MEMORIA DE CÁLCULO ELÉCTRICO "TECNO ACADEMIA"
MUNICIPIO DE SOGAMOSO – BOYACA

OBJETO DEL CONTRATO:

CONSTRUCCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA REQUERIDA PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA TECNO ACADEMIA EN EL MUNICIPIO DE SOGAMOSO

CONTRATANTE:

ALCALDIA MUNICIPAL DE SOGAMOSO
NIT: 891.855.130-1

DISEÑADOR:

OLMER WILCHES GARCÍA
INGENIERO ELÉCTRICO
M.P RS 205-0547

SOGAMOSO - BOYACÁ
DICIEMBRE DE 2025

TABLA DE CONTENIDO

1. DESCRIPCION DEL PROYECTO. 11
1.2. Normatividad. 11
1.3. Localización. 11
1.4. Tipo de servicio y medida. 12
1.5. Carga instalada. 12
2. SEGURIDAD EN INSTALACIONES ELECTRICAS. 13
2.1. Personal de trabajo. 13
3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN. 15
3.1. Equipos auxiliares de seguridad 15
3.1.1. Equipos de señalización: 15
3.1.2. Planeación del trabajo. 16
4. Reglas de oro. 16
5. CALCULO DEL TRANSFORMADOR Y ANALISIS DE CARGAS. 18
5.1. Dimensionamiento carga del proyecto. 18
5.2. Selección de tipo de subestación para el proyecto. 19
5.3. Selección de protección eléctrica para la subestación eléctrica. 19
6. DISEÑO DE LAS REDES MT y BT. 21
6.1. Nivel de Tensión. 21
6.2. Capacidad de corriente. 21
6.3. Pérdida de Potencia y Energía. 22
6.4. Regulación de Tensión. 23
6.5. Cálculo de pérdidas de regulación, potencia y energía. 24
6.5.1. Cálculo de pérdidas de regulación. 24
6.5.2. Regulación media tensión. 24
6.5.3. Regulación baja tensión. 25
6.5.4. Cálculo de pérdidas de potencia y energía. 25
6.5.5. Perdida de potencia media tensión. 25
6.5.6. Perdida de potencia baja tensión. 26
6.6. Evaluación económica de conductores. 26

6.6.1. Red M.T. aérea. 26
6.6.2. Red B.T. Subterránea 26
6.7. Costo de la energía (CE) consumida en un mes. 26
7. DISTANCIAS DE SEGURIDAD. 28
8. CÁLCULO, SELECCIÓN Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES. 30
8.1. Elementos de protección contra sobrecorriente. 30
8.2. Coordinación fusible-fusible. 31
8.3. Cálculo del fusible en MT. 31
8.4. Corrientes de cortocircuito en baja tensión. 31
8.5. Protección contra sobretensiones. 32
8.6. Elementos de protección contra sobretensiones. 33
9. ANÁLISIS Y COORDINACIÓN DE AISLAMIENTOS. 35
9.1. Aisladores. 36
9.2. Distancias mínimas de fuga. 36
10. INSTALACIONES ELECTRICAS DE USO FINAL. 39
10.1. Consideraciones generales. 39
10.1.1. Conductores, protecciones y canalizaciones. 39
10.2. Cuadros de Cargas Tableros. 40
10.3. Diversificación de Carga 42
10.4. Cálculo de Ductos. 42
11. DISEÑO DE ILUMINACION. 43
11.1. Niveles de iluminación o iluminancias y distribución de luminancias. 43
11.2. Selección de luminarias y fuentes luminosas. 44
11.3. Duración o vida útil de la fuente lumínica. 45
11.3.1. CURVAS DE DEPRECIACIÓN LUMINOSA DE LAS FUENTES. 46
11.3.2. CURVA DE MORTALIDAD O DE VIDA PROMEDIO DE LAS FUENTES LUMINOSAS. 46
11.3.3. VIDA ECONÓMICA DE LAS FUENTES Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE LUMINARIAS. 47
11.4. Características de reproducción cromática y de temperatura de color. 47
11.5. Deslumbramiento (UGR). 51

11.5.1. APANTALLAMIENTO CONTRA EL DESLUMBRAMIENTO. 52
11.5.2. CONTROL DE LOS REFLEJOS. 53
11.6. Cálculo del factor de mantenimiento (FM). 53
11.6.1. Intervalos de inspección y categoría de limpieza. 55
11.6.2. Periodo de Limpieza. 56
11.6.3. Factor de mantenimiento del flujo luminoso de la lámpara.....57
11.6.4. Factor de supervivicencia de la lampara. 60
11.6.5. El factor de mantenimiento de la luminaria.....60
11.6.6. El factor de mantenimiento de la superficie de la habitación. 62
11.7. Esquema de mantenimiento de las luminarias.....64
11.7.1. Mantenimiento correctivo. 64
11.7.2. Mantenimiento preventivo. 65
11.7.3. Mantenimiento de las instalaciones eléctricas de las luminarias. 65
11.7.4. Inspección y mantenimiento de la acometida de las luminarias. 65
11.7.5. Inspección de las instalaciones eléctricas de las luminarias. 67
❖ *Inspección visual* 67
❖ *Puntos de empalme* 67
11.7.6. Medición y ensayos de la instalación. 68
11.7.7. Mantenimiento y limpieza de los componentes de la luminaria.....68
❖ *Pantalla reflectora.* 69
❖ *Difusor o refractor.* 69
❖ *Cofre.* 70
❖ *Chasis o carcasa.* 70
❖ *Brazo.* 71
11.8. Eficiencia energética mediante control del alumbrado. 72
11.8.1. Control de encendido y apagado manual. 72
11.8.2. Atenuación del flujo luminoso de las bombillas o dimerización manual. .73
11.8.3. Control de encendido y apagado automático. 73
11.8.4. Pasos escalonados con control automático. 73
11.8.5. Sistemas de control automáticos de niveles de iluminación. 73
11.8.6. Salida a atenuadores del flujo luminoso de las bombillas. 74

11.8.7. Salida a Sensores. 75
11.9. Valor de eficiencia energética de la instalación. – VEEI 75
12. MALLA A TIERRA 77
12.1. Cálculo de malla a tierra 77
12.2. Cálculo de la tensión de paso y de contacto.....78
12.3. Cálculo de la malla a tierra de la subestación.....79
12.3.1. Requisitos generales de la malla a tierra.....79
12.4. Parámetros de diseño. 79
12.5. Procedimiento de medición de sistemas de puesta a tierra. 80
12.6. Diseño de la malla a tierra 81
12.7. Diseño y construcción de puesta a tierra. 82
12.8. Parámetros de diseño. 83
13. ANÁLISIS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS 85
13.1. Evaluación del nivel de riesgo.....85
14. ANÁLISIS DE TRABAJO SEGURO (ATS) 89
14.1. Qué es el análisis de trabajo seguro (ATS).....89
14.2. PROCEDIMIENTO PARA UN ATS.....89
15. ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO.....91
15.1. Evaluación del nivel del riesgo. 93
15.2. Factores de riesgo eléctrico más comunes. 99
15.3. Medidas que se deben tomar en situaciones de alto riesgo. 101
16. MEDICIÓN DE ENERGÍA.....103
16.1. Ubicación de los equipos de medida 103
16.2. Cajas y armarios para medidor 103
16.3. Pruebas a equipos de medida 105
16.4. Sellos en equipos de medida.....105
17. ANÁLISIS DE ÍNDICES DE OCUPACIÓN NTC 2050 SECCIÓN 518 SITIOS DE REUNIONES PÚBLICAS 106
17.1. Alcance. 106
17.2. Cálculo de capacidad para el proyecto. 106

17.3. Condiciones de las instalaciones eléctricas para áreas con alta densidad de personas. 108
17.4. Definición de halógenos 109
17.5. Definición cable libre de halógenos 109
17.6. Requerimientos retie de obligatorio cumplimiento 109
17.7. Características de los conductores libres en halógenos. 109
17.8. Identificación de cables libres de halógenos 110
17.9. Consideraciones previas a la instalación de conductores libres de halogenuros metálicos 110
18. BIBLIOGRAFIA 111

LISTA DE FIGURAS

Figura N°1. Localización Satelital. 12
Figura N°2. Distancias de Seguridad en Campo. 29
Figura N°3. Luminaria PANEL LED RD 18W DL 49
Figura N°4. Luminaria PANEL LED CUADRADO 40W. 50
Figura N°5. Tensión de Contacto 78
Figura N°6. Tensión de Paso. 78
Figura N°7. Método de Wenner o método de los cuatro puntos. 80
Figura N°8. Medida de Resistividad de Terreno. 83
Figura N°9. Datos de Entrada Software IEC RISK. 86
Figura N°10. Datos de Entrada Software IEC RISK. 87
Figura N°11. Formato de Análisis de trabajo seguro. 90
Figura N°12. Factores de riesgo más comunes. 101
Figura N°13. Armario para equipo de conexión semidirecta TM-009 104

LISTA DE TABLAS

Tabla N°1. Resumen Tablero Centro de Carga (TCC). 18
Tabla N°2.Transformador Escogido. 19
Tabla N°3. Selección de subestación y protección....19
Tabla N°4. Cálculo de protecciones en baja y media tensión. 20
Tabla N°5. Capacidades de corriente para conductores THHN/THWN. 22
Tabla N°6. Perdida Máxima de Potencia y Energía Media tensión. 23
Tabla N°7. Perdida Máxima de Potencia y Energía Baja tensión. 23
Tabla N°8. Perdida de Regulación Media tensión. 23
Tabla N°9. Perdida de Regulación Baja tensión....23
Tabla N°10. Máxima tensión Nominal y el MCOV. 33
Tabla N°11. Niveles de aislamiento red de media tensión. 35
Tabla N°12. Distancias mínimas de fuga. 38
Tabla N°13. Código de Colores para Conductores. 39
Tabla N°14. Cuadro de Cargas Tablero Primer Piso (TDN1) 40
Tabla N°15. Cuadro de Cargas Tablero Primer Piso (TDN2) 40
Tabla N°16. Cuadro de Cargas Tablero Segundo Piso (TDN3) 41
Tabla N°17. Cuadro de Cargas Tablero Segundo Piso (TDN4) 41
Tabla N°18. Cuadro de Cargas Tablero Red Regulada. 41
Tabla N°19. Calculo índice de ocupación de ductos. 42
Tabla N°20. Niveles de Iluminancia, Deslumbramiento e IRC 44
Tabla N°21. Comparación principales fuentes luminosas. 45
Tabla N°22. Clasificación de las fuentes luminosas de acuerdo con su Índice de reproducción del Color. 47
Tabla N°23. Tipos de fuentes luminosas en función de sus características de temperatura de color e índice de reproducción cromática....48
Tabla N°24. Ángulos mínimos de apantallamiento para luminancias de fuentes especificadas....53
Tabla N°25. Intervalos recomendados de inspección de sistemas de iluminación en diferentes entornos de trabajo. 56
Tabla N°26. Intervalos de limpieza aproximados para diversas luminarias utilizadas. ...56
Tabla N°27. Factor de mantenimiento de la luz de la lámpara (LLMF) y factor de supervivencia de la lámpara (LSF). 58
Tabla N°28. Características Luminotécnicas proyector bala led 24W. 58
Tabla N°29. Horas de Operación típicas anuales....59
Tabla N°30. Factor de mantenimiento de luminarias (LMF). 61
Tabla N°31. Factor de Mantenimiento de la Superficie de la Habitación (RSMF). 63
Tabla N°32. Valores límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI) 76

Tabla N°33. Nivel de riesgo y medidas de mitigación. 87
Tabla N°34. Porcentaje de personas que se protegen según la corriente de disparo. ...92
Tabla N°35. Matriz de riesgos. 94
Tabla N°36. Evaluación de matriz de riesgo por arco eléctrico. 95
Tabla N°37. Evaluación de matriz de riesgo por contacto directo 96
Tabla N°38. Evaluación de matriz de riesgo por cortocircuito. 97
Tabla N°39. Evaluación de matriz de riesgo por sobrecarga. 98
Tabla N°40. Factor de Carga de Ocupantes. 107

SINTESIS DEL PROYECTO

- Número de Usuarios: 1 Usuario
- Carga Total Instalada: 57.40 KVA
- Demanda Diversificada: 42.36 KVA
- Cantidad de Transformadores: 1 de 45 KVA
- Líneas y Redes: Longitud Baja Tensión: 0.050Km
- Líneas y Redes: Longitud Media Tensión: 0.130Km
- Cantidad de Medidores: Se dispondrá de un medidor de energía semidirecta en un tablero de medidores con codificación EBSA TM-009

Según el Artículo 10 del RETIE, Toda instalación eléctrica, debe contar con un diseño realizado por un profesional o profesionales legalmente competentes para desarrollar esa actividad. El diseño podrá ser detallado o simplificado según el tipo de instalación.

Este diseño será Detallado, Debido a que se requiere una tensión 13.2KV para su funcionamiento, Por ende, debe cumplir con todos los requisitos establecidos en el numeral 10.1.1 del RETIE.

Este diseño debe cumplir con todos los criterios establecidos en el RETILAP, ya que para este tipo de proyectos se deben garantizar niveles de iluminación óptimos por ser una edificio de tipo institucional (Educativo).

1. DESCRIPCION DEL PROYECTO.

1.1. Generalidades.

El proyecto para la construcción de la nueve sede de la “Tecno Academia” del municipio del Sogamoso - Boyacá, es un edificio de tipo institucional de dos (2) plantas, con un área aproximada de 2000.0m^2, el cual cuenta con los siguientes servicios:

- Zonas de atención a ciudadanos
- Ambiente de electrónica y comunicaciones
- Ambiente de Ingeniería y Diseños
- Zona de Coworking
- Ambiente Polivalente múltiple
- Ambiente Integral Steam
- Ambiente de Nanotecnologías
- Sala de Grabaciones
- Ambiente de Tecnologías Virtuales
- Cafetería
- Cocina
- Zonas de Parqueo

1.2. Normatividad.

El presente diseño tiene como base los lineamientos dictaminados por el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050, La norma RETIE y la norma RETILAP

1.3. Localización.

El proyecto se encuentra ubicado en el municipio de Sogamoso – Boyacá, en la dirección Calle 50 N°10ª -331, como se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura N°1. Localización Satelital.
Fuente. Google Earth.

1.4. Tipo de servicio y medida.

Para alimentar las cargas del proyecto se requiere de un servicio trifásico en 13.2KV/208V/123V, suministrado por la red de media tensión de **EBSA S.A E.S. P** con una regulación máxima del 3% tal como se indica en los planos adjuntos, previa aprobación del operador de red. La medida del consumo será registrada por un (1) equipo de medida semidirecta, con un uso total de la energía **Oficial**.

1.5. Carga instalada.

La carga total del proyecto será determinada por la sumatoria de cada una de las salidas de iluminación, fuerza y especiales presentes dentro del proyecto sin ninguna diversificación, que para este caso sería la sumatoria directa de cada uno de los tableros que componen el proyecto.

Carga Total Instalada= 57.40 kVA

2. SEGURIDAD EN INSTALACIONES ELECTRICAS.

En todo proceso productivo donde interviene la Energía Eléctrica, los incidentes de trabajo se convierten con gran facilidad en accidentes graves y mortales. Por el alto nivel de riesgo que está siempre latente en todo trabajo es que siempre se debe tener en cuenta:

- Desarrollar e implementar estándares de operación de trabajos sobre líneas desenergizadas.
- Crear un ambiente de trabajo en donde la seguridad y el autocuidado sea un hábito.

2.1. Personal de trabajo.

- Ingeniero: Persona responsable de vigilar y controlar la ejecución del trabajo haciendo cumplir las normas y procedimientos de seguridad.
- Capataz o jefe de trabajo: Es la persona encargada de hacer cumplir y acatar la aplicación de las normas y procedimientos seguros del trabajo.
- Técnico Electricista: Responsable tanto de la ejecución correcta del trabajo como de la seguridad del personal bajo su mando y de las instalaciones delimitadas por la zona de trabajo.
- Ayudante: Persona que realiza el trabajo dirigido por el líder del trabajo, debidamente formado y entrenado.
- Cuadrilla o grupo de trabajo: Grupo de trabajadores debidamente formados y entrenados, dirigidos por un jefe o líder de trabajo.

Siendo el recurso humano el pilar de toda organización es indispensable que el personal que trabaje en Instalaciones Eléctricas cumpla con una serie de necesidades que le permitan desarrollar con seguridad y buen desempeño su trabajo.

Todo el personal que labore debe cumplir con los siguientes requerimientos:

Características físicas:

- Destreza manual
- Coordinación motriz
- Tener buenos reflejos
- Flexibilidad
- No tener impedimentos físicos
- No debe poseer prótesis metálicas
- Tener buena agudeza visual
- El cabello no debe estar más abajo del cuello de la camisa

Salud:

- No tener marcapasos
- No poseer problemas sanguíneos
- No ser diabético
- No poseer problemas del corazón
- No ser alcohólico
- No consumir drogas (Sedantes, alucinógenas ni depresivas)

Psicológicas - mentales:

- Temperamento tranquilo
- Serio
- No conflictivo
- Que promulgue el compañerismo.

3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN

No se debe permitir a ningún trabajador la ejecución de algún trabajo, si no utiliza los equipos de protección requeridos, adecuados y que se encuentren en buen estado. Es obligación de los trabajadores el cuidado, mantenimiento, resguardo y uso correcto de los equipos de protección.

Los equipos de protección deben ser inspeccionados por los trabajadores antes de cada utilización, de encontrasen en mal estado, no los debe utilizar y gestionar su reposición a través del Capataz o del Ingeniero residente o director encargado de la obra.

