  
Batería de plomo, no requiere mantenimiento, entrada de voltaje dual (120 o 277) VAC 60 Hz.

**Sistema eléctrico**  
El cargador de batería maximiza el consumo de energía, reduce costos de operación. Circuito interno controla carga de la batería. Cambio automático de C.A. a la batería. Indicador de estatus con luz led roja visible fácilmente.

**Instalación**  
Placas de montaje universal que permiten una rápida y fácil instalación puede ser en pared o techo.

**Garantía**  
dos (2) años de garantía en condiciones normales de funcionamiento

**Aplicaciones**  
Espacios donde hay una gran afluencia de personas a fin de evitar sufrir accidentes cuando se suscitan apagones:

- áreas públicas / escaleras.
- centros comerciales / cines / hoteles / oficinas.

**DATOS TÉCNICOS**

Código	Tipo de lámpara	Potencia Nominal (W)	Sólo la Voltios	Autonomía	Iluminación semi-humada	Tensión (V)
P33373-36	Halógenas 5.4W	2x5.4W	6	90 minutos	si	120/220

Como su nombre lo indica es una luminaria para uso en emergencia por cualquier siniestro que se presente y afecte el fluido eléctrico del edificio ya sea la red o el grupo electrógeno de emergencia. Es resistente a golpes, fuego, y a agentes químicos y atmosféricos, con baterías de plom con autonomía de 1-1/2 horas, y un tiempo de recarga de 12 horas. Indicador luminoso para alimentación correcta y carga completa de la batería y circuito protector cuando la carga esté finalizada. Esta luminaria se utilizara en corredores comunes, escaleras y semisótano.

## 8.7. ELECCIÓN DE TOMAS, TABLEROS, BREAKERS Y TOTALIZADORES.

**Sistema RESIDENCIAL**


**LUMINEX**

# Arquea Trigo


DISPOSITIVOS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS

PREARMADA CON MÓDULOS Y PLACA COLOR TRIGO. (Nuevo color!)


Unidad empaque	Referencia	Descripción	Preço Unitario (Sin IVA)
20	AQ-000T	Placa ciega.	4,600
<b>Interruptores para una función (on-off) 10 A, 250 V</b>			
12	AQ-010T	Interruptor sencillo.	7,400
	AQ-010TL	Interruptor sencillo con luz piloto.	13,000
	AQ-101T	Interruptor doble.	10,200
	AQ-101TL	Interruptor doble con luz piloto.	21,000
5	AQ-111T	Interruptor triple.	14,400
	AQ-111TL	Interruptor triple con luz piloto.	29,700
<b>Interruptores conmutables (tres vías) 10 A, 250V</b>			
12	AQ-020T	Interruptor conmutable sencillo.	9,200
	AQ-020TL	Interruptor conmutable sencillo con luz piloto.	14,400
5	AQ-202T	Interruptor conmutable doble.	11,900
	AQ-202TL	Interruptor conmutable doble con luz piloto.	23,000
1	AQ-222T	Interruptor conmutable triple.	16,000
	AQ-222TL	Interruptor conmutable triple con luz piloto.	31,800
<b>Interruptores de cuatro vías 10A, 250 V</b>			
1	AQ-020TVL	Interruptor de cuatro vías sencillo con luz piloto.	25,400
<b>Tomacorrientes americanos 15 A, 127 V</b>			
12	AQ-303TG	Tomacorriente doble con polo a tierra   2P+T  .	9,500
<b>Tomacorrientes 20A, 127 V</b>			
1	AQ-303TGF	Toma doble con polo a tierra ( 2P+T ) y protección de falla a tierra ( GFCI ), 20A, 127V.	62,200
<b>Combinación de tomacorrientes tipo americano (15 A, 127 V) e interruptores (10A, 250 V)</b>			
12	AQ-301T	Toma sencilla ( 2P ) + interruptor sencillo.	10,300
	AQ-301TL	Toma sencilla ( 2P ) + interruptor sencillo luz piloto.	17,500
5	AQ-301TG	Toma sencilla con polo a tierra   2P+T   + interruptor sencillo.	13,000
<b>Pulsadores 10 A, 250 V y timbres</b>			
5	AQ-040T	Pulsador sencillo para timbre.	9,200
	AQ-040TL	Pulsador sencillo para timbre con luz piloto.	14,600
1	AQ-040TK	Timbre zumbador ( chicharra ), 120 V, sonoridad 60 dB a 1 metro.	14,600
<b>Salidas telefónicas</b>			
5	AQ-050TU	Salida telefónica tipo americana sencilla RJ11, 4 hilos.	9,100
	AQ-505TU	Salida telefónica tipo americana doble RJ11, 4 hilos.	16,000
<b>Salidas para televisión</b>			
20	AQ-060T	Salida para cordón TV 13.5x 7.5 mm, sin conector.	4,300
12	AQ-060-75T	Salida con terminal coaxial TV americana - 75 Ohm.	6,600
1	AQ-060-75TA	Toma con 2 terminales coaxiales TV para entrada, salida atenuada desde 0 a 30 dB y derivación, para cable 75 Ohm.	21,000