Todo el personal que participe en un trabajo de Instalaciones Eléctricas debe estar dotado del equipo de protección individual.

Equipo de dotación individual:

- Cabeza: Casco con barbuquejo que cumpla con el reglamentado de construcción de obras civiles en alturas.
- Cara (ojos): Gafas con filtro UV.
- Extremidades superiores: Guantes de cuero reforzados.
- Tronco y tórax: Arnés con protección Pélvica con eslinga de seguridad.
- Chaleco reflectivo para personal en tierra.
- Extremidades inferiores: Botas.

3.1. Equipos auxiliares de seguridad

El responsable del trabajo indicara a los operarios la ubicación correcta tanto de conos, avisos y cintas de demarcación o encerramiento.

3.1.1. Equipos de señalización:

- Conos de seguridad
- Cinta bicolor de encerramiento
- Vallas de señalización

- Equipos de prevención y accesorios de seguridad:
- Botiquín portátil de primeros auxilios
- Linterna
- Bolsa portaherramientas
- Cuerda de servicio
- Escalera

3.1.2. Planeación del trabajo.

Todo trabajo debe planearse cuidadosamente. Antes de iniciar cualquier actividad el grupo de trabajo debe reunirse para analizar los posibles riesgos y las medidas de seguridad que deben adoptarse, así como los procedimientos y equipos de trabajo y de seguridad de emplear en cada caso.

4. *Reglas de oro.*

Toda intervención sobre instalaciones eléctricas se debe efectuar solo después de aplicar las reglas de oro.

- Primera regla: Abrir con corte posible. Se llama corte visible a la apertura de un circuito eléctrico, con el fin de separar una instalación de toda fuente de tensión constatable visualmente.
- Segunda regla: Realizar condenación, enclavamiento o bloqueo. Se conoce como bloqueo o condenación de los aparatos de corte visible, al conjunto de operaciones destinadas la maniobra de dicho aparato, esto permite mantenerlo en una posición determinada. Con esto se impide una falla técnica, una causa imprevista y un error humano. Se debe colocar la señal NO ENERGIZAR.
- Tercera regla: Verificación de ausencia de tensión. Es la realización de todas aquellas operaciones que mediante operación la operación de equipos adecuados se comprueba que no hay tensión en los conductores de una instalación eléctrica.
- Cuarta regla: Instalación de equipo de puesta a tierra. En las estructuras se instalarán sistemas de puesta a tierra temporal, que consiste en unir entre si todas

las fases de una red desenergizada, mediante un elemento conductor de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra.

- Quinta regla: Señalizar y delimitar el área de trabajo. Es la operación de indicar mediante frases o símbolos la existencia de un riesgo, Es dar un mensaje que debe cumplirse para prevenir accidentes y hechos que lamentar. La delimitación de las zonas de trabajo tiene como fin el limitar la circulación de personal por el área de riesgo.

5. CALCULO DEL TRANSFORMADOR Y ANALISIS DE CARGAS.

3.1.1 Reglamentación de transformador. Actualmente el “RETIE” solo tiene requisitos para los Transformadores Eléctricos con Potencias Eléctricas superiores a los 3 KVA.

El “RETIE”, tiene requisitos de seguridad y entre estos están las exigencias de los dispositivos de puesta a tierra del transformador, los dispositivos de alivio de sobretensión para los transformadores sumergidos en líquido refrigerante y el factor de seguridad para los dispositivos de soporte.

Adicionalmente el “RETIE” tiene requisitos de instalación de los transformadores, estos requisitos buscan la seguridad del sitio donde serían instalados, entre estos esta la prohibición de instalar transformadores refrigerados en aceite en pisos que estén por encima de lugares muy frecuentados por las personas, las exigencias para transformadores instalados en bóvedas dependen de la potencia y del tipo de transformador a instalar.

5.1. Dimensionamiento carga del proyecto.

Para el proyecto de la “Tecno Academia” se tiene contemplado la construcción de un tablero general de distribución (TCC), del cual se deriva un tablero de transferencia para las cargas indispensables del proyecto.

RESUMEN TABLERO TCC TECNO ACADEMIA SOGAMOSO				
TABLEROS	CARGA TOTAL INSTALADA (KVA)			TIPO DE TABLERO
	ALUMBRADO	TOMAS GENERALES	TOMAS ESPECIALES	
TDN1	2.93	5.04	0.00	Trifásico
TDN2	2.79	5.22	7.50	Trifásico
TDN3	3.09	6.48	6.00	Trifásico
TDN4	2.52	5.94	0.00	Trifásico
TDRR	0.00	9.90	0.00	Bifásico
TCC	**11.32**	**32.58**	**13.50**	**Trifásico**
Dmd=11.32x100% + 10.00x100% + 22.58x50% + 6.00x100% + 7.50X50%				**42.36**

Tabla N°1. Resumen Tablero Centro de Carga (TCC).
Fuente. Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en la tabla anterior se realiza una breve descripción de la carga de los tableros presentes dentro del proyecto, evidenciando que la demanda diversificada del proyecto es de 42.36 kVA, por consiguiente, se tiene que escoger un transformador que pueda administrar esta carga, siendo el transformador de 45.00 kVA el más cercano.

TRANSFORMADOR TECNO ACADEMIA SOGAMOSO				
N° TRANSFORMADOR	DEMANDA DIVERSIFICADA (KVA)	TRANSFORMADOR ESCOGIDO (KVA)	TIPO DE TABLERO	NIVEL DE TENSION (KVA)
1	42.36	45.00	Trifasico	13.2KV/208V/110V

Tabla N°2.Transformador Escogido.
Fuente. Elaboración Propia.

Se escoge Transformador 3ø 45.00 kVA 13.2kV±2X2.5%/123-214 Norma ONAN 819

5.2. Selección de tipo de subestación para el proyecto.

Se instalará un transformador de 45.00 KVA aéreo en la acera frente al proyecto, en un poste de 12.0 m extrareforzado, pero para brindar seguridad al proyecto se decide realizar el desarrollo de la red en baja tensión subterránea.

5.3. Selección de protección eléctrica para la subestación eléctrica.

En el presente numeral se realizan los cálculos de corrientes, protecciones y dimensionamiento de ductos para el centro de carga. En la siguiente tabla se muestran las corrientes en media tensión (13,2 KV) y baja tensión (208 V), para cada centro de carga.

CORRIENTES EN MEDIA Y BAJA TENSION			
ÍTEM	POTENCIA TRANSFORMADOR	CORRIENTE DEVANADO PRIMARIO (A)	CORRIENTE DEVANADO SECUNDARIO (A)
1	45	1.85	135.22

Tabla N°3. Selección de subestación y protección
Fuente. Elaboración Propia.

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla anterior se procede a calcular las protecciones en baja y media tensión.

CALCULO DE PROTECCIONES EN BAJA Y MEDIA TENSION					
ÍTEM	POTENCIA (KVA)	CORRIENTE DEVANADO PRIMARIO (A)	PROTECCIÓN ELÉCTRICA FUSIBLE DUAL (A)	CORRIENTE DEVANADO SECUNDARIO (A)	PROTECCIÓN ELÉCTRICA INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO (A)
1	45	1.85	10.0A	135.22	3X150A

Tabla N°4. Cálculo de protecciones en baja y media tensión.
Fuente. Elaboración Propia.

Después de obtener las protecciones se procede a escoger el diámetro de la tubería de las redes de baja tensión que componen el proyecto dejando 2 tubos de 4” en PVC Conduit tipo pesados, uno contendrá los conductores que alimentaran el proyecto y el otro quedara de reserva ante cualquier eventualidad.

6. DISEÑO DE LAS REDES MT y BT.

La magnitud del proyecto no requiere cálculos detallados en cada uno de los componentes de la línea, se respetan unas condiciones mínimas de regulación, capacidad de corriente, aislamiento, distancias horizontales y verticales, así como las características de herrajes y crucetas.

La elección de conductores y sistema de alimentación se ajustan a todos los requerimientos hechos en el numeral 2.3, adicionalmente todos los componentes deben respetar niveles de aislamiento (por recubrimiento o por separación) que se requieren de acuerdo con los niveles de tensión que maneja todo el sistema, en este caso tenemos 13,2 KV para MT y 600 V para BT.

El numeral 2.3 tabla 1 de las Normas EBSA S.A, se establecen los niveles de tensión a utilizar de acuerdo con el tamaño de la carga que vamos a alimentar.

6.1. Nivel de Tensión.

De 0 a 30 KVA. Tenemos servicio en B.T.

De 30 a 500 KVA. Tenemos Servicio trifásico a 13,2 KV

De 500 KVA en adelante tenemos servicio a 34,5 KV

Nota: El tope máximo a 34,5 será motivo de consulta con el Operador de Red.

6.2. Capacidad de corriente.

La capacidad de corriente del conductor seleccionado debe ser superior a la corriente de la capacidad instalada.

CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)			
Calibre AWG o kcmil	TW 60°C	THW 75°C	THHN/THWN 90°C
14	20	20	25
12	25	25	30
10	30	35	40
8	40	50	55
6	55	65	75
4	70	85	95
2	95	115	130
1	110	130	150
1/0	125	150	170
2/0	145	175	195
3/0	165	200	225
4/0	195	230	260
250	215	255	290
350	260	310	350
500	320	380	430
Hasta tres conductores transportando corriente, en una canalización, cable o en enterramiento directo a una temperatura ambiente de 30°C			

Tabla N°5. Capacidades de corriente para conductores THHN/THWN.
Fuente. Catálogo de conductores Centelsa.

6.3. Pérdida de Potencia y Energía.

En un sistema eléctrico que está en funcionamiento se presentan dos tipos de pérdidas, las primeras a las cuales llamo pérdidas de operación o funcionamiento tienen que ver con conexiones fraudulentas, fugas de energía, es decir, consumos no registrados; las segundas tienen relación directa con la puesta en marcha de todos y cada uno de los componentes del sistema eléctrico, donde encontramos pérdidas en núcleos devanados, conductores, conexiones, etc. De todas estas pérdidas la más importante es la que se da por calentamiento del conductor o efectos Joule.

Las pérdidas se calculan como el cuadrado del corriente multiplicado por la resistencia del conductor, asumiendo una distribución o balance ideal de cargas para cada una de las fases. Estas también se conocen como el porcentaje de pérdidas en el conductor de un circuito y se expresan como la razón de la pérdida I2*R o del conductor en kilovatios a los kilovatios entregados por el propio circuito o trayecto (multiplicado*100 para convertirla en tanto por ciento).

NIVEL DE TENSION (KV)	PÉRDIDAS DE POTENCIA (%)	PERDIDAS DE ENERGIA (%)
13,2	2,5	1,5
34,5	2,5	1,5

Tabla N°6. Perdida Máxima de Potencia y Energía Media tensión.
Fuente. Norma de Diseño de la EBSA.

NIVEL DE TENSIÓN (V)	PERDIDAS DE POTENCIA (%)			PERDIDAS DE ENERGIA (%)		
	Sector urbano		Sector rural	Sector urbano		Sector rural
	Red aérea	Red subterránea	Red aérea	Red aérea	Red subterránea	Red aérea
240- 120	2,5	2,5	3,0	2,0	2,0	5,0
208 - 120 214 - 123 220 - 127	2,5	2,5	3,0	2,0	2,0	5,0

Tabla N°7. Perdida Máxima de Potencia y Energía Baja tensión.
Fuente. Norma de Diseño de la EBSA.

6.4. Regulación de Tensión.

NIVEL DE TENSION URBANO Y RURAL (KV)	REGULACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE (%)
13,2	3,0
34,5	2,0

Tabla N°8. Perdida de Regulación Media tensión.
Fuente. Norma de Diseño de la EBSA.

NIVEL DE TENSIÓN DE LA RED (V)	VALOR MAXIMO DE REGULACION (%)	
	SECTOR URBANO	SECTOR RURAL
240- 120	5,0	7,0
208 - 120	5,0	5,0

Tabla N°9. Perdida de Regulación Baja tensión.
Fuente. Norma de Diseño de la EBSA.

Para nuestro caso para las redes de media tensión no deben superar una regulación del 3% y para baja no debe superar el 5%, debido a que se encuentra ubicado en el casco urbano del municipio. En las siguientes tablas se presenta el resumen de la regulación y el cálculo de potencia para redes de baja y media tensión.

6.5. Cálculo de pérdidas de regulación, potencia y energía.

Para calcular las pérdidas de regulación, potencia y energía se deben tener en cuentas los siguientes parámetros: Longitud de la Red Analizada, Material, Calibre, Constante de Regulación, Resistencia.

6.5.1. Cálculo de pérdidas de regulación.

Para saber cuál es la perdida de regulación del proyecto, es necesario remitirse a la ecuación N°5 de la norma de diseño de la EBSA:

$$\varepsilon(\%) = Me * K$$

Donde:

Momento eléctrico:

$$Me = KVA * m$$

En la que se define que la perdida de regulación es igual a la carga que soporta el conductor, multiplicada por la distancia del trayecto y la constante propia del material, obteniendo:

6.5.2. Regulación media tensión.

CONDUCTOR DE ALUMINIO ASCR N°1/0 L=130.00m

E (%) = 42.36 kVA * 0.130Km * 4.0227 x10e-7

E (%) = 0.0024%

La regulación obtenido es del 0.0024%, siendo mucho menos a la estipulada por la empresa que solicita que la regulación debe ser menor del 3% para la red de media tensión.

6.5.3. Regulación baja tensión.

CONDUCTOR DE COBRE THHN CALIBRE N°2/0 L=50.00m

E (%) = 42.36 KVA * 0.050Km *0.000111955

E (%) = 1.02%, siendo mucho menos a la estipulada por la empresa que solicita que la regulación debe ser menor del 5% para la red de baja tensión.

6.5.4. Cálculo de pérdidas de potencia y energía.

Para saber cuáles son las pérdidas de potencia y energía presentes dentro del proyecto es necesario remitirse a la ecuación N°8 de la norma de diseño de la EBSA:

$$P_{perd} = I_{nom}^2 \cdot R_{cond} \qquad \textbf{(Ec. 8)}$$

Para efectos de cálculo de pérdidas de potencia y energía, la resistencia del conductor debe ser calculada a una temperatura no inferior a la máxima temperatura de operación correspondiente:

- 50°C, si la condición límite es la regulación, o,
- La temperatura nominal del conductor si la condición límite es la capacidad de corriente.

En la que se define que la perdida de potencia es igual a la corriente nominal elevada al cuadrado multiplicada por la resistencia del conductor, obteniendo:

6.5.5. Perdida de potencia media tensión.

CONDUCTOR DE ALUMINIO ASCR N°1/0 In=1.85 Amp

$P_{P.}$ (%) = 1.85 Amp^2 * 0.63 Ω/Km*0.0130Km/42.36KvA

$P_{P.}$ (%) = 0.0067%

La pérdida de potencia obtenida es de 0.0067% siendo mucho menos a la estipulada por la empresa que solicita que la perdida de potencia debe ser menor del 2.5% para la red de media tensión.

6.5.6. Perdida de potencia baja tensión.

CONDUCTOR DE COBRE THHN CALIBRE N°2/0 In=135.22Amp

$P_{P.}$ (%) = 135.22 Amp^2 * 0.183 Ω/Km*0.050Km / (42.36KvA)

$P_{P.}$ (%) = 0.29%, siendo mucho menos a la estipulada por la empresa que solicita que la perdida de potencia debe ser menor del 3% para la red de baja tensión.

6.6. Evaluación económica de conductores.

En los ítems anteriores se verificó que los conductores escogidos cumplieran los requerimientos técnicos. Miremos ahora los costos de dichas redes, así como el costo aproximado del consumo de energía.

6.6.1. Red M.T. aérea.

Para la red de media tensión se utilizaron 130.0m de cable 3(1/0) ACSR, el cual tiene un costo por ml de $21.000, por ende, el costo total de tendido de red de media tensión tendrá un costo de $2’730.000.

6.6.2. Red B.T. Subterránea

Para la red en baja tensión se tendrán 50.0m de acometida principal es decir del equipo de medida al tablero TCC que será en 4(2/0) +1(2) CuTHHN, el cual tiene un costo por ml de $250.000, por ende, el costo total de tendido de red de baja tensión tendrá un costo de $12’500.000.

Con estos valores el tendido de las redes tanto de media como baja tensión tendrá un costo total de $15’230.000

6.7. Costo de la energía (CE) consumida en un mes.

Por ser un edificio institucional se asumen que trabajaran 5 días a la semana con una carga de 42.36 kVA que equivale a la carga de diseño del proyecto, con una duración promedio de 12 horas al día. Este valor es multiplicado por el precio promedio del Kwhr para esta zona que es aproximadamente de $1000 y por el número de días hábiles del mes que es de 20 días.

CE = (42.36 kVA * 12hr) * $1000/Kwhr * 20 días

CE = $10’166.400

Para determinar el tiempo de recuperación del costo de los conductores deberíamos valorar todos los componentes del sistema eléctrico y fijar su incidencia, de lo contrario estaríamos incurriendo en una evaluación errada.

7. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

Para cumplir con lo estipulado en el RETIE específicamente lo detallado:

“Artículo 13º. Distancias de seguridad. Para efectos del presente Reglamento y teniendo en cuenta que frente al riesgo eléctrico la técnica más efectiva de prevención, siempre será guardar una distancia respecto a las partes energizadas, puesto que el aire es un excelente aislante, en este apartado se fijan las distancias mínimas que deben guardarse entre líneas eléctricas y elementos físicos existentes a lo largo de su trazado (carreteras, edificios, etc.) con el objeto de evitar contactos accidentales.

Las distancias verticales y horizontales que se presentan en las siguientes tablas, se adoptaron del National Electrical Safety Code, ANSI C2 versión 2002; todas las tensiones dadas en estas tablas son entre fases, para circuitos con neutro puesto a tierra sólidamente y otros circuitos en los que se tenga un tiempo despeje de falla a tierra acorde con el presente Reglamento.
Todas las distancias de seguridad deberán ser medidas de centro a centro y todos los espacios deberán ser medidos de superficie a superficie. Para la medición de distancias de seguridad, los accesorios metálicos normalmente energizados serán considerados como parte de los conductores de línea. Las bases metálicas de los terminales del cable y los dispositivos similares deberán ser tomados como parte de la estructura de soporte. La precisión en los elementos de medida no podrá tener error de más o menos 0,5%. Los conductores denominados cubiertos o semiaislados y sin pantalla, es decir, con un recubrimiento que no esté certificado para ofrecer el aislamiento en media tensión, deben ser considerados conductores desnudos para efectos de distancias de seguridad, salvo en el espacio comprendido entre fases del mismo o diferente circuito, que puede ser reducido por debajo de los requerimientos para los conductores expuestos cuando la cubierta del conductor proporciona rigidez dieléctrica para limitar la posibilidad de la ocurrencia de un cortocircuito o de una falla a tierra. Cuando se reduzcan las distancias

entre fases, se deben utilizar separadores para mantener el espacio entre ellos". A continuación, se presenta las distancias de seguridad verificadas en campo para el proyecto.

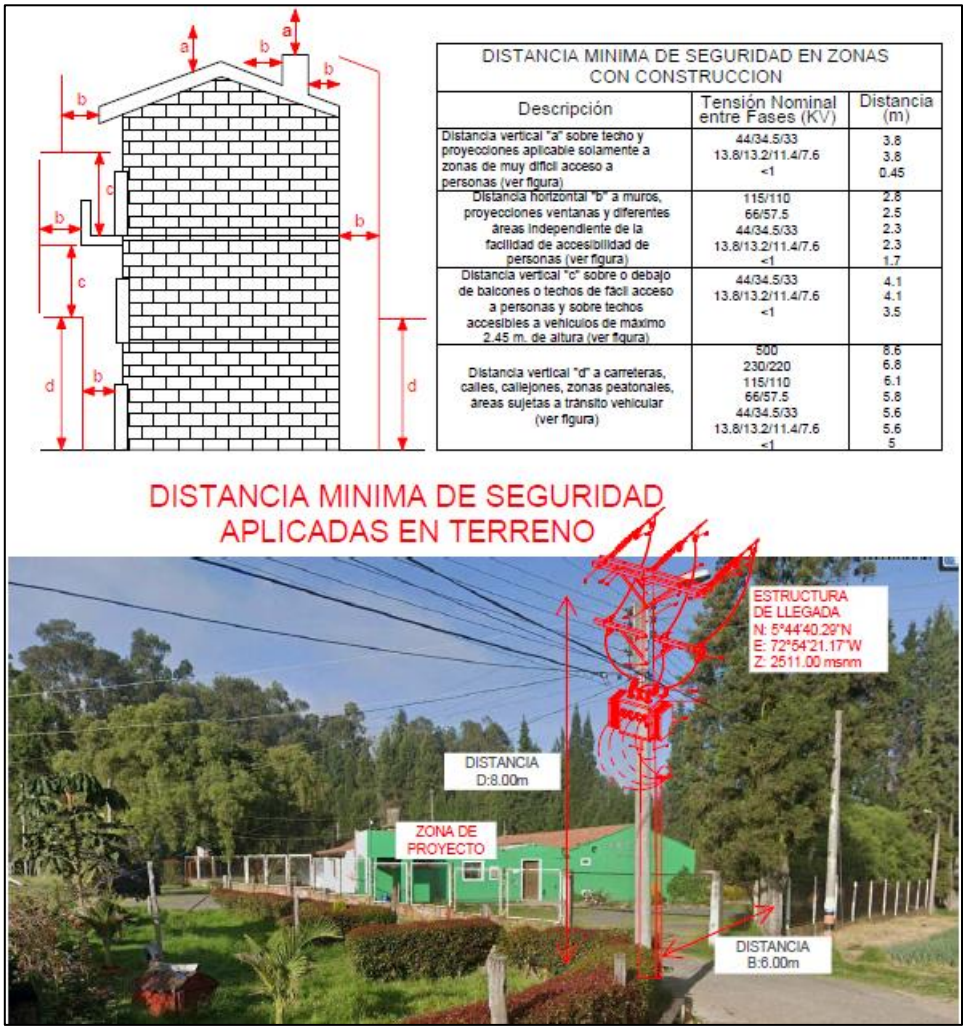


Figura N°2. Distancias de Seguridad en Campo.
Fuente. Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en la figura anterior el proyecto cumple a cabalidad con las distancias de seguridad exigidas para media tensión, para baja tensión no aplica el concepto de distancias de seguridad ya que las redes son subterráneas.

8. CÁLCULO, SELECCIÓN Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES.

Todos los alimentadores primarios, ramales, derivaciones y acometidas en media tensión deben poseer protección contra sobrecorriente originada por corto circuitos y sobrecargas, dicha protección se hará con fusibles, reconectado res, relés, interruptores, instalados en el punto de conexión o arranque los circuitos de distribución general BT, así como los de fuerza (cargas especiales deben protegerse contra fenómenos similares. Dicha función la realizan los interruptores automáticos, llamadas también breakers, tacos o interruptores termomagnético). Las características constructivas y operativas se hacen más exigentes en la medida que estos aparecen aguas arriba de la instalación, la elección de estos elementos está de acuerdo con las condiciones de operación: a) corriente nominal, b) nivel de tensión, c) corriente de cortocircuito en el punto de instalación número de polos y sistema de conexión. Una descripción detallada podemos encontrarla en la sección 3.2 normas EBSA, sección 240 y 430 de la norma ICONTEC 2050. Este procedimiento involucra las protecciones, tanto en el lado primario (13.2KV) como en el lado secundario (123-214V) del transformador; teniendo en cuenta los tiempos para el despeje de las fallas, los datos suministrados por los fabricantes de equipos, así como los entregados por el operador de red.

8.1. Elementos de protección contra sobrecorriente.

Para la protección contra sobrecorriente en MT se utilizan los fusibles que deben cumplir con los siguientes requisitos:

- El nivel de aislamiento debe seleccionarse con base en la tensión nominal del sistema.
- La corriente máxima de carga no debe ser superior a la corriente nominal del elemento.
- La capacidad de interrupción del elemento no debe ser superior a la máxima corriente de cortocircuito en el lugar de la instalación.

- La corriente mínima de operación del elemento de protección no debe ser superior a la capacidad de corriente del conductor utilizado en el circuito a proteger.

8.2. Coordinación fusible-fusible.

Para protección de redes en MT se permite la utilización de fusibles tipo KTH especificados según la norma ANSI C37, 42. Para la adecuada coordinación con fusibles el 75% del tiempo mínimo de fusión no debe ser inferior al tiempo máximo de despeje de los fusibles instalados aguas abajo para el intervalo de corrientes de falla comunes. El calibre de los fusibles utilizados debe ser el mismo en todas las fases. Al reemplazar fusibles se debe tener en cuenta tanto la intercambiabilidad desde el punto de vista eléctrico como mecánico.

8.3. Cálculo del fusible en MT.

I = S/ (√3 * VL) = 42.36 KvA / (√3*13.2KV) = 1.85 Amp

Selecciono un fusible de 10A

Para usuarios particulares el tiempo máximo de operación de la protección principal en MT no debe ser inferior al tiempo mínimo de fusión (fusibles) del elemento ubicado aguas arriba en la red propiedad de EBSA. Los tiempos mínimos de coordinación se deben establecer de acuerdo con los criterios mencionados.

8.4. Corrientes de cortocircuito en baja tensión.

Según lo establecido en la NTC 2797 para calcular la Icc en el tablero de medidores (TM-004), se debe calcular la Zcc que en este caso es igual a la impedancia de la acometida cuyas características son: Red Subterránea, Trifásica tetrafilar en 3(2/0F) +1(2/0N) + 1(2T) CuTHHN con una longitud de 50.00m

ra= 0.4800 Ω/Km

Ra= 0.48000 Ω/Km * 0.050Km = 0.024

xa= 0.12000 Ω/Km

Xa= 0.12000 Ω/Km * 0.050Km = 0.006

$Zcc = \sqrt{(Ra^2 + Xa^2)} = \sqrt{(0.024)^2 + (0.006)^2}$

Zcc= 0.025Ω

Por lo tanto, Icc = V / (√3*Zcc)

Icc= V / (√3*Zcc) = 208V / (√3 *0.025) = 4854.30 Amp

Ahora bien, para la acometida con una carga máxima diversificada de 42.36 kVA tenemos que la In=117.58 Amp Ip= In*1.15=135.22 Amp por esta se implementará una protección termomagnético de **3x150A - 500V - 10KA**

8.5. Protección contra sobretensiones.

En esta sección se incluyen exclusivamente requisitos para elementos de protección utilizados en la descarga a tierra de sobretensiones de origen externo e interno. Los requisitos de aislamiento y apantallamiento de redes en MT se tratan en otros capítulos de las presentes memorias.

La red eléctrica de MT debe estar protegida en forma adecuada contra sobretensiones originadas por descargas atmosféricas y/o maniobras, el objetivo de la protección contra sobretensiones es evitar daños en los equipos propios del sistema de distribución y riesgos en la salud de la población, garantizando al mismo tiempo la continuidad en el servicio.

Para redes en MT se deben instalar dispositivos de protección contra sobretensiones en los puntos de conexión de ramales, acometidas subterráneas, equipos de accionamiento, bancos de condensadores, etc.

8.6. Elementos de protección contra sobretensiones.

Para la protección de redes en MT contra sobretensiones, se consideran exclusivamente los siguientes dispositivos descargadores de óxido metálico, para su selección se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- Número de descargas atmosféricas por año o nivel ceráunico
- Sobretensiones presentes en el sistema
- Máxima tensión de operación del sistema

Para este caso tenemos los siguientes datos:

Voltaje nominal = 15KV, Nivel Básico de Aislamiento (BIL) = 100 KV, Voltaje de prueba en seco durante un minuto a 60Hz = 12KV, Voltaje de prueba en húmedo durante 10 segundos a 60Hz = 10KV, Frecuencia de Operación = 60Hz.

La máxima tensión nominal y el MCOV de un descargador de óxido metálico no debe ser inferior a los valores incluidos en la siguiente tabla de la norma de la empresa de energía.

TENSION DEL SISTEMA (kV)	TENSION NOMINAL (kV)	MCOV (kV)
13,2	12	10,2
34,5	30	24,4

Tabla N°10. Máxima tensión Nominal y el MCOV.
Fuente: Norma de Diseño de la EBSA.

El MCOV no debe ser inferior a la tensión máxima a la que es sometido el descargador bajo condiciones normales de operación del sistema. El tiempo de duración de las sobretensiones a frecuencias industrial superior al MCOV para descargadores de óxido metálico debe ser menor al tiempo máximo admisible para el descargador específico, según información suministrada por el fabricante.

La corriente de descarga especificada no debe ser inferior a 10KA, los descargadores de sobretensión se deben instalar en el punto de conexión aguas abajo del equipo de seccionamiento correspondiente.

Cuando el medio de seccionamiento consista en cortacircuitos fusibles los descargadores de sobretensión irán en la misma cruceta, respetando las distancias mínimas establecidas.

La longitud de los conductores de conexión del descargador a línea y tierra deben ser tan pequeños como sea posible, evitando curvaturas pronunciadas; la distancia entre el equipo a proteger y el descargador debe ser de la mínima longitud posible y preferiblemente irán sobre la misma estructura de éste.

La sección transversal del conductor de conexión de los descargadores no puede ser inferior a 2AWG en Cu y la resistencia de puesta a tierra debe ser mayor de 10 ohm.

9. ANÁLISIS Y COORDINACIÓN DE AISLAMIENTOS.

El uso controlado de la energía eléctrica exige un conocimiento claro de cada uno de los componentes utilizados, ya que una exposición directa implica un riesgo letal para el ser humano, animales y equipos.

Se requiere por lo tanto desde este punto de vista definir qué elementos son conductores y cuáles no son conductores (aislantes).

Fundamentalmente existen dos formas de dar aislamiento a un componente del sistema eléctrico que es conductor y está energizado: la primera consiste en dar una separación física con respecto a las otras partes usando el aire como aislante; esta situación implica conocer el entorno donde se instala el sistema eléctrico para que agentes externos o la contaminación no incidan en el funcionamiento. La segunda forma de dar aislamiento es cubrir o rodear dicha componente con materiales cuya naturaleza aislante anule el riesgo de un contacto directo.

Con la participación de diferentes entidades se han normalizado todas las condiciones y características de los equipos y construcciones con respecto al nivel de aislamiento que debe tener en condiciones normales y extremos de funcionamiento. Para una mayor información sobre el tema se sugiere ver sección 3.3 de las normas de la EBSA, capítulos 2 y 4 del RETIE sobre aislamientos y distorsión de seguridad.

Debemos respetar los niveles de aislamiento normalizados para redes en MT, que establece el operador de red, tal como aparece en la siguiente tabla:

TENSIÓN NOMINAL DEL SISTEMA (kV)	NIVEL DE AISLAMIENTO – BIL (kV)
13,2	110
34,5	200

Tabla N°11. Niveles de aislamiento red de media tensión.
Fuente. Norma de Diseño de la EBSA.

9.1. Aisladores.

Los aisladores utilizados, independientemente del tipo deben poseer certificado de conformidad expedido por un ente acreditado ante la SIC. En la selección de los aisladores se debe tener en cuenta el nivel de tensión de la red, el nivel de aislamiento y el grado de contaminación del entorno de acuerdo con lo indicado en las normas.

Para el presente proyecto se utilizarán aisladores de porcelana con distancia de arco de 390mm, distancia de fuga de 915mm, carga mecánica nominal 70 kV, carga mecánica de ruptura de 35 kV, carga mecánica de torsión de 47 kV, voltaje de aplicación de 15KV, flameo de baja frecuencia en seco de 160

KV, flameo de baja frecuencia en húmedo de 150KV, flameo crítico al impulso 265 KV con un BIL de 120KV.

9.2. Distancias mínimas de fuga.

Las distancias mínimas de fuga según el grado de contaminación establecido en la norma IS60071-2 y que aparece en la tabla 25 de las normas de diseño de la EBSA. Las redes eléctricas objeto de diseño se consideran con un grado de contaminación insignificante, teniendo en cuenta el tipo de área, por tal razón la distancia mínima de fuga: Dmf = 16 mm/kV

Para calcular la distancia de fuga en las redes del proyecto fundación nueva granada se procede como sigue:

$Dcf = (Vmax/\sqrt{3}) * Dmf * \delta$

Dónde:

Dcf = Distancia de fuga calculada en milímetros

Vmax = Valor eficaz de la tensión máxima de operación en kV

(Para redes de 13,2 kV se debe tomar 17.5 kV)

Dmf =Distancia de fuga mínima en milímetros

δ= Factor de corrección del aire, dado por la siguiente ecuación:

$\delta = e^{h/8150}$

h = Altura sobre el nivel del mar, que para el caso de este proyecto tomamos 2511 msnm

Ahora sustituimos en las fórmulas:

$\delta = e^{2511/8150} = 1.36$

Dcf = (17,5/√3) *16 mm * 1.36 = 220.00 mm

CONCLUSIÓN:

Como las distancias mínimas de fuga dadas por la Norma para los aisladores de pin es de 210 mm. y para los de disco de 6” es de 178 mm., se sugiere instalar un aislador en las estructuras de paso y dos de disco en las estructuras de retención por fase, dando con esto un margen de seguridad.

GRADO DE CONTAMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	DISTANCIA MINIMA DE FUGA (D_F)
I – Insignificante	1. Áreas no industriales y de baja densidad de casas equipadas con equipos de calefacción. 2. Áreas con baja densidad de industrias o casas	16 mm/kV

	pero sometidas a frecuentes vientos y/o lluvia. 3. Áreas agrícolas. 4. Áreas montañosas. 5. Todas las áreas anteriores deben estar situadas al menos entre 10 y 20 km del mar y no estar sometidas a vientos provenientes del mismo.	
II – Medio	6. Áreas con industrias poco contaminantes y/o con casas equipadas con plantas de calefacción. 7. Áreas con alta densidad de casas y/o industrias pero sujetas a frecuentes vientos y/o lluvias. 8. Áreas expuestas a vientos del mar pero no próximas a la costa.	20 mm/kV
III – Fuerte	9. Áreas con alta densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con alta densidad de plantas de calefacción produciendo polución. 10. Áreas próximas al mar o expuestas a vientos relativamente fuertes procedentes del mar.	25 mm/kV
IV – Muy fuerte	11. Áreas sometidas a humos contaminantes que producen depósitos conductores espesos. 12. Áreas muy próximas al mar sujetas a vientos muy fuertes. 13. Áreas desiertas expuestas a vientos fuertes que contienen arena y sal.	31 mm/kV

Tabla N°12. Distancias mínimas de fuga.
Fuente. Norma de Diseño EBSA.

10. INSTALACIONES ELECTRICAS DE USO FINAL.

10.1. Consideraciones generales.

La identificación de los conductores deberá realizarse como lo indica la siguiente tabla:

Sistema c.a.	1Φ	1Φ	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ-	3ΦY	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ	3ΦY
Tensión nominal (voltios)	120	240/120	208/120	240	240/208/ 120	380/220	480/277	480 - 440	Más de 1000 V	Más de 1000 V
Conductor activo	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases	3 fases
Fase	Color fase o negro	Color fases o 1 Negro	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta Café Rojo	Amarillo Violeta Rojo
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Blanco o Gris	No aplica	No aplica	No Aplica
Tierra de protección	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	No Aplica
Tierra aislada	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	No aplica	No aplica	No Aplica

Tabla N°13. Código de Colores para Conductores.
Fuente. RETIE.