AQ-202TL

AQ-303TG

AQ-040TK

> ARQUEA TRIGO  
 DISPOSITIVOS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS



# Tableros bifásicos

## PARA DISTRIBUCIÓN

Unidad empaque	Referencia	Descripción	Precio Unitario [Sin IVA]
----------------	------------	-------------	---------------------------

### PRODUCTOS PARA VENTA HASTA AGOTAR INVENTARIO

Permiten incorporar termomagnéticos monopoles ST19 o Safic DSE

Características técnicas:

- > Color blanco
- > Tensión nominal: 240 V
- > Número fases: 2, 4 hilos
- > Barras de neutro y tierra instaladas

### TBL-B Tablero bifásico

> Corriente Nominal: 125 A

1	TBL-14B	Tablero para empotrar, con espacio para 16 circuitos.	121,700
---	---------	---	---------

### TBP-B y TBLP Tablero bifásico

- > Barra para tierra aislada opcional
- > Puerta y chapa plástica
- > Cerradura opcional (entrada preperforada para instalación)
- > Corriente Nominal: 200 A

1	TBP-12B	Tablero para empotrar, con espacio para 12 circuitos	185,100
	TBP-14B	Tablero para empotrar, con espacio para 16 circuitos	217,900
	TBLP-14B	Tablero para empotrar, con espacio para 16 circuitos	217,900

### TBC-MB Tablero bifásico

- > Barra para tierra aislada opcional
- > Puerta y chapa plástica
- > Cerradura y llave
- > Espacio para instalar totalizador DPX
- > Corriente Nominal: 200 A

1	TBC-12MB	Tablero para empotrar, con espacio para 12 circuitos.	292,500
---	----------	---	---------



TBLP-8B0



TBLP-12B0

# Tableros trifásicos



## PARA DISTRIBUCIÓN

Unidad empaque	Referencia	Descripción	Precio Unitario (Sin IVA)
----------------	------------	-------------	---------------------------

Permiten incorporar termomagnéticos monopolares ST19 o Safic DSE.

Características técnicas:

- > Color blanco.
- > Tensión nominal: 240 V.
- > Número de fases: 3, 5 hilos.
- > Barras de neutro y tierra instaladas.
- > Barra para tierra aislada opcional para referencias TW.