Todos los medios de desconexión requeridos por este código para motores y artefactos y todas las acometidas, circuitos principales o ramales en su punto de origen, deben estar rotulados de modo legible y que indique su objetivo, a no ser que estén situados e instalados de modo que ese objetivo sea evidente **(sección 110-22 NTC 2050).**

10.1.1. Conductores, protecciones y canalizaciones.

Los cálculos de protecciones fueron calculados en el cuadro de cargas anteriormente expuesto, sin embargo, debe tenerse en cuenta:

- La corriente nominal de cualquier equipo de utilización conectado mediante cordón y clavija no debe superar el 80% de la corriente nominal del circuito ramal **(sección 210-23 a).**
- En la tabla **210-24 del código** se presenta un breve resumen de las capacidades de corriente de los circuitos ramales y los calibres mínimos para estos.

- No deberá instalarse tubería eléctrica no metálica en lugares expuestos a daños físicos severos que la fracturen o a la luz solar directa, si esta no está certificada para ser utilizada en tales condiciones y tipo de aplicación.
- Los conductores de puesta a tierra de todos los dispositivos deberán instalarse de manera que en ausencia del dispositivo no se interrumpa la conexión a tierra.

10.2. Cuadros de Cargas Tableros.

Se presentan detalladamente el número de salidas de iluminación, fuerza y salidas especiales presentes en cada uno de los tableros del proyecto.

CUADRO DE CARGAS RED NORMAL (TDN1 - PRIMER PISO ZONA OCCIDENTAL)																							
CONSTRUCCION TECNOACADEMIA SOGAMOSO - BOYACÁ																							
TABLERO TRIFASICO 12 CIRCUITOS (5 RESERVA)																							
	CIRCUITOS	TOMACORRIENTES			TOMACORRIENTES ESPECIALES									BALANCE DE kVA						Amp.	CU-HFFLS	Protec.	DESCRIPCION
		GENER.	GFCI	REG.	1FE	2F	3F	BALA LED 24W	BALA LED 18W	APLIQUE LED 18W	PANEL LED CUAD. 45W	LAMPARA HERM. 36W	LAMPARA DE EMERGENCIA 2W	R	S	T	Alumb	T. grales	T. Espec.				
TDN1	1A										28			1.26			1.26			10.50	12	1X20A	Alumbrado Ambiente Polivalente y Nanotecnologia
	2A	6												1.08				1.08		9.00	12	1X20A	Tomas Generales Ambiente Polivalente
	3A										17				0.77		0.77			6.38	12	1X20A	Alumbrado Tecnologias Virtuales y Sala de Grab.
	4A	5	3												1.44			1.44		12.00	12	1X20A	Tomas Generales Ambiente Nanotecnologia
	5A										20					0.90	0.90			7.50	12	1X20A	Alumbrado Coworking y Zonas Comunes
	6A	8														1.44		1.44		12.00	12	1X20A	Tomas Generales Ambiente Tecnologias Virtuales
	7A	6													1.08			1.08		9.00	12	1X20A	Tomas Generales Cuarto de Grabacion
														2.34	3.29	2.34	2.93	5.04	0.00				
															7.97			7.97					
Dmd= Carga Total al 100% = 7.97 kVA In= 22.11 Amp Ip = In x 1.15 = 25.42 Amp Acomet. En 3(8)F+1(8)N+1(8)T Cu THHN Ø1" PVC T.P Protección de 3x40A 600V 10KA																							

Tabla N°14. Cuadro de Cargas Tablero Primer Piso (TDN1)
Fuente. Elaboración Propia.

CUADRO DE CARGAS RED NORMAL (TDN2 - PRIMER PISO ZONA ORIENTAL)																							
CONSTRUCCION TECNOACADEMIA SOGAMOSO - BOYACÁ																							
TABLERO TRIFASICO 18 CIRCUITOS (4 RESERVA)																							
	CIRCUITOS	TOMACORRIENTES			TOMACORRIENTES ESPECIALES									BALANCE DE kVA						Amp.	CU-HFFLS	Protec.	DESCRIPCION
		GENER.	GFCI	REG.	1FE	2F	3F	BALA LED 24W	BALA LED 18W	APLIQUE LED 18W	PANEL LED CUAD. 45W	LAMPARA HERM. 36W	LAMPARA DE EMERGENCIA 2W	R	S	T	Alumb	T. grales	T. Espec.				
TDN2	1-3-5B						1							1.25	1.25	1.25			3.75	10.41	10	3X20A	Tomas Trifasica Bomba Principal Suministro 5Hp
	2-4-6B						1							1.25	1.25	1.25			3.75	10.41	10	3X20A	Tomas Trifasica Bomba Reserva Suministro 5Hp
	7B										13			0.59			0.59			4.88	12	1X20A	Alumbrado Zonas Comunes y Oficina de Atencion
	8B	7												1.26				1.26		10.50	12	1X20A	Tomas Ambiente Electronica y Comunicaciones
	9B										24				1.08		1.08			9.00	12	1X20A	Alumbrado Ambiente Electronica y Comunic.
	10B	7													1.26			1.26		10.50	12	1X20A	Tomas Ambiente Electronica y Comunicaciones
	11B								14	2	9	12				1.13	1.13			9.38	12	1X20A	Alumbrado Rack, Baños y Cuartos Tecnicos
	12B	3														0.54		0.54		4.50	12	1X20A	Tomas Cuartos Tecnicos y Atencion al Ciudadano
	13B	4	3											1.26				1.26		10.50	12	1X20A	Tomas Baños y Sala de Lactancia
	14B	5												0.90				0.90		7.50	12	1X20A	Tomas Generales Cuarto de Sistemas y Rack
														6.51	4.84	4.17	2.79	5.22	7.50				
															15.51			15.51					
Dmd=2.79x100% + 5.22x100% + 7.50x50% = 11.76 kVA In= 32.64 Amp Ip = In x 1.15 = 37.54 Amp Acomet. En 3(8)F+1(8)N+1(8)T Cu THHN Ø1" PVC T.P Protección de 3x40A 600V 10KA																							

Tabla N°15. Cuadro de Cargas Tablero Primer Piso (TDN2)
Fuente. Elaboración Propia.

CUADRO DE CARGAS RED NORMAL (TDN3 - SEGUNDO PISO ZONA OCCIDENTAL)
CONSTRUCCION TECNOACADEMIA SOGAMOSO - BOYACÁ
TABLERO TRIFASICO 18 CIRCUITOS (7 RESERVA)

	CIRCUITOS	TOMACORRIENTES			TOMACORRIENTES ESPECIALES									BALANCE DE kVA						Amp.	CU-HFFLS	Protec.	DESCRIPCION
		GENER.	GFCI	REG.	1FE	2F	3F	BALA LED 24W	BALA LED 18W	APLIQUE LED 18W	PANEL LED CUAD. 45W	LAMPARA HERM. 36W	LAMPARA DE EMERGENCIA 2W	R	S	T	Alumb	T. grales	T. Espec.				
TDN3	2-4-6C						1							2.00	2.00	2.00			6.00	16.65	8	3x40A	Tomas Trifasica Bomba Principal Suministro 5Hp
	1C										24			1.08			1.08			9.00	12	1X20A	Alumbrado Ambiente Steam e Ingenieria
	3C								4		22				1.06		1.06			8.85	12	1X20A	Alumbrado General Zona Administrativa
	5C	7	1													1.44		1.44		12.00	12	1X20A	Tomas Generales Ambiente Steam
	7C										21			0.95			0.95			7.88	12	1X20A	Alumbrado Zonas Comunes, Cafeteria y Comedor
	8C	7												1.26				1.26		10.50	12	1X20A	Tomas Generales Ambiente Ingenieria
	9C	6	2												1.44			1.44		12.00	12	1X20A	Tomas Generales Archivo, Enfermeria y Baños
	10C	5													0.90			0.90		7.50	12	1X20A	Tomas Generales Zona Administrativa
	11C	8														1.44		1.44		12.00	12	1X20A	Tomas Generales Sala de Reuniones
														5.29	**5.40**	**4.88**	**3.09**	**6.48**	**6.00**				
															15.57			**15.57**					

Dmd=3.09x100% + 6.48x100% + 6.00x100% = 15.57 kVA In= 43.21 Amp Ip = In x 1.15 = 49.69 Amp Acomet. En 3(6)F+1(6)N+1(6)T Cu THHN Ø1.1/2" PVC T.P Protección de 3x63A 600V 10KA

Tabla N°16. Cuadro de Cargas Tablero Segundo Piso (TDN3)
Fuente. Elaboración Propia.

CUADRO DE CARGAS RED NORMAL (TDN3 - SEGUNDO PISO ZONA ORIENTAL)
CONSTRUCCION TECNOACADEMIA SOGAMOSO - BOYACÁ
TABLERO TRIFASICO 12 CIRCUITOS (5 RESERVA)

	CIRCUITOS	TOMACORRIENTES			TOMACORRIENTES ESPECIALES									BALANCE DE kVA						Amp.	CU-HFFLS	Protec.	DESCRIPCION
		GENER.	GFCI	REG.	1FE	2F	3F	BALA LED 24W	BALA LED 18W	APLIQUE LED 18W	PANEL LED CUAD. 45W	LAMPARA HERM. 36W	LAMPARA DE EMERGENCIA 2W	R	S	T	Alumb	T. grales	T. Espec.				
TDN4	1D								14	2	6	2		0.63			0.63			5.25	12	1X20A	Alumbrado General Baños y Hall de Circulacion
	2D	3	3											1.08				1.08		9.00	12	1X20A	Tomas Generales Baños y Cuartos Almacen
	3D										18				0.81		0.81			6.75	12	1X20A	Alumbrado Ambiente Biotecnologia y Facilitadores
	4D	4													0.72			0.72		6.00	12	1X20A	Tomas Oficina de Facilitadores
	5D										24					1.08	1.08			9.00	12	1X20A	Alumbrado Ambiente Ingenieria y Steam
	6D	8														1.44		1.44		12.00	12	1X20A	Tomas Ambiente de Ingenieria y Diseño
	7D	4	3											1.26				1.26		10.50	12	1X20A	Tomas Ambiente de Biotecnologia
	8D	7	1												1.44			1.44		12.00	12	1X20A	Tomas Ambiente Integral Steam
														2.97	**2.97**	**2.52**	**2.52**	**5.94**	**0.00**				
															8.46			**8.46**					

Dmd= Carga Total al 100% = 8.46 kVA In= 23.48 Amp Ip = In x 1.15 = 27.01 Amp Acomet. En 3(8)F+1(8)N+1(8)T Cu THHN Ø1" PVC T.P Protección de 3x40A 600V 10KA

Tabla N°17. Cuadro de Cargas Tablero Segundo Piso (TDN4)
Fuente. Elaboración Propia.

CUADRO DE CARGAS RED REGULADA (TDRR)
CONSTRUCCION TECNOACADEMIA SOGAMOSO - BOYACÁ
TABLERO BIFASICO 12 CIRCUITOS (2 RESERVA)

	CIRCUITOS	TOMACORRIENTES			TOMACORRIENTES ESPECIALES									BALANCE DE kVA						Amp.	CU-HFFLS	Protec.	DESCRIPCION
		GENER.	GFCI	REG.	1FE	2F	3F	BALA LED 24W	BALA LED 18W	APLIQUE LED 18W	PANEL LED CUAD. 45W	LAMPARA HERM. 36W	LAMPARA DE EMERGENCIA 2W	R	S	T	Alumb	T. grales	T. Espec.				
TDRR	1RR			7										1.26				1.26		10.50	12	1X20A	Tomas Red Regulada Amb.Polivalente y Nanotec.
	2RR			7										1.26				1.26		10.50	12	1X20A	Tomas Red Regulada Amb.Tecnologias Virtuales
	3RR			3												0.54		0.54		4.50	12	1X20A	Tomas Red Regulada Cuarto de Sistemas y Rack
	4RR			8												1.44		1.44		12.00	12	1X20A	Tomas Red Regulada Amb. Comunicaciones y Electro.
	5RR			8										1.44				1.44		12.00	12	1X20A	Tomas Red Regulada Amb.Ingenieria y Steam
	6RR			8										1.44				1.44		12.00	12	1X20A	Tomas Red Regulada Zona Administrativa
	7RR			6												1.08		1.08		9.00	12	1X20A	Tomas Red Regulada Facilitades y Biotecnologia
	8RR			8												1.44		1.44		12.00	12	1X20A	Tomas Red Regulada Amb.Ingenieria y Steam
														5.40	**0.00**	**4.50**	**0.00**	**9.90**	**0.00**				
															9.90			**9.90**					

Dmd= Carga Total Instalada al 100% = 9.90 kVA In= 47.60 Amp Ip = In x 1.15 = 54.74 Amp Acomet. En 2(6)F+1(6)N+1(6)T Cu THHN Ø1.1/4" PVC T.P Protección de 3x63A 600V 10KA

Tabla N°18. Cuadro de Cargas Tablero Red Regulada.
Fuente. Elaboración Propia.

10.3. Diversificación de Carga

Según lo contemplado en la NTC-2050 se debe realizar una diversificación de carga de acuerdo a la potencia instalada de la siguiente manera: Los primeros 10.00KVA de la sumatoria de las salidas de fuerza se tomarán al 100%, el excedente de la sumatoria de las salidas de fuerza se tomará al 50%, para las salidas de iluminación se tomarán al 100% según la tabla 210.14 de la NTC 2050 y las cargas especiales se asumirán al 100%.

Dmd= 11.32 kVA x 100% + 10.00kVA x 100% + 22.58kVA x 50%
+ 6.00kVA x 100% + 7.50 x 50%

Dmd= 42.36 KVA.

10.4. Cálculo de Ductos.

La instalación de conductores eléctricos en tubos conduit y bandejas está sujeto a una serie de recomendaciones que son importantes tener en cuenta, para tal fin nos remitiremos a las indicaciones de la sección 3.18 y el capítulo 9 NTC-2050. El porcentaje de la sección transversal máxima ocupada por los conductores en un ducto o bandeja no debe superar el 40% del llenado de esta.

Para calcular el porcentaje de ocupación de tubería, conduit o bandeja se deben incluir los conductores de puesta a tierra o de conexión equipotencial de los equipos cuando se instalen. En los cálculos se deben utilizar las dimensiones reales de dichos conductores aislados o desnudos.

CALCULO INDICE DE OCUPACION DE DUCTOS TECNO ACADEMIA SOGAMOSO						
TABLEROS	DEMANDA DIVERSFICADA (KVA)	ACOMETIDA CUTHHN		DIAMETRO DUCTO "	INDICE DE OCUPACION EXIGIDO	INDICE DE OCUPACION CALCULADO
		FASES Y NEUTRO	TIERRA			
TDN1	8.52	8	8	1	<40%	27.62%
TDN2	12.11	8	8	1	<40%	27.62%
TDN3	9.46	6	6	1 1/2	<40%	20.37%
TDN4	8.91	8	8	1	<40%	27.62%
TDRR	11.62	6	6	1 1/2	<40%	20.37%
TCC	**42.36**	**2/0**	**2**	**4**	**<40%**	**16.56%**

Tabla N°19. Calculo índice de ocupación de ductos.
Fuente. Elaboración Propia.

11. DISEÑO DE ILUMINACION.

El diseño de la iluminación debe estar íntimamente ligado con el área que va a ser iluminada. Par esto se debe en cuenta la forma y tamaño de los espacios, los colores y las reflectancia de las superficies del salón, la actividad a ser desarrollada, la disponibilidad de la iluminación natural y también los requerimientos estéticos requeridos por el cliente.

Para una adecuada iluminación se debe tener una estrecha interacción entre el diseñador de la iluminación y diseñadores y constructores de la edificación.

Los ítems más importantes que el diseñador necesita investigar antes iniciar un diseño de alumbrado interior son los siguientes:

- Conocer con detalles las actividades asociadas con cada espacio.
- Las exigencias visuales de cada puesto de trabajo y su localización.
- Las condiciones de reflexión de las superficies
- Los niveles de iluminancia y uniformidad requeridas
- La disponibilidad de la iluminación natural.
- El Control del deslumbramiento.
- Los requerimientos especiales en las propiedades de las luminarias, por el tipo de aplicación.

11.1. Niveles de iluminación o iluminancias y distribución de luminancias.

La primera condición que se debe tener en cuenta para un diseño es el nivel de iluminación que requiere cada una de las zonas del proyecto para la realización de sus actividades. Según lo contemplado en la tabla 440.1 del RETILAP se establecen los niveles de iluminación y deslumbramiento para diversos escenarios.

Colegios y centros educativos.				
Salones de clase				
Iluminación general	**19**	**300**	**500**	**750**
Tableros para emplear con tizas	**19**	**300**	**500**	**750**
Elaboración de planos	**16**	**500**	**750**	**1000**
Salas de conferencias				
Iluminación general	**22**	**300**	**500**	**750**
Tableros	**19**	**500**	**750**	**1000**
Bancos de demostración	**19**	**500**	**750**	**1000**
Laboratorios	**19**	**300**	**500**	**750**
Salas de arte	**19**	**300**	**500**	**750**
Talleres	**19**	**300**	**500**	**750**
Salas de asamblea	**22**	**150**	**200**	**300**

Tabla N°20. Niveles de Iluminancia, Deslumbramiento e IRC
Fuente. Tabla 440.1, RETILAP

El diseño de iluminación se validó por medio del software Dialux y los resultados se encuentran en el anexo N°1

11.2. Selección de luminarias y fuentes luminosas.

En todos los proyectos de iluminación, se deben elegir las luminarias y fuentes luminosas teniendo en cuenta, la eficacia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura del color de la fuente, duración y vida útil de la fuente, tipo y características de la luminaria, todo esto acorde con las actividades y objetivos de uso de los espacios a iluminar; así como de consideraciones arquitectónicas, ambientales y económicas.

El diseñador debe tener en cuenta que las luminarias se diseñan para funcionar con determinados tipos de fuentes lumínicas existentes en el mercado; esto implica que una vez definido el tipo de fuente, el universo de luminarias disponibles se reduce. Lo mismo ocurre con las fuentes si primero se define el tipo de luminaria. De manera que la elección debe hacerse en forma que siempre se use la fuente lumínica con una luminaria diseñada para ella o viceversa, a continuación, se presenta una tabla en donde se muestras las ventajas y desventajas de los principales tipos de fuentes luminosas existentes en el mercado.

				Ventajas	Inconvenientes	Uso
Incandescentes	Halógenas			· Buena reproducción cromática. · Elevada intensidad luminosa. · Facilidad de instalación. · Encendido instantáneo. · Menores dimensiones · Control del haz luminoso.	· Reducida eficacia luminosa. · Corta duración. · Vida media: 2.000 horas · Elevada emisión de calor.	Alumbrado de interior: Focalización
Descarga en gas	Descarga en vapor de MERCURIO	Baja Presión	Tubos fluorescentes Lámparas fluorescentes compactas	· Buena eficacia luminosa. · Duración media. · Bajo coste de adquisición · Mínima emisión de calor. · Variedad de tonos y excelente reproducción de color. · Vida media: 6.000 a 9.000 horas	· Variaciones del flujo con la temperatura · Coste de adquisición medio-alto · Retardo en alcanzar máximo flujo (>2 minutos) · Acortamiento de vida por mínimo de encendidos	Alumbrado de interior: Iluminación general.
		Alta Presión	Con halogenuros metálicos	· Alta eficacia luminosa. · Larga duración. · Flujo luminoso unitario importante en potencias medias. · Variedad de potencias. · Vida media: 10.000 horas	· Alta depreciación del flujo · Sensibilidad a las variaciones de tensión · Requiere equipos especiales para arranque en caliente · Dificultad de apariencias de color en reposición · Flujo luminoso no instantáneo · Poca estabilidad de color	Alumbrado deportivo o monumental En grandes alturas para iluminación general.
	Descarga en vapor de SODIO	Baja Presión		· Excelente eficacia luminosa · Larga duración · Reencendidos instantáneos en caliente	· Mala reproducción cromática · Flujo luminoso no instantáneo · Sensibilidad a subtensiones	En alumbrado de túneles
		Alta Presión		· Muy buena eficacia luminosa · Larga duración · Aceptable rendimiento en color en tipos especiales · Poca depreciación de flujo · Posiblidad de reducción de flujo. · Vida media: 20.000 horas	· Baja reproducción cromática. · Estabilización no instantánea · En potencias pequeñas gran sensibilidad a sobretensión · Equipos especiales para reencendido en caliente	En alumbrado interior industrial En alumbrado exterior.
LED	LED			· Excelente eficacia luminosa. · Buena reproducción cromática. · Pequeñas dimensiones. · Larga vida. · Bajo consumo. · Alta resistencia contra golpes. · Alta eficacia en colores. · Luz direccionable. · Vida media: 50.000 horas	· Sensibilidad contra subidas de tensión. · Sensibilidad a calentamientos.	Alumbrado interior y exterior

Tabla N°21. Comparación principales fuentes luminosas.
Fuente. El autor.

Según los especificadores encontrados en la tabla anterior, podemos evidenciar que las lámparas de **LED** cumplen con los requerimientos para la iluminación del proyecto.

11.3. Duración o vida útil de la fuente lumínica.

Uno de los factores a tener en cuenta en todo proyecto de iluminación es la vida útil de la fuente, por lo que el fabricante debe suministrar la información sobre el particular.

11.3.1. CURVAS DE DEPRECIACIÓN LUMINOSA DE LAS FUENTES.

El flujo luminoso de las fuentes luminosas decrece en función del tiempo de operación por desgaste de sus componentes. La curva característica de depreciación bajo condiciones de operación nominales varía dependiendo de la sensibilidad de la misma al número de ciclos de encendido y apagado.

Los fabricantes y/o comercializadores de fuentes luminosas deberán disponer en catálogo o en otro medio de fácil acceso y consulta la información correspondiente a las curvas de depreciación de las fuentes. En el mismo sentido deben informarse las condiciones eléctricas de alimentación y encendido para la operación normal de la bombilla, tales como el rango de tensión de operación nominal de la bombilla.

11.3.2. CURVA DE MORTALIDAD O DE VIDA PROMEDIO DE LAS FUENTES LUMINOSAS.

El fabricante deberá informar sobre la duración de cada tipo de fuente luminosa, publicando la curva de mortalidad correspondiente, o indicando el índice de bombillas sobrevivientes. En este tipo de curva debe determinarse el porcentaje de fuentes que siguen en operación después de un periodo o número de horas de servicio. Con base en esta curva se puede calcular la probabilidad de falla en cada uno de los periodos (años, meses) de funcionamiento de una instalación de alumbrado y hacer los estimativos de reposición de bombillas por mantenimiento.

Las bombillas incandescentes se consideran con vida hasta cuando éstas dejan de encender. En el caso de las bombillas de descarga en gas, la vida útil de la bombilla se considera hasta cuando su flujo luminoso llega al 70% del flujo inicial. El flujo inicial es el flujo medido en la bombilla a las 100 horas de encendida, operando con un balasto de referencia.

11.3.3. VIDA ECONÓMICA DE LAS FUENTES Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE LUMINARIAS.

La vida económica de una fuente luminosa, es el período expresado en horas después del cual la relación entre el costo de reposición y el costo de los lúmenes-hora que sigue produciendo, no es económicamente favorable. La vida económica depende por consiguiente de la curva característica de depreciación, del costo de las bombillas de reemplazo, del costo de la mano de obra para el cambio y del costo de la energía consumida. Para efectos del presente reglamento se precisa que las fuentes luminosas son usadas como parte de una luminaria y por lo tanto en el análisis económico se debe considerar el punto luminoso en su totalidad. Es decir, se debe incluir por una parte el efecto del conjunto óptico (fotometría) y por otra el efecto del conjunto eléctrico (eficiencia energética).

Los análisis económicos con fines comparativos o de evaluación deberán tener como referencia los niveles de iluminación mantenidos durante el periodo de análisis, debiendo ser tales niveles iguales o superiores a los valores mínimos establecidos en el presente reglamento. Cada instalación en particular tendrá una vida económica, dependiendo de los resultados de las variables incluidas en el análisis económico.

11.4. Características de reproducción cromática y de temperatura de color.

Para la clasificación de las bombillas en función de su Índice de Reproducción Cromática (Ra o CRI), se usa la siguiente tabla.

Clase	Índice de reproducción de color (CRI ó Ra) %
1A	>90
1B	80 a 89
2A	70 a 79
2B	60 a 69
3	40 a 59
4	< 20

Tabla N°22. Clasificación de las fuentes luminosas de acuerdo con su Índice de reproducción del Color.
Fuente. Retilap, Tabla 200.3.4.a

Los desarrollos tecnológicos actuales y los estándares en fuentes de iluminación permiten determinar fácilmente las características de reproducción cromática y temperatura de color, la tabla 200.3.4 b. da una orientación al respecto.

Índice de reproducción cromática (Ra) o (CRI) %	Clase	Cálido < 3.300 K	Neutro 3.300 – 5.000K	Frío >5.000 K	Criterio de aplicación
≥ 90	1 A	Halógenas	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	Principalmente donde la apreciación del color sea un parámetro crítico
		Fluorescente lineal y compacta	Halogenuros metálicos y cerámicos		
		Halogenuros metálicos y cerámicos			
80 - 89	1 B	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	En áreas donde la apreciación correcta del color no es una consideración primaria pero donde es esencial una buena reproducción de colores
		Halogenuros metálicos y cerámicos	Halogenuros metálicos y cerámicos		
		Sodio Blanco			
70 - 79	2 A	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos	En áreas donde la calidad de apreciación correcta del color
< 70	2 B, 3 y 4	Mercurio	Mercurio		es de poca importancia
		Sodio			

Tabla N°23. Tipos de fuentes luminosas en función de sus características de temperatura de color e índice de reproducción cromática
Fuente. Retilap, Tabla 200.3.4.b

El índice de reproducción cromática y la temperatura de color de la fuente luminosa pueden incidir en las condiciones psicológicas y la percepción estética cuando se realiza una tarea, tales factores pueden acentuarse en función del nivel de iluminación. Por lo anterior, en la selección de las de las fuentes luminosas los anteriores son factores de importancia a considerar en adición a las preferencias personales, la presencia o ausencia de luz natural y el clima exterior.

SYLVANIA

LED Panel

LED PANEL RD 18W DL 100-240V

P24338

Luminaria tipo Panel LED con driver independiente. Montaje de incrustar en cielo raso, con clip de fijación. Proyección uniforme de la luz , reduce los costos de consumo de energía y de mantenimiento.

CARACTERÍSTICAS

Diseño moderno con fuente LED SMD y difusor opalizado
Ultra delgado y liviano con disipador de calor integrado
Ganchos de sujeción con resorte para fácil instalación

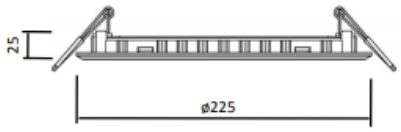
APLICACIONES

Adecuado para aplicaciones con altura limitada de instalación entre cielo raso y placa
Iluminación general residencial y comercial
Zonas comunes

LED | 10 años de vida (Uso 8 horas al día) | Tecnología Amigable con el medio ambiente | Ultra Delgado | ENCENDIDO INSTANTANEO

DATOS ÓPTICOS		DATOS FÍSICOS		DATOS ELÉCTRICOS	
Temperatura de color	6500 K (DL)	**Acabado**	Blanco	**Potencia de entrada**	18 W
Flujo luminoso	1350 lm	**Grado de protección IP**	IP20	**Tensión de operación**	100-240 V 50/60 Hz
Ángulo de apertura	120°	**Dimensiones (DxH)**	Φ225x18 mm	**Corriente de entrada**	0.15 A @ 120 V
Tipo de distribución	Directa simétrica	**Tipo de montaje**	Incrustar	**Factor de potencia**	>0.50
Reproducción de color (IRC)	70	**Chasis**	Aluminio + PC	**Distorsión armónica (THD)**	<110%
Vida útil	30000 h L70	**Óptica**	Difusor opalizado	**Tipo de driver**	Independiente CC
Eficacia	75 lm/W	**Temperatura de operación Ta**	-10°C ~ +40°C	**Atenuable**	NO

DIMENSIONES



FOTOMETRÍA

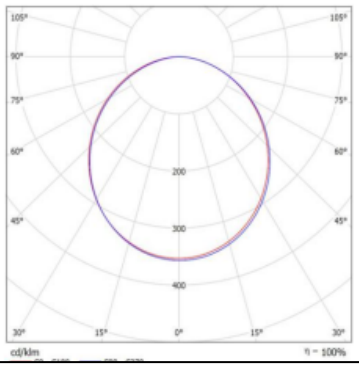


Figura N°3. Luminaria PANEL LED RD 18W DL
Fuente. Catálogo de Luminarias Sylvania Colombia.

SYLVANIA

LED Panel

LED PANEL SQ 40W NW 100-277V

P27930

Luminaria tipo Panel LED de alta eficacia con diseño ultradelgado y driver independiente. Montaje de incrustar en cielo raso. Proyección uniforme de la luz, reduce los costos de consumo de energía y de mantenimiento.

CARACTERÍSTICAS

Diseño moderno con fuente de iluminación lateral basada en LED SMD y difusor opalizado
Ultra delgado y liviano con disipador de calor integrado
Instalacion incrustado o recesado en marco (marco no incluido) o colgado.
Opción de instalación colgante (guayas y accesorios no incluidos)

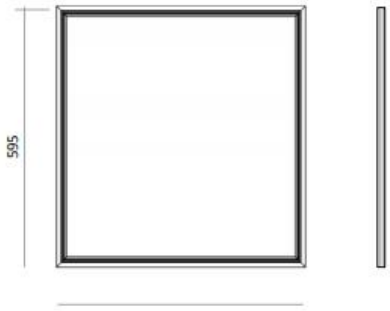
APLICACIONES

Adecuado para aplicaciones de iluminación interior
Iluminación general en oficinas e instalaciones educativas
Iluminación general en comercio y consultorios

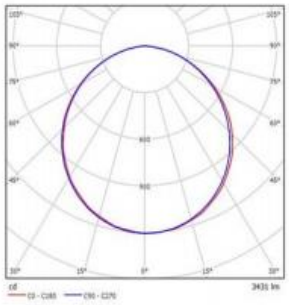
10 años de vida (Uso 8 horas al día) · Tecnología Amigable con el medio ambiente · Ultra Delgado · ENCENDIDO INSTANTANEO

DATOS ÓPTICOS		DATOS FÍSICOS		DATOS ELÉCTRICOS	
Temperatura de color	4000 K (NW)	**Acabado**	Blanco	**Potencia de entrada**	40 W
Flujo luminoso	3200 lm	**Grado de protección IP**	IP20	**Tensión de operación**	100-277 V 50/60 Hz
Ángulo de apertura	110°	**Dimensiones (LxWxH)**	595x595x10 mm	**Corriente de entrada**	0.333 A @ 120 V
Tipo de distribución	Directa simétrica	**Tipo de montaje**	Incrustar	**Factor de potencia**	>0.9
Reproducción de color (IRC)	80	**Chasis**	Aluminio	**Distorsión armónica (THD)**	<20%
Vida útil	30000 h L70	**Óptica**	Difusor PMMA	**Tipo de driver**	Independiente CC
Eficacia	80 lm/W	**Temperatura de operación Ta**	-10°C ~ +40°C	**Atenuable**	NO

DIMENSIONES



FOTOMETRÍA



Las características de los productos pueden ser modificadas sin previo aviso según la evolución de la tecnología LED. 06/19.

Producto Ecológico: Permite ahorrar energía comparado con productos tradicionales. Libre de mercurio.

by FEILO SYLVANIA

Figura N°4. Luminaria PANEL LED CUADRADO 40W.
Fuente. Catálogo de Luminarias Sylvania Colombia.

11.5. Deslumbramiento (UGR)

El deslumbramiento es la sensación producida por áreas brillantes dentro del campo de visión y puede ser experimentado como deslumbramiento molesto o perturbador.

El deslumbramiento se puede producir cuando existen fuentes de luz cuya luminancia es excesiva en relación con la luminancia general existente en el interior del local (deslumbramiento directo), o bien, cuando las fuentes de luz se reflejan sobre superficies pulidas (deslumbramiento por reflejos).

En los lugares de trabajo el deslumbramiento perturbador, su principal efecto es reducir la visibilidad de la tarea, perturba la visión y dar lugar a errores y accidentes. El deslumbramiento molesto no reduce la visibilidad, pero produce fatiga visual, puede producirse directamente a partir de luminarias brillantes o ventanas.

Para evitar el deslumbramiento perturbador, los puestos y áreas de trabajo se deben diseñar de manera que no existan fuentes luminosas o ventanas situadas frente a los ojos del trabajador. Esto se puede lograr orientando adecuadamente los puestos o bien apantallando las fuentes de luz brillantes.

Para evitar el deslumbramiento molesto es necesario controlar todas las fuentes luminosas existentes dentro del campo visual. Esto conlleva la utilización de persianas o cortinas en las ventanas, así como el empleo de luminarias con difusores o pantallas que impidan la visión del cuerpo brillante de las bombillas o lámparas.

El apantallamiento debería efectuarse en todas aquellas bombillas o lámparas que puedan ser vistas, desde cualquier zona de trabajo, bajo un ángulo menor de 45º respecto a la línea de visión horizontal.

El grado de deslumbramiento directo psicológico proveniente de luminarias puede ser valorado mediante el método de tabulación del Índice de Deslumbramiento unificado de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE), "Unified Glare Rating" (UGR), Publicación CIE 117 “Discomfort glare in interior lighting- 1995”, en el cual se tiene en

cuenta la contribución de cada una de las luminarias que forman parte de un determinado sistema de iluminación. El método está basado en la fórmula:

$$UGR = 8\log_{10}\left(\frac{0{,}25}{L_b}\sum\frac{L^2\omega}{p^2}\right)$$

L_b es la luminancia de fondo en cd/m^2, calculada como E_{ind} x π^{-1}, en la que E_{ind} es la iluminancia indirecta vertical en el ojo del observador;

L es la luminancia de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del ojo del observador en cd/m^2;

ω es el ángulo sólido (estereorradianes) de las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador;

p es el índice de posición de Guth para cada luminaria individual que se refiere a su desplazamiento de la línea de visión.

Todas las suposiciones hechas en la determinación del UGR deben ser establecidas en la documentación del proyecto. Para efectos de evaluación las posiciones del observador serán principalmente las de los puestos de trabajo que a criterio del diseñador se consideren críticas. El valor de UGR de la instalación no debe exceder del valor dado en la Tabla 410.1 los valores de UGR.

Este índice es una manera de determinar el tipo de luminaria que debe usarse en cada una de las aplicaciones teniendo en cuenta el posible deslumbramiento que puede provocar debido a la óptica y posición de las bombillas.

Para controlar el deslumbramiento se deben tomar las siguientes medidas.