### ■ CT Tablero trifásico

> Corriente Nominal: 40A

14	CT-390	Caja con espacio para 3 circuitos.	23,500
----	--------	------------------------------------	--------

### ■ TWS-B Tablero trifásico RETIE certificado por CIDET

> Corriente nominal del barraje 200 A

1	TWS-6B	Tablero para empotrar, con espacio para 6 circuitos.	133,700
	TWS-12B	Tablero para empotrar, con espacio para 12 circuitos.	174,700
	TWS-18B	Tablero para empotrar, con espacio para 18 circuitos.	229,200
	TWS-24B	Tablero para empotrar, con espacio para 24 circuitos.	273,400



TWS-12B



TWP-12B

### ■ TWP-B Tablero trifásico RETIE certificado por CIDET

> Corriente nominal del barraje 200 A

> Puerta y chapa plástica

> Cerradura opcional (entrada preperforada para instalación)

1	TWP-12B	Tablero para empotrar, con espacio para 12 circuitos.	224,400
	TWP-18B	Tablero para empotrar, con espacio para 18 circuitos.	265,500
	TWP-24B	Tablero para empotrar, con espacio para 24 circuitos.	314,300
	TWP-30B	Tablero para empotrar, con espacio para 30 circuitos.	419,400
	TWP-36B	Tablero para empotrar, con espacio para 36 circuitos.	442,400
	TWP-42B	Tablero para empotrar, con espacio para 42 circuitos.	510,700



TWC-42MB

### ■ TWC-MB Tablero trifásico RETIE certificado por CIDET

> Corriente nominal del barraje 200 A

> Puerta y chapa plástica

> Cerradura y llave

> Espacio para instalar totalizador DPX

1	TWC-12MB	Tablero para empotrar, con espacio para 12 circuitos.	367,900
	TWC-18MB	Tablero para empotrar, con espacio para 18 circuitos.	465,900
	TWC-24MB	Tablero para empotrar, con espacio para 24 circuitos.	507,500
	TWC-30MB	Tablero para empotrar, con espacio para 30 circuitos.	608,100
	TWC-36MB	Tablero para empotrar, con espacio para 36 circuitos.	629,700
	TWC-42MB	Tablero para empotrar, con espacio para 42 circuitos.	685,500

▶ TABLEROS TRIFÁSICOS

Sistema RESIDENCIAL

LUMINEX



DSE-1015



DSE-2060



19E1024

> SAFIC DSE CORTACIRCUITOS  
 > ST19 CORTACIRCUITOS

# Safic DSE

CORTACIRCUITOS ENCHUFABLES

## DSE Cortacircuitos termomagnéticos automáticos monopoles, 10 kA a 120 / 240 V

12	DSE-1015	I nominal: 15 A.	11,400
	DSE-1020	I nominal: 20 A.	11,400
	DSE-1030	I nominal: 30 A.	11,400
	DSE-1040	I nominal: 40 A.	12,000
	DSE-1050	I nominal: 50 A.	12,000
	DSE-1060	I nominal: 60 A.	12,000
	DSE-1070	I nominal: 70 A.	28,500
	DSE-1090	I nominal: 90 A.	28,500
	DSE-1100	I nominal: 100 A.	28,500

## DSE Cortacircuitos termomagnéticos automáticos bipolares, 10 kA a 120 / 240 V

3	DSE-2015	I nominal: 15 A.	34,100
	DSE-2020	I nominal: 20 A.	34,100
	DSE-2030	I nominal: 30 A.	34,100
	DSE-2040	I nominal: 40 A.	41,200
	DSE-2050	I nominal: 50 A.	41,200
	DSE-2060	I nominal: 60 A.	41,200
	DSE-2070	I nominal: 70 A.	64,900
	DSE-2090	I nominal: 90 A.	64,900
	DSE-2100	I nominal: 100 A.	64,900

## DSE Cortacircuitos termomagnéticos automáticos tripolares, 10 kA a 120 / 240 V

2	DSE-3015	I nominal: 15 A.	75,800
	DSE-3020	I nominal: 20 A.	75,800
	DSE-3030	I nominal: 30 A.	75,800
	DSE-3040	I nominal: 40 A.	79,600
	DSE-3050	I nominal: 50 A.	79,600
	DSE-3060	I nominal: 60 A.	79,600
	DSE-3070	I nominal: 70 A.	102,900
	DSE-3090	I nominal: 90 A.	102,900
	DSE-3100	I nominal: 100 A.	102,900