11.5.1. APANTALLAMIENTO CONTRA EL DESLUMBRAMIENTO.

Las fuentes luminosas pueden causar deslumbramiento en proporción a su brillo y con ello producir alteraciones en la visión de objetos. Para evitar el deslumbramiento se deben tomar acciones como el oscurecimiento de ventanas mediante cortinas o el apantallamiento de las fuentes luminosas. Para las fuentes luminosas deben aplicarse los ángulos de apantallamiento mínimos indicados en siguiente tabla.

Luminancia de lámpara kcd/m2	Anglo de apantallamiento mínimo
20 a menos de 50	15°
50 a menos de 500	20°
Igual o superior a 500	30°

Tabla N°24. Ángulos mínimos de apantallamiento para luminancias de fuentes especificadas.
Fuente. Retilap, Tabla 410.3.a

11.5.2. CONTROL DE LOS REFLEJOS.

En lo que concierne al control del deslumbramiento provocado por los reflejos, se pueden utilizar los siguientes procedimientos:

Uso de acabados de aspecto mate en las superficies de trabajo y del entorno.

Situar las luminarias respecto al puesto de trabajo de manera que la luz llegue al trabajador lateralmente. En general, es recomendable que la iluminación le llegue al trabajador por ambos lados con el fin de evitar también las sombras molestas cuando se trabaja con ambas manos.

Aumentar el área luminosa de las luminarias.

Emplear luminarias con difusores, así como techos y paredes de tonos claros, especialmente cuando la tarea requiera la visualización de objetos pulidos.

Para realizar el cálculo del deslumbramiento se introducen la superficie de cálculo dentro del software libre de diseño Dialux, el cual nos pide como valor de referencia la altura a la cual se va a calcular el deslumbramiento, y según lo indicado dentro del RETILAP esta altura debe ser mínimo 1.20m.

11.6. Cálculo del factor de mantenimiento (FM).

Es la relación de la iluminancia promedio en el plano de trabajo después de un periodo determinado de uso de una instalación, y la iluminancia promedio obtenida al empezar a funcionar la misma como nueva.

Todo diseño de un sistema de iluminación debe considerar el factor de mantenimiento.

El Factor de Mantenimiento (FM) desde el punto de vista de diseño de iluminación de la instalación, se puede considerar como el sobre dimensionamiento que se debe considerar en los valores iniciales de iluminancia horizontal de la edificación, para poder cumplir con los valores de iluminancia promedio horizontal mínimo mantenidos durante su funcionamiento.

Para la determinación del factor de mantenimiento se utilizará la metodología establecida en el capítulo 4 de la CIE-97-2005 de la comisión internacional de iluminación, en donde se indica la ecuación para el cálculo del factor de mantenimiento.

$$\mathbf{MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF}$$

En donde:

MF: Factor de mantenimiento de la instalación.

LLMF: Factor de mantenimiento del flujo de la lámpara.

LSF: Factor de supervivencia de la lámpara.

LMF: Factor de mantenimiento de la luminaria.

RSMF: Factor de mantenimiento del local.

Para obtener cada uno de estos valores es necesario utilizar la metodología indica en el capítulo 4.1 de dicha norma, en donde se establecen los parámetros para identificar cada uno de los factores que se utilizan para el cálculo del factor de mantenimiento:

- Paso 1. Seleccione la lámpara y la luminaria para la aplicación interior (consulte la Tabla 2.2).
- Paso 2. Determine el intervalo de reemplazo de grupo de las lámparas (si es práctico).

- Paso 3. Obtenga LLMF y LSF de la Tabla 3.2 para el período establecido en el Paso 2. Si se sigue el procedimiento de reemplazo de la lámpara de punto, la LSF será 1.
- Paso 4. Evalúe la categoría de limpieza del interior (consulte la Tabla 2.1).
- Paso 5. Determine el intervalo de limpieza de las luminarias y las superficies de las habitaciones.
- Paso 6. Obtenga LMF de la Tabla 3.4 para el período establecido en el Paso 5.
- Paso 7. Obtenga RSMF de la Tabla 3.6 3.8 para el período establecido en el Paso 5.
- Paso 8. Calcule MF = LLMF x LSF x LMF x RSMF

Para el caso del factor de mantenimiento del proyecto se procede a realizar cada uno de los pasos anteriormente mencionados.

11.6.1. Intervalos de inspección y categoría de limpieza.

Se recomienda la inspección regular de las instalaciones de iluminación. En algunos países, la ley exige una iluminación adecuada para el trabajo. Inspectores independientes imponen la iluminación de la tarea. Como una guía para aquellos que tienen su iluminación inspeccionada y / o medida, la Tabla 2.1 muestra los intervalos de tiempo máximos entre las inspecciones de varias áreas. La tabla 2.1 también indica la categoría de limpieza de los lugares típicos de trabajo.

Nota: Puede haber casos, particularmente en ciertas áreas de procesos industriales, donde el ambiente está excesivamente sucio y está fuera del alcance de la clasificación anterior.

INTERVALO DE INSPECCION	AMBIENTE	ACTIVIDAD / TAREA
3 AÑOS	MUY LIMPIO	SALAS LIMPIAS, PLANTAS SEMICONDUCTORAS, ÁREAS CLÍNICAS HOSPITALARIAS *, CENTROS INFORMÁTICOS.
2 AÑOS	LIMPIO	OFICINAS, COLEGIOS, SALAS DE HOSPITAL.
1 AÑO	NORMAL	TIENDAS, LABORATORIOS, RESTAURANTES, ALMACENES, ÁREAS DE MONTAJE, TALLERES.
	SUCIO	ACERÍA, TRABAJOS QUÍMICOS, FUNDICIONES, SOLDADURA, PULIDO, CARPINTERÍA.

Tabla N°25. Intervalos recomendados de inspección de sistemas de iluminación en diferentes entornos de trabajo.
Fuente. CIE-97-2005, Tabla 2.1

Según la tabla anterior se puede establecer que el periodo para mantenimiento de las luminarias debe ser **cada dos (2) años**.

11.6.2. Periodo de Limpieza.

Para ayudar a los operadores de los programas de mantenimiento, la Tabla 2.2 ofrece una indicación rápida de los intervalos de limpieza para los diferentes tipos de luminarias que se utilizan en los distintos entornos. En lo que se refiere al mantenimiento, la Tabla 2.2 y la Tabla 2.3 también se pueden utilizar como una guía para la selección de luminarias para los entornos particulares. Los datos son típicos para las luminarias que utilizan cualquier tipo de lámpara, con la excepción de las que usan lámparas reflectoras de descarga de alta presión. Estas luminarias para lámparas reflectoras tendrán características similares a las de la luminaria tipo B.

INTERVALO DE LIMPIEZA / TIPO DE LUMINARIA	3 AÑOS			2 AÑOS			1 AÑOS		
	MUY LIMPIO LIMPIO	NORMAL	SUCIO	MUY LIMPIO LIMPIO	NORMAL	SUCIO	MUY LIMPIO LIMPIO	NORMAL	SUCIO
A. BARRA DE LUCES DE ILUMINACION ABIERTA	X				X				X
B. REFLECTOR SUPERIOR ABIERTO	X				X				X
C. REFLECTOR SUPERIOR CERRADO	X			X				X	
D. CERRADA IP2X	X			X				X	
E. PROTEGIDA CONTRA EL POLVO IP6X	X	X			X				
F. LUMINARIA INDIRECTA				X		X	X		
G. MANIPULACION DE AIRE VENTILACION FORZADA	X	X				X			

Tabla N°26. Intervalos de limpieza aproximados para diversas luminarias utilizadas.
Fuente. CIE-97-2005, Tabla 2.2

11.6.3. Factor de mantenimiento del flujo luminoso de la lámpara.

El factor de mantenimiento del flujo luminoso de la lámpara es la salida de luz relativa durante la vida útil de una lámpara encendida a la salida inicial. La Tabla 3.2 muestra ejemplos típicos de factores de mantenimiento del lumen de la lámpara. Por lo tanto, es muy importante obtener datos actualizados de los fabricantes para estimar el factor de mantenimiento y el programa de mantenimiento, particularmente cuando se usa un nuevo tipo de lámpara. Se deben tener en cuenta varios factores en el momento de escoger la luminaria, tales como:

- Diferencias entre los tipos de lámparas Los diferentes tipos de lámparas se comportan de manera diferente. Por ejemplo, los principios de funcionamiento de una lámpara incandescente es un filamento brillante, mientras que una lámpara fluorescente es por descarga de arco combinada con la emisión de fósforo.

- Diferencias dentro de un tipo de lámpara Incluso si el principio de funcionamiento del tipo de lámpara es idéntico, esto no significa que las características de mantenimiento de la lámpara sean las mismas. Por ejemplo, los fabricantes producen varios tipos de lámparas halógenas para diferentes propósitos y la tasa de supervivencia del 50% varía entre 1000h y 5000h.

- Diferencias por influencia externa en la lámpara Muchos problemas externos, como la posición de combustión, las condiciones ambientales, el sistema de balasto, la frecuencia de conmutación, etc., influyen significativamente en las características de mantenimiento de las lámparas.

Después de determinar qué tipo de luminaria se ajusta mejor a las necesidades del proyecto, se procede a buscar en la tabla 3.2 cuales son los factores LLMF y LSF.

TIPOS DE LUMINARIAS		HORAS DE USO (MILES DE HORAS)												
		DIFERENCIAS	0.1	0.5	1	2	4	6	8	10	12	15	20	30
ENCANDESCENTES	LLMF	MODERADA	1.00	0.70	0.93									
	LSF	GRANDE	1.00	0.98	0.50									
HALOGENO	LLMF	GRANDE	1.00	0.99	0.97	0.95								
	LSF	GRANDE	1.00	1.00	0.78	0.50								
FLUORESCENTE TRIFOSFATO	LLMF	MODERADA	1.00	0.99	0.98	0.97	0.93	0.92	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	
	LSF	MODERADA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.98	0.97	0.94	0.50	
FLUORESCENTE TRIFOSFATO	LLMF	MODERADA	1.00	0.99	0.98	0.97	0.93	0.92	0.90	0.90	0.90	0.90		
	LSF	MODERADA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.98	0.92	0.50		
FLUORESCENTE HALOFOSFATO	LLMF	MODERADA	1.00	0.98	0.96	0.95	0.87	0.84	0.81	0.79	0.77	0.75		
	LSF	MODERADA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.98	0.92	0.50		
FLUORESCENTE COMPACTA	LLMF	GRANDE	1.00	0.98	0.97	0.94	0.91	0.89	0.87	0.85				
	LSF	GRANDE	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.94	0.86	0.50				
MERCURIO	LLMF	MODERADA	1.00	0.99	0.97	0.93	0.85	0.82	0.83	0.79	0.78	0.77	0.76	
	LSF	MODERADA	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.94	0.92	0.86	0.79	0.69	0.50	
METAL HALIDE	LLMF	GRANDE	1.00	0.98	0.95	0.90	0.87	0.83	0.79	0.65	0.63	0.58	0.50	
	LSF	GRANDE	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.92	0.86	0.80	0.73	0.66	0.50	
CERAMICA METAL HALIDE	LLMF	GRANDE	1.00	0.95	0.87	0.75	0.72	0.68	0.64	0.60	0.56			
	LSF	GRANDE	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.95	0.80	0.50			
SODIO DE ALTA PRESION	LLMF	MODERADA	1.00	1.00	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96	0.94	0.90
	LSF	MODERADA	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.97	0.95	0.92	0.50
LED	LLMF	GRANDE	1.00	CONSULTAR CON EL FABRICANTE										
	LSF	GRANDE	1.00	CONSULTAR CON EL FABRICANTE										

Tabla N°27. Factor de mantenimiento de la luz de la lámpara (LLMF) y factor de supervivencia de la lámpara (LSF).
Fuente. CIE-97-2005, Tabla 3.2

Debido a que en el momento de publicación de la normativa no se encontraba en auge el uso de la tecnología led, es necesario consultar con el fabricante cual es el factor LLMF de la luminaria utilizada.

DATOS ÓPTICOS		DATOS FÍSICOS		DATOS ELÉCTRICOS	
Temperatura de color	6500 K (DL)	Acabado	Blanco	Potencia de entrada	24 W
Flujo luminoso	1750 lm	Grado de protección IP	IP20	Tensión de operación	100-240 V 50/60 Hz
Ángulo de apertura	120°	Dimensiones (DxH)	Φ300x18 mm	Corriente de entrada	0.2 A @ 120 V
Tipo de distribución	Directa simétrica	Tipo de montaje	Incrustar	Factor de potencia	>0.50
Reproducción de color (IRC)	70	Chasis	Aluminio + PC	Distorsión armónica (THD)	<114%
Vida útil	30000 h L70	Óptica	Difusor opalizado	Tipo de driver	Independiente CC
Eficacia	73 lm/W	Temperatura de operación Ta	-10°C ~ +40°C	Atenuable	NO

Tabla N°28. Características Luminotécnicas proyector bala led 24W.
Fuente. Catálogo de Luminarias Sylvania Colombia.

Según los datos suministrados por el fabricante en la ficha técnica de la luminaria se establece que el parámetro **LLMF es 0.70** para una vida útil de la luminaria de 30000

Horas, pero es necesario considerar que el periodo de mantenimiento se va a realizar cada 3 años, por tanto, se debe evaluar qué vida útil posee la lámpara para ese periodo de tiempo. Según la tabla 3.1 de la CIE-97 se establecen los consumos promedios en número de horas que poseen diversos tipos de instalaciones.

Activity	Period of occupancy		Daylight link controls	Operating hours
Include shifts	**No. of days**	**Hours/day**	**Yes/No ***	**Hours/year**
Industrial				
Continuous	365	24	no	8760
Process	365	24	yes	7300
Two shifts	310	16	no	4960
Six days/week	310	16	yes	3720
Single shift	310	10	no	3100
Six days/week	310	10	yes	1760
Single shift	258	10	no	2580
Five days/week	258	10	yes	1550
Retail				
Six days/week	310	10	no	3100
Offices				
Five days/week	258	10	no	2580
	258	10	yes	1550
Schools				
Five days/week	190	10	no	1900
	190	10	yes	1140
Hospital				
7days/week	365	16	no	5840
	365	16	yes	3504

Tabla N°29. Horas de Operación típicas anuales.
Fuente. CIE-97-2005, Tabla 3.1.

Según la tabla anterior el periodo de operación de las luminarias para una instalación de tipo hospitalaria oscila entre las 1900 horas anuales, que equivalen a un total de 3800 horas de consumo en un periodo de dos (2) años.

Para la determinación del factor de mantenimiento por flujo luminoso es necesario realizar una regla de tres estableciendo que, para una operación de 30000 horas, el factor es del

70%, por consiguiente, para un periodo de operación de 3800 horas el **factor de mantenimiento por flujo luminoso será de 0.96.**

11.6.4. Factor de supervivicencia de la lampara.

El factor de supervivencia de la lámpara es la probabilidad de que las lámparas continúen funcionando durante un tiempo determinado. Indica el porcentaje de un gran grupo representativo de un tipo de lámpara que permanece operativo después de un cierto período. La tasa de supervivencia depende del tipo de lámpara y, en particular, en el caso de las lámparas de descarga, la frecuencia de conmutación y el sistema de balasto. Tradicionalmente, la vida útil de la lámpara es el tiempo declarado en horas cuando el 50% de las lámparas en el lote de prueba han sobrevivido. Las lámparas defectuosas en los esquemas causarán una reducción de la iluminancia y la uniformidad, pero el efecto se puede minimizar al reemplazar las lámparas por puntos. La tabla 3.2 muestra ejemplos típicos de datos de supervivencia de la lámpara. El valor de LSF se debe utilizar junto con el valor de LLMF para establecer una vida útil económica para la lámpara, ya que la vida útil declarada suele ser mucho más larga que la vida útil de la lámpara.

Debido a que la ficha técnica de la luminaria a utilizar dentro del proyecto no posee información sobre el factor de supervivencia de la luminaria, se asumirá un valor para el **LSF de 1.00**

11.6.5. El factor de mantenimiento de la luminaria.

El factor de mantenimiento de la luminaria es el rendimiento relativo de la luminaria debido a la suciedad depositada en las lámparas y en o sobre las luminarias durante un período. La velocidad de reducción depende de la construcción de la luminaria y de la naturaleza y densidad de la suciedad presente en el aire en la atmósfera.

La suciedad o el polvo negro generalmente causarán la mayor pérdida de luz. No es raro encontrar una pérdida del 50%, debido a la suciedad, de los sistemas de iluminación industrial entre largos intervalos de limpieza. La cantidad de pérdida de luz depende de la naturaleza y la densidad de la suciedad transportada por el aire, el diseño de la

luminaria, el material y el tipo de luminaria y el tipo de lámpara. Las luminarias ventiladas acumulan menos suciedad si la ubicación de las aberturas está dispuesta de modo que las corrientes de aire de convección puedan transportar polvo y suciedad, pasar la óptica y la lámpara (a veces denominada acción de auto limpieza) en lugar de permitir que se deposite y se acumule en el reflejo o emisión. Superficies.

La acumulación de suciedad en las superficies reflectantes se puede minimizar sellando el compartimiento de la lámpara contra la entrada de polvo y humedad. Se pueden obtener beneficios significativos con la carcasa de la luminaria y el sellado óptico al menos a la protección IP54. Los acabados de las luminarias difieren en su resistencia a la acumulación de suciedad. Por ejemplo, el aluminio anodizado se mantendrá limpio durante más tiempo que el esmalte blanco, pero el primero tendrá una reflectancia inicial ligeramente menor, mientras que el último se puede limpiar fácilmente. También el depósito de suciedad puede afectar la distribución de intensidad de la luminaria. Puede convertir un reflector de superficie especular en un acabado mate o un controlador prismático en un difusor. La Tabla 3.4 muestra los datos típicos de una gama de luminarias. Para obtener datos más precisos, consulte al fabricante de luminarias.

TIEMPO TRANSCURRIDO ENTRE LIMPIEZAS EN AÑOS.	0.5 AÑOS				1 AÑO				1.5 AÑOS				2 AÑOS				2.5 AÑOS				3 AÑOS			
TIPO DE LUMINARIA (TABLA 2.2)	ML	L	N	S	ML	L	N	S	ML	L	N	S	ML	L	N	S	ML	L	N	S	ML	L	N	S
A	0.98	0.95	0.92	0.88	0.96	0.93	0.89	0.83	0.95	0.91	0.87	0.80	0.94	0.89	0.84	0.78	0.93	0.87	0.82	0.75	0.92	0.85	0.79	0.73
B	0.96	0.95	0.91	0.88	0.95	0.90	0.86	0.83	0.84	0.81	0.83	0.79	0.92	0.84	0.80	0.75	0.91	0.82	0.76	0.71	0.89	0.79	0.74	0.68
C	0.95	0.93	0.89	0.85	0.94	0.89	0.81	0.75	0.93	0.84	0.74	0.66	0.91	0.80	0.69	0.59	0.89	0.77	0.64	0.54	0.87	0.74	0.61	0.52
D	0.94	0.92	0.87	0.83	0.94	0.88	0.82	0.77	0.93	0.85	0.79	0.73	0.91	0.83	0.77	0.71	0.90	0.81	0.75	0.68	0.89	0.79	0.73	0.65
E	0.94	0.96	0.93	0.91	0.96	0.94	0.90	0.86	0.92	0.92	0.88	0.83	0.93	0.91	0.86	0.81	0.92	0.90	0.85	0.80	0.92	0.90	0.84	0.79
F	0.94	0.92	0.89	0.85	0.93	0.86	0.81	0.74	0.91	0.81	0.73	0.65	0.88	0.77	0.66	0.57	0.86	0.73	0.60	0.51	0.85	0.70	0.55	0.45
G	1.00	1.00	0.99	0.98	1.00	0.99	0.96	0.93	0.99	0.97	0.94	0.89	0.99	0.96	0.92	0.87	0.98	0.95	0.91	0.86	0.98	0.95	0.90	0.85

Tabla N°30. Factor de mantenimiento de luminarias (LMF).
Fuente. CIE-97-2005, Tabla 3.4

Según la tabla anterior se obtiene que el factor de mantenimiento de la luminaria **(LMF) es de 0.84**.

11.6.6. El factor de mantenimiento de la superficie de la habitación.

El factor de mantenimiento de la superficie de la habitación (RSMF, por sus siglas en inglés) es la proporción relativa del componente inicial reflejado de la iluminación proveniente de la instalación después de un cierto período debido a la suciedad en las superficies de la habitación. Las Tablas 3.6 - 3.8 proporcionan ejemplos de datos RSMF. El factor de mantenimiento de la superficie de la habitación también se puede considerar como la relación entre la utilidad de una instalación dada después de un tiempo específico y la utilización de la misma instalación (sin un cambio de la distribución relativa de los flujos directos sobre todas las superficies reflectantes) cuando es nuevo o después de la última limpieza.

El factor de mantenimiento de la superficie de la habitación depende de la proporción de la habitación, de la reflectancia de todas las superficies y de la distribución de flujo directo de las luminarias instaladas. El factor de mantenimiento de la superficie de la habitación también depende de la naturaleza y densidad del polvo presente o generado en la habitación. Esta acumulación de suciedad en las superficies de la habitación durante un período de tiempo reducirá la cantidad disponible de luz reflejada. Si bien la limpieza y pintura periódicas de paredes y techos es recomendable en todas las instalaciones, se debe hacer con más frecuencia en áreas donde una gran parte de la luz llega a la tarea por reflejo de las superficies de las habitaciones o cortinas, cuadros y muebles. Las superficies de la sala limpia ayudarán a equilibrar la luminancia en el ambiente.

En la siguiente tabla se muestran los valores para el RSMF en función del tiempo de mantenimiento de las paredes de la instalación y el tipo de ambiente presente.

REFLACTANCIA TECHO/PAREDES/PISO	TIEMPO (AÑOS)	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
0.70 / 0.50 / 0.20	MUY LIMPIO	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
	LIMPIO	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
	NORMAL	0.92	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	SUCIO	0.87	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.80

Tabla N°31. Factor de Mantenimiento de la Superficie de la Habitación (RSMF).
Fuente. CIE-97-2005, Tabla 3.6

Según lo obtenido en la tabla anterior el factor de mantenimiento de la superficie de la habitación **(RSMF) es de 0.94**.

Al tener todos los valores necesarios se procede a calcular el factor de mantenimiento

Factor de mantenimiento del flujo de la lámpara (LLMF) = 0.96

Factor de supervivencia de la lámpara (LSF) = 1.00

Factor de mantenimiento de la luminaria (LMF) = 0.80

Factor de mantenimiento del local (RSMF) = 0.94

MF = LLMF x LSF x LMF x RSMF

FM=0.96 x 1.00 x 0.80 x 0.94

FM=0.72

11.7. Esquema de mantenimiento de las luminarias

Todos los equipos, instalaciones y montajes, reciben durante su vida útil, influencia de las condiciones de operación y del medio donde está operando, esta influencia puede afectar de varias formas las condiciones iniciales de su funcionamiento y las características físicas o químicas existentes inicialmente, disminuyendo su vida útil, por lo tanto, es esencial llevar a cabo inspecciones y mantenimiento a todos los elementos de la instalación periódicamente. Por los costos crecientes de la mano de obra y los desplazamientos de los carros de mantenimiento, cada vez se hace más necesario agrupar las operaciones de inspección, mantenimiento, limpieza y reemplazo, mediante mantenimientos sistemáticos y reducir a un mínimo el mantenimiento fuera del programa. Los trabajos de mantenimiento de las luminarias tipo exterior utilizadas en alumbrado público se clasifican en dos grupos, mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo como se describe a continuación.

11.7.1. Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo de las luminarias de alumbrado exterior consiste en localizar, reparar y adecuar las instalaciones para que funcionen el máximo número de horas posible, con el desempeño para el que fueron diseñadas.

Las actividades que componen el mantenimiento correctivo son:

• Localización y reparación de averías.

• Adecuación de instalaciones.

• Detección de averías.

Para la ejecución del mantenimiento correctivo es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

• Reemplazar las bombillas y donde sea necesario, los equipos auxiliares y cerciorarse que el casquillo de la bombilla este perfectamente adaptado o coincida con el portalámpara.

• Revisar el encendido, apagado y el correcto funcionamiento del dispositivo de encendido de la luminaria.

• Limpiar las bombillas y el conjunto óptico de las luminarias. • Realizar el mantenimiento mecánico y eléctrico de la luminaria.

• Coordinar con las entidades municipales competentes las podas de los árboles circundantes a los equipos de iluminación, para despejar el cono de intensidad máxima de cada luminaria.

11.7.2. Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo de las luminarias de alumbrado exterior debe determinar las acciones para evitar o eliminar las causas de las fallas potenciales del sistema y prevenir su ocurrencia, mediante la utilización de técnicas de diagnóstico y administrativas que permitan su identificación. Dentro de las técnicas de diagnóstico se deben considerar las mediciones eléctricas en diferentes puntos de la red, niveles de armónicos, así como la medición de parámetros eléctricos de operación de las luminarias y sus componentes.

11.7.3. Mantenimiento de las instalaciones eléctricas de las luminarias.

La persona encargada de la operación y el mantenimiento de las instalaciones eléctricas de las luminarias será responsable de mantenerlas en condiciones seguras por lo tanto deben garantizar que se cumplan las disposiciones del reglamento que establece los requisitos que deben cumplir los sistemas de alumbrado exterior y verificar que estas conexiones no presenten ningún riesgo para la salud o la vida de las personas, animales o el medio ambiente.

11.7.4. Inspección y mantenimiento de la acometida de las luminarias.

Los conductores para acometida se usan para conectar la red secundaria con el equipo o luminaria, se debe tener en cuenta la potencia de la luminaria que se va alimentar, con el fin de realizar la correcta selección del conductor que se debe utilizar. Al realizar el mantenimiento de la luminaria se debe observar el estado del conductor de la acometida,

verificar que el calibre del conductor sea el indicado para la red que se está usando y su correcta conexión.

En el mantenimiento e inspección de la acometida y las demás instalaciones eléctricas de las luminarias se debe observar el estado de dichas instalaciones, verificando los siguientes puntos:

• Verificar que el empalme no presente sulfatación.

• Observar el estado de los conectores, en muchos casos se aflojan o pierden su hermeticidad.

• No se recomienda empalmes en el tramo de la acometida, se recomienda que el cable sea continuo desde la red hasta la luminaria final del ramal.

• No utilizar cables de diferente calibre, utilizar un solo calibre en los tramos de la instalación.

• En las conexiones eléctricas se debe tener en cuenta los tipos de conectores permitidos por la norma que rige los sistemas de alumbrado.

Las luminarias y proyectores deben tener la siguiente protección de los conductores y los aislamientos del alambrado de las luminarias:

• Los conductores deben estar bien sujetos de modo que no se produzca cortadura ni abrasión de aislamiento.

• En el interior de los brazos de las luminarias de alumbrado no pueden existir empalmes o conexiones.

• Los conductores se deben instalar de modo que el peso del aparato de alumbrado o sus partes móviles no los sometan a tensión mecánica.

En los procedimientos de mantenimiento preventivo se debe observar el estado de la acometida verificando que el calibre del conductor utilizado sea el adecuado, además

debemos verificar las conexiones observando el estado de los conectores y empalmes en caso de existir.

De igual forma dicho procedimiento se debe llevar a cabo en las acciones de mantenimiento correctivo para descartar que la acometida presente irregularidades y así verificar su funcionamiento correcto, asegurándose que el conductor, los conectores y los empalmes se encuentren en buen estado.

11.7.5. Inspección de las instalaciones eléctricas de las luminarias.

Los operarios encargados del mantenimiento de las instalaciones eléctricas de las luminarias deben seguir los siguientes pasos en la supervisión de dicha instalación eléctrica:

- *Inspección visual*

Es la inspección física que se le realiza a la acometida y demás instalaciones eléctricas de la luminaria, esta se realiza recorriéndola desde el punto de empalme hasta el último elemento del circuito. La inspección visual permite hacerse una idea globalizada de la instalación y de las condiciones técnicas de esta, revisando los siguientes aspectos:

- *Puntos de empalme*

Verificar el estado de los conductores, conectores, puestas a tierra y demás empalmes que pueda presentar la instalación eléctrica de las luminarias. En este punto se debe verificar:

• La posición de las cajas de los fotocontroles.

• Revisar la sección del conductor.

• Verificar la continuidad de líneas.

• Revisar las puestas a tierra y su conductor.

11.7.6. Medición y ensayos de la instalación.

En esta etapa de la supervisión se recurre al uso de instrumentos para verificar:

• Continuidad de los conductores, de la puesta a tierra y de las Protecciones.

• Verificación de polaridades.

• Ensayos de tensión.

• Ensayos de funcionamiento.

Los ensayos o pruebas mencionadas anteriormente, además de detectar la falla o asegurar el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas de las luminarias, están destinados a proteger al operador evitando que corra riesgos de quedar sometido a tensiones peligrosas por contacto directo e indirecto.

11.7.7. Mantenimiento y limpieza de los componentes de la luminaria

Con la limpieza y el mantenimiento correctivo y preventivo de los diferentes elementos que conforman las luminarias se busca:

• Mantener niveles adecuados de iluminación dependiendo del lugar, actividad y edad de las personas que van a utilizar dicho alumbrado.

• Uniformidad de los niveles de iluminación.

• Calidad de la iluminación y control del deslumbramiento.

En el mantenimiento de la luminaria se debe realizar la respectiva limpieza de cada uno de los elementos que la conforman, se debe hacer periódicamente para evitar el deterioro de sus elementos y prevenir fallas ocasionadas por la polución y la contaminación del ambiente donde se encuentra instalada dicha luminaria. Para realizar el mantenimiento adecuado de la luminaria debemos tener en cuenta el tipo, tamaño, aplicación y potencia de la luminaria, está la componen los siguientes elementos:

- *Pantalla reflectora.*

Es la pantalla que dirige la luz hacia la superficie deseada directa o indirectamente, se divide en dos grupos la que dirige la luz en forma dispersa y la que dirige la luz en dirección específica, al realizar el mantenimiento, la pantalla reflectora se debe mantener libre de polvo e impurezas las cuales se presentan en mayor o menos cantidad debido al ambiente donde se encuentre instalada la luminaria.

La limpieza se debe hacer con un paño blando, no se debe realizar la limpieza con medios abrasivos ni alcalinos, ya que se puede causar daños y deterioro a dicha pantalla. En aquellos casos donde la pantalla reflectora presenta alto grado de polución, no se debe realizar la limpieza en terreno, se debe procurar en la medida que sea posible, desmontar y llevar al taller para realizar su respectiva limpieza utilizando abundante agua y paños blandos y limpios, de ningún modo se debe realizar dicha limpieza con medios abrasivos ni alcalinos.

Tanto en el en las acciones de mantenimiento correctivo como preventivo, se debe realizar la respectiva limpieza de la pantalla reflectora, además se debe verificar su estado para proceder a un posible reemplazo cuando este se requiera.

- *Difusor o refractor.*

Además de servir como protector, también cumple como elemento decorativo de la luminaria, puede ser de vidrio, acrílico o policarbonato, puede generar o no una desviación a los rayos de luz que inciden sobre la superficie, en su mantenimiento se debe observar sus condiciones tales como, suciedad y estado del vidrio o acrílico, realizar su respectiva limpieza para mantener la calidad y los niveles de iluminación. La limpieza se debe realizar con una solución jabonosa o detergente, se hace por dentro y por fuera, procediendo al inmediato enjuague y al secado con un paño limpio, dicha limpieza se puede realizar en terreno, no es necesario de desmontar dicho refractor.

La acumulación de polvo e impurezas en el conjunto óptico de las luminarias afecta el rendimiento, y, por lo tanto, disminuye los niveles de iluminación de la instalación de

alumbrado exterior, la rapidez y severidad de la acumulación de suciedad varía de acuerdo con las condiciones existentes en el sitio de instalación, este problema se soluciona con la limpieza constante del conjunto óptico.

En las acciones de mantenimiento tanto correctivo como preventivo se debe realizar la limpieza de dicho refractor por dentro y por fuera, verificando que no presente agrietamiento o este quebrado, cuando esté presente daños se debe proceder a reemplazar.

- *Cofre.*

En algunas ocasiones se requiere que los elementos auxiliares de la lámpara de descarga de alta presión, como el balasto, arrancador y el condensador, estén separados de la pantalla reflectora, en estos casos debe recurrirse a un cofre que además de alojar los elementos eléctricos, les permita un espacio adecuado que prevenga los cortocircuitos y que facilite las operaciones de instalación y mantenimiento. Se debe realizar la limpieza de los elementos del kit eléctrico que se encuentran alojados con un cepillo de cerdas suaves

En las acciones de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, se debe observar el estado de dicho cofre, verificando que este no presente humedad o almacenamiento de agua, también se debe verificar que este garantice un espacio adecuado entre elementos para prevenir cortocircuitos.

- *Chasis o carcasa.*

Es el elemento estructural o de soporte de la luminaria, en el cual se aloja el conjunto eléctrico, en el mantenimiento de la luminaria se debe observar el estado de la carcasa, verificar que la estructura no presente golpes o deterioro, También se procede a verificar el estado del dispositivo de cierre y la solides de su fijación. Se debe observar el grado de hermeticidad IP. El IP es un sistema de código para indicar el grado de protección generado por el encerramiento de la luminaria la cual varía dependiendo del chasis o carcasa, este grado de hermeticidad permite que el interior de la luminaria esté libre de

polución, agua y diferentes impurezas que pueden deteriorar la vida útil de algunos elementos que conforman la luminaria. Igualmente se debe verificar que el factor IK de la luminaria sea el indicado para el ambiente donde está instalada, el factor IK indica la protección mecánica de la carcasa contra impactos o choques de cuerpos sólidos, las luminarias para alumbrado público deben cumplir con dichos factores tal y como lo especifica el reglamento técnico de instalaciones eléctricas, como se muestra en tabla 580.2.3.d del RETILAP.

También es importante verificar el estado del empaque que une la carcasa superior o carcasa principal con la tapa, si dicho empaque presenta deterioro se debe proceder a reemplazar por un empaque de características similares o en la medida que sea posible reparar con silicona en terreno.

En las acciones de mantenimiento correctivo se debe observar el estado de la carcasa verificando que esta no presente golpes o deterioro los cuales puedan causar irregularidades en el funcionamiento de la bombilla o accidentes.

- *Brazo.*

El brazo de la luminaria es el soporte donde esta va sujeta al poste, estructura o fachada. En los procedimientos mantenimiento tanto correctivo como preventivo de la luminaria se debe inspeccionar cuidadosamente el estado de dicho brazo, se debe reportar el estado en que este se encuentra, describiendo detalles como estado de la soldadura entre el collarín y el tubo del brazo, estado de los collarines y el estado de la superficie del brazo como golpes o deterioro. Además, se debe verificar cuidadosamente la correcta orientación del brazo y observar su ángulo de inclinación, en el caso de no ser posible su reorientación o que dicho brazo presente algún deterioro que ponga en riesgo la vida del operario informar de inmediato al supervisor encargado.