# ST19

CORTACIRCUITOS ENCHUFABLES DE 19 mm

Unidad empaque	Referencia	Descripción	Pre. de Unitario (Sin IVA)
<b>ST19 Cortacircuitos termomagnéticos automáticos monopoles, 10 kA a 120 / 240 V</b>			
12	19E1015	I nominal: 15 A.	12,000
	19E1020	I nominal: 20 A.	12,000
	19E1030	I nominal: 30 A.	12,000
	19E1040	I nominal: 40 A.	12,000
	19E1050	I nominal: 50 A.	12,000
	19E1060	I nominal: 60 A.	12,000

# DPX-U

## INTERRUPTORES EN CAJA MOLDEADA



527114



625129

> DPX-U INTERRUPTORES

Unidad empaque	Referencia	Descripción	Precio Unitario (Sin IVA)
<b>Interruptores bipolares tamaño 125A, 25 kA a 240V, 14 kA a 440 V. Incluye 6 de terminales tipo jaula</b>			
1	527110	DPX-U 125, I nominal: 16 A, regulable de 12 a 16 A.	346,900
	527111	DPX-U 125, I nominal: 25 A, regulable de 18 a 25 A.	346,900
	527112	DPX-U 125, I nominal: 40 A, regulable de 28 a 40 A.	346,900
	527113	DPX-U 125, I nominal: 63 A, regulable de 44 a 63 A.	346,900
	527114	DPX-U 125, I nominal: 100 A, regulable de 70 a 100 A.	377,100
	527115	DPX-U 125, I nominal: 125 A, regulable de 87 a 125 A.	727,800
<b>Interruptores tripolares tamaño 125A, 25 kA a 240 V, 14 kA a 440 V. Incluye 6 terminales tipo jaula</b>			
1	527210	DPX-U 125, I nominal: 16 A, regulable de 12 a 16 A.	347,900
	527211	DPX-U 125, I nominal: 25 A, regulable de 18 a 25 A.	347,900
	527212	DPX-U 125, I nominal: 40 A, regulable de 28 a 40 A.	347,900
	527213	DPX-U 125, I nominal: 63 A, regulable de 44 a 63 A.	347,900
	527214	DPX-U 125, I nominal: 100 A, regulable de 70 a 100 A.	385,300
	527215	DPX-U 125, I nominal: 125 A, regulable de 87 a 125 A.	861,700
<b>Interruptor tripolar tamaño 160 A, 25 kA a 240V, 18 kA a 440 V. Incluye 6 terminales tipo jaula</b>			
1	625127	DPX-U 160, I nominal: 160 A, regulable de 102 a 160 A.	1,149,800
<b>Interruptor tripolar tamaño 250 A, 35 kA a 240V, 20 kA a 440 V. Incluye 6 terminales tipo jaula</b>			
1	625128	DPX-U 250, I nominal: 250 A, regulable de 160 a 250 A.	1,528,400
<b>Interruptor tripolar tamaño 250ER, 35 kA a 240V, 20 kA a 440 V. Incluye 6 terminales tipo jaula</b>			
1	625129	DPX-U 250ER, I nominal: 250 A, regulable de 160 a 250 A.	1,607,000
<b>Interruptores tripolares tamaño 630A, 35 kA a 240 V, 25 kA a 440 V. Incluye 3 terminales tipo jaula</b>			
1	625130*	DPX-U 630, I nominal: 320 A, regulable de 256 a 320 A.	2,844,300
	625131*	DPX-U 630, I nominal: 400 A, regulable de 320 a 400 A.	2,892,600
	625132	DPX-U 630, I nominal: 500 A, regulable de 400 a 500 A.	4,826,100
	625133	DPX-U 630, I nominal: 630 A, regulable de 504 a 630 A.	4,992,400

Nota (\*): Para las referencias 625130 y 625131 se incluyen 3 terminales tipo jaula, adicionales.

# **CAPITULO 9:**

# **MEMORIAS DE CÁLCULO.**

## 9.0 MEMORIAS DE CÁLCULO EDIFICIO MONTERREGIO 97.

En base a la información recopilada realizaremos los diseños expuestos en el alcance del proyecto del edificio Monterregio 97, a través de la herramienta de cálculo EXCEL 2007 de Microsoft Office.

- 9.1. Apto tipo 1 (A-F).
- 9.2. Apto tipo 2 (B-E).
- 9.3. Apto tipo 3 (C-D).
- 9.4. Áreas comunes.
- 9.5. Tablero general de medidores.
- 9.6. Tablero general áreas comunes.
- 9.7. Tablero general de baja tensión.
- 9.8. Niveles de cortocircuito.
- 9.9. Transformador.
- 9.10. Regulación de circuitos.
- 9.11. Resistividad del terreno.
- 9.12. Malla de puesta a tierra
- 9.13. Análisis de riesgo básico contra rayos.
- 9.14. SIPRA.

## 10.1 CONCLUSIONES.

En este proyecto se realizó el diseño del sistema eléctrico del Edificio Monterregio 97, cumpliendo con los objetivos expuestos, en el cual se recopiló las normas y leyes del sector nacional e internacional; teniendo en cuenta que las normas Colombianas son traducciones de normas internacionales.

Para el total desarrollo del diseño eléctrico, se logró recopilar información de varias normas y proyectos similares, llegando a la conclusión que no existe una norma universal, si no que se complementan una con la otra.

Se realizaron los diseños eléctricos de las diferentes zonas del edificio, tomando en cuenta los factores de demanda del sistema de acuerdo a la norma, para el cálculo de capacidad del transformador de potencia, así mismo se realizaron cálculos de regulación de tensión de cada circuito ramal de fuerza, demostrando la gran relación que hay entre la regulación y las pérdidas de potencia en los cables. La NTC 2050 cuenta con un capítulo de ejemplos el cual es muy limitado, a través de este proyecto se obtiene una guía para una buena interpretación de la norma.

La herramienta EXCEL de Microsoft Office para el diseño del proyecto Monterregio 97 se enfocó en recrear la forma adecuada de suplir los requerimientos eléctricos en concordancia con los lineamientos de las normas aplicadas en este diseño y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE dando resultados muy satisfactorios.

La confiabilidad del sistema eléctrico se garantiza, debido a la utilización de materiales de primera calidad y de los dispositivos de protecciones adecuadas para disminuir fallas del sistema que signifiquen interrupción del sistema. Por ello se implementó una lista de materiales con empresas muy reconocidas a nivel nacional e internacional como LUMINEX, LEGRAND, SYLVANIA, DEHN y CENTELSA, como principales proveedoras de materiales eléctricos.

## 10.2 BIBLIOGRAFÍA.

- RETIE – Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, Resolución 181294 de Agosto 06 del 2008.
- Código Eléctrico Colombiano – NTC 2050, Primera Actualización, Noviembre 25 del 1998.
- Norma Técnica Colombiana NTC-4552.
- Norma internacional IEEE std. 80- 2000.
- Norma Internacional IEC 62305.
- N.STC.08 Normativa de Acometidas y Medidas de Electricaribe SA ESP, Enero 9 de 2009.
- Contrato de Condiciones Uniformes Electricaribe SA ESP.
- Instalaciones Eléctricas (Carlos Mario Diez H).
- Desing and Optimize substation grounding grid based on IEEE std. 80- 2000 (Dr. ATTIA A EL- FERGANY).
- Universidad Nacional Evaluación de Riesgo por Causa de Rayos – Norma NTC – 4552.  
<http://www.paas.unal.edu.co/investigacion/RiskFile2008/Index.html>
- Catalogo luminarias profesionales SYLVANIA 2011-2012.
- Catalogo de productos Luminex Legrand. Julio - 2011.
- Catalogo de productos Dehn.



# **PRESUPUESTO Y ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.**

# ANEXOS