11.8. Eficiencia energética mediante control del alumbrado.

Las nuevas edificaciones industriales, comerciales o de uso oficial con más de 500 m² de construcción deben disponer de sistemas de control de iluminación, con criterio URE.

Las edificaciones de vivienda deberán atender los lineamientos que sobre el uso racional y eficiente de energía dicten el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Ministerio de Minas y Entre otras posibles, se podrá usar por lo menos una de las siguientes formas para controlar el nivel de iluminación artificial en un recinto interior:

- Encendido/apagado manual,
- Atenuación del flujo luminoso de las fuentes.
- Encendido/apagado automático;
- Pasos inteligentes con control automático y
- Atenuación del flujo luminoso de las bombillas o dimerización automática.

11.8.1. Control de encendido y apagado manual.

Cuando la iluminancia interior de luz día Ei excede la iluminancia de diseño Ed, el usuario de la edificación interior puede apagar la luz artificial. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que en las zonas de trabajo los ocupantes encienden la iluminación artificial si Ei es menor de aproximadamente el 60% de Ed, y que solo lo apagan cuando desocupan el área y no cuando Ei sobrepasa el valor de Ed. La lámpara o grupo de lámparas que iluminen áreas no mayores a 100 M2 localizadas en mismo salón, debe contar con por lo menos un sistema de apagado o encendido independiente.

Toda edificación destinada al funcionamiento de entidades públicas de cualquier orden, deben tener por lo menos un sistema de interrupción manual por piso o sector del sistema de iluminación y las luces deben ser apagadas en los horarios que no se desarrollen actividades propias de la función de la entidad. Igualmente debe disponerse de interruptores manuales que permitan separar áreas de trabajo dentro de un mismo salón cuando este supere los 30 m2.

11.8.2. Atenuación del flujo luminoso de las bombillas o dimerización manual.

Con atenuación del flujo luminoso de las bombillas o dimerización manual de la iluminación artificial se evitan los cambios bruscos de iluminación inherente a un interruptor encendido/apagado, pero existe la necesidad de ajustar continuamente el nivel de iluminación y por esta razón la dimerización manual está limitada en la práctica a su uso en interiores, con fuentes que lo permitan.

Las lámparas fluorescentes compactas, son susceptibles de intentos de encendidos por pequeñas tensiones residuales que generan parpadeos y comprometer su vida útil, por lo que se debe tener especial atención en el uso de dimers con estas lámparas.

11.8.3. Control de encendido y apagado automático.

Se pueden utilizar elementos fotoeléctricos para apagar la iluminación artificial cuando la iluminancia interior de luz día (Ei) exceda la iluminancia de diseño (Ed). Es recomendable que el sistema pueda trabajar de manera que la iluminación artificial sea automáticamente apagada cuando Ei sobrepasara en un 50 o 100% el valor de Ed. Igualmente, es recomendado utilizar el encendido y apagado automático, cuando no se requiera la iluminación, para lo cual los sistemas detectores de presencia son indicados.

11.8.4. Pasos escalonados con control automático.

Los abruptos cambios indeseados de la iluminación de encendido/apagado de control automático pueden hacerse menos severos, si no se encienden o apagan todas las luminarias a la vez, sino de una manera gradual o escalonada. Para este tipo de control se requieren luminarias con balastos multitensión y/o sistemas de cableado adecuados. Dichas instalaciones requieren de un diseño calificado del sistema de control con el objetivo de cumplir los requerimientos técnicos y mantener el confort de los usuarios

11.8.5. Sistemas de control automáticos de niveles de iluminación.

El mejor sistema de control será el que de una manera continua mantenga un equilibrio entre la cantidad de luz natural y el nivel de iluminación artificial, de tal forma que la iluminancia de diseño se mantenga constante. Un Sistema Automático de Control de

Iluminación (SACI) puede ser definido como un dispositivo de control del alumbrado artificial, que tiene la finalidad de funciones de encendido, apagado y/o atenuación (control del flujo luminoso), de acuerdo con un patrón preestablecido, orientado al ahorro energético y en función de una o más de las siguientes variables:

- Nivel de iluminancia por la luz artificial o natural
- Ocupación de los locales
- Horario de ocupación de los locales

Un sistema de control automático de iluminación puede estar conformado por los siguientes dispositivos:

11.8.6. Salida a atenuadores del flujo luminoso de las bombillas.

Es un sistema donde la señal de control determina la proporción de atenuación del flujo luminoso de las bombillas, disminuyéndoles su potencia.

Los dispositivos atenuadores de buena calidad generalmente no producen distorsiones en la forma de corriente de alimentación de la bombilla y pueden aumentar su eficacia. Los equipos de mala calidad no sólo empeoran la eficacia luminosa con la atenuación, sino que pueden afectar la vida de las bombillas.

No todas las bombillas son aptas para la regulación de su flujo luminoso sin que experimenten algún tipo de inconvenientes. Existe en el mercado una gran cantidad de lámparas que no soportan atenuación y son afectadas en su vida útil por cambios de tensión de alimentación y hacen intentos de encendidos con pequeñas tensiones residuales, produciendo un parpadeo molesto y una acelerada pérdida de vida útil, por lo que se debe tener especial atención cuando se usen Dimers con ese tipo de lámparas.

Desarrollos electrónicos recientes permiten hacer funcionar tubos fluorescentes en regímenes de baja potencia, a valores tan bajos como del 1 %, sin parpadeos. La regulación del flujo luminoso de las bombillas permite el máximo aprovechamiento de las continuas variaciones de la luz natural sin causar molestias para el usuario, quien no percibe ningún cambio en la iluminación. Además, permite ahorrar la energía del exceso

de iluminación que puede estar originado, por ejemplo, por sobredimensionado inicial de la instalación para lograr un buen factor de mantenimiento.

11.8.7. Salida a Sensores.

La finalidad de un sensor de un sistema de control es evaluar las condiciones de los ambientes (cantidad de luz natural, presencia o ausencia de ocupantes, etc.) para generar la señal de control. Los tipos más conocidos son: Sensor ocupacional, sensor fotoeléctrico y sensor de tiempo (reloj).

Sensor Ocupacional o detectores de presencia: El sensor ocupacional es un dispositivo que detecta la presencia de personas en los locales para realizar el control. Son apropiados para este fin los dispositivos similares a los utilizados en sistemas de seguridad (alarmas antirrobo), los que están basados principalmente en dos tipos de tecnología: de infrarroja y de ultrasonido.

11.9. Valor de eficiencia energética de la instalación. – VEEI

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se evaluará mediante el indicador denominado Valor de Eficiencia Energética de la instalación VEEI expresado en (W/m2) por cada 100 luxes, mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times Eprom}$$

Dónde:

P Potencia total instalada en las bombillas más los equipos auxiliares, incluyendo sus pérdidas [W]

S Superficie iluminada [m2]

EProm Iluminancia promedio horizontal mantenida [lux]

En la siguiente tabla, se indican los Valores Límite de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI) que deben cumplir los recintos interiores de las edificaciones; criterio adaptado de la norma UNE 12464-1 de 2003. Los valores de VEEI se establecen en dos grupos de zonas en función de la importancia que tiene.

- **Zonas de baja importancia lumínica.** Corresponde a espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminancia, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.
- **Zonas de alta importancia lumínica** o espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son relevantes frente a los criterios de eficiencia energética.

Estos valores incluyen la iluminación general y el alumbrado direccional, pero no las instalaciones de iluminación de vitrinas y zonas de exposición.

Grupo	Actividades de la zona	Límites de VEEI
a Zonas de baja importancia lumínica	Administrativa en general	3,5
	Andenes de estaciones de transporte	3,5
	Salas de diagnóstico (4)	3,5
	Pabellones de exposición o ferias	3,5
	Aulas y laboratorios (2)	4,0
	Habitaciones de hospital (3)	4,5
	Otros recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
	Zonas comunes (1)	4,5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Parqueaderos	5
	Zonas deportivas (5)	5
b Zonas De alta importancia lumínica	Administrativa en general	6
	Estaciones de transporte (6)	6
	Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	Bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	Zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	Centros comerciales (excluidas tiendas) (9)	8
	Hostelería y restauración (8)	10
	Otros recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10
	Centros de culto religioso en general	10
	Salones de reuniones, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo y salas de conferencias (7)	10
	Tiendas y pequeño comercio	10
	Zonas comunes (1)	10
	Habitaciones de hoteles, etc.	12

Tabla N°32. Valores límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI)
Fuente. Retilap, Tabla 440.1.

12. MALLA A TIERRA

El sistema de puesta a tierra está orientado hacia la seguridad de las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética, de esta forma debe estar en capacidad de cumplir con las siguientes funciones:

- Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
- Servir de referencia común al sistema eléctrico.
- Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla, electrostática y del rayo.
- Transmitir señales de radio frecuencia en onda media y larga.
- Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con puntos de referencia de los equipos.

12.1. Cálculo de malla a tierra

El diseñador de sistemas de puesta a tierra, deberá comprobar mediante el empleo de un procedimiento de cálculo reconocido por la práctica de la ingeniería actual, que los valores máximos de las tensiones de paso y de contacto a que puedan estar sometidos los seres humanos. Estos deben superar los umbrales de soportabilidad. Con el fin de garantizar la seguridad de los seres vivos, el diseño de una puesta a tierra debe ser lo más confiable posible, para ello es indispensable seguir los siguientes pasos:

- **Determinar las características del suelo (resistividad).** Es importante definir el método más apropiado para determinar la resistividad aparente del terreno, el RETIE recomienda aplicar el método tetraelectródico de Wenner.

12.2. Cálculo de la tensión de paso y de contacto

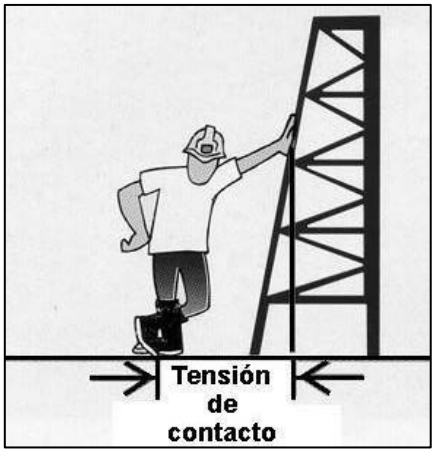


Figura N°5. Tensión de Contacto
Fuente. Norma de Diseño EBSA.

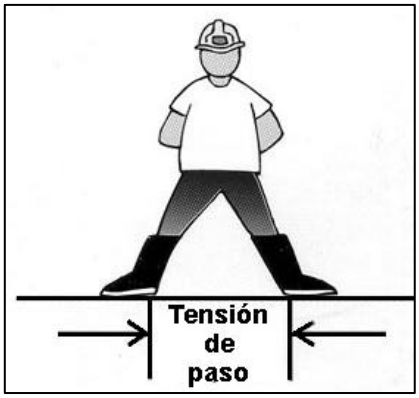


Figura N°6. Tensión de Paso.
Fuente. Norma de Diseño EBSA.

Este es probablemente el paso más importante del diseño, debido a que su valor comparado con los límites de soportabilidad del cuerpo humano, garantiza que el sistema de puesta a tierra sea confiable.

12.3. Cálculo de la malla a tierra de la subestación

12.3.1. Requisitos generales de la malla a tierra

- Los elementos metálicos generales de toda obra que no hacen parte del sistema eléctrico, no deben ser usados como conductores de puesta a tierra.
- Las conexiones en el sistema de puesta a tierra deben ser realizadas mediante soldadura exotérmica.
- Los electrodos de puesta a tierra deben tener una resistencia a la corrosión de al menos 15 años a partir de la fecha de instalación.
- La profundidad de la Malla a Tierra debe ser al menos de 50 cm.
- Los Tableros de Distribución en Baja Tensión, deben poseer barraje de Neutro y Tierra, los cuales deben ser conectados a la Malla de puesta a Tierra, utilizando los conductores establecidos en el Diseño.
- La Malla a tierra debe extenderse por lo menos 1 Mt fuera del perímetro construido e instalar Electrodos Máximo cada 10 Ms.
- Se deben dejar puntos de conexión, inspección y medición accesibles para verificar las características del electrodo de puesta a tierra y su unión a la red equipotencial. Donde se construyen cajas de inspección, sus dimensiones deben ser mínimo de 30 cm * 30 cm o de 30 cm de Diámetro si es circular y su tapa debe ser removible.

12.4. Parámetros de diseño.

Los parámetros de Diseño de la Malla de puesta a tierra son los siguientes:

- Resistividad del terreno
- Máxima corriente de corto circuito monofásica a tierra
- Factor de crecimiento de la subestación

12.5. Procedimiento de medición de sistemas de puesta a tierra.

Estimaciones basadas en la clasificación del suelo conducen sólo a valores gruesamente aproximados de la resistividad. Por tanto, es necesario tomar mediciones directamente en el sitio donde quedará ubicada la puesta a tierra.

Las técnicas para medir la resistividad del suelo son esencialmente las mismas cualquiera sea el propósito de la medida. Sin embargo, la interpretación de los datos recolectados puede variar considerablemente y especialmente donde se encuentren suelos con resistividades no uniformes. Típicamente, los suelos poseen varias capas horizontales superpuestas, cada una teniendo diferente resistividad. A menudo se presentan también cambios laterales de resistividad, pero más graduales a menos que se configuren fallas geológicas. Por tanto, las mediciones de resistividad deben ser realizadas para determinar si hay alguna variación importante de la resistividad con la profundidad.

Las diferentes técnicas de medida son descritas en detalle en la IEEE Std 811983 “IEEE Guido for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface potencial of a Ground System”. Para efectos de esta norma, se asume como adecuado el método de Wenner o método de los cuatro puntos.

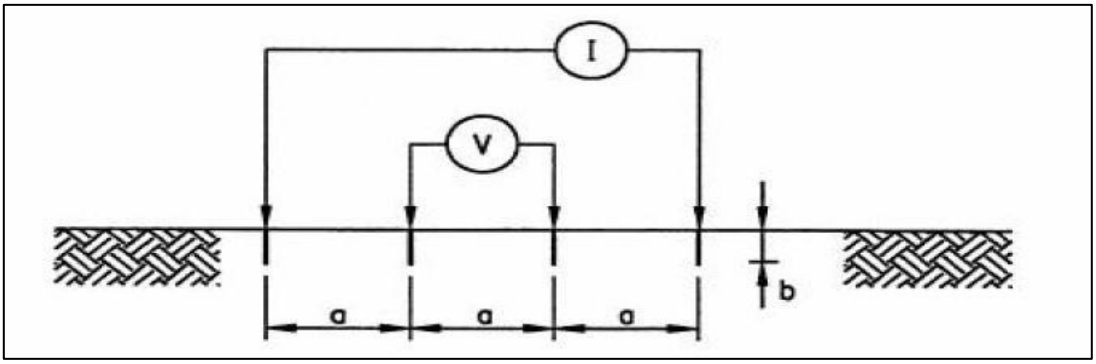


Figura N°7. Método de Wenner o método de los cuatro puntos.
Fuente. RETIE

Una corriente “I” se inyecta entre los dos electrodos externos y el potencial “V” entre los dos electrodos internos es medido por el instrumento. El instrumento mide la resistencia

R (=V/I) del volumen de suelo cilíndrico de radio “a” encerrado entre los electrodos internos. La resistividad aparente del suelo a, a la profundidad “a” es aproximada por la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{4\pi R a}{\left(1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{2a}{\sqrt{4a^2 + 4b^2}}\right)}$$

Para determinar el cambio de la resistividad del suelo con la profundidad, el espaciamiento entre electrodos se varía desde unos pocos metros hasta un espaciamiento igual o mayor que la máxima dimensión esperada del sistema de puesta a tierra (por ejemplo, la mayor distancia posible entre 2 puntos de una malla, o la profundidad de las varillas). El espaciamiento “a” del electrodo se interpreta como la profundidad aproximada a la cual se lee la resistividad del suelo. Para caracterizar la variación de la resistividad del suelo dentro de un área específica, se deben realizar varios grupos de medidas (perfiles) en diferentes direcciones.

Diferentes lecturas tomadas con varios espaciamientos alineados dan un grupo de resistividades (perfil), que cuando son graficadas contra el espaciamiento, indican si hay capas diferentes de suelo y dan una idea de su respectiva profundidad y resistividad.

12.6. Diseño de la malla a tierra

Se elaboró el Diseño de la Malla a Tierra de acuerdo a la Metodología Estándar IEEE80 - 2000. Se anexa a las Memorias de cálculo el diseño de la malla a tierra y los resultados encontrados.

El Sistema de Puesta a Tierra (SPT), se instala para evitar que personas en contacto con la misma, tanto en el interior como en el exterior, queden sometidas a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla.

Los objetivos de un sistema de puesta a tierra (SPT) son: La seguridad de las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética.

Las funciones de un sistema de puesta a tierra son:

Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.

Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.

Servir de referencia común al sistema eléctrico.

Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla, electrostática y de rayo.

Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con puntos de referencia de los equipos

12.7. Diseño y construcción de puesta a tierra.

- Los elementos metálicos que no forman parte de la instalación eléctrica no deben ser utilizados como conductores de puesta a tierra.
- Las conexiones en el sistema de puesta a tierra deben ser realizadas mediante soldadura exotérmica o conector debidamente certificado.
- Los conductores y electrodos del sistema de puesta a tierra deben ser de cobre.
- Los electrodos de puesta a tierra deben tener una resistencia a la corrosión de al menos 15 años a partir de la fecha de instalación.
- La profundidad de la malla de puesta a tierra debe ser al menos de 50 cm.
- La resistencia de puesta a tierra de la malla debe tener un valor igual o menor a 10Ω
- Se deben dejar puntos de conexión y medición accesibles e inspeccionables para verificar que las características del electrodo de puesta a tierra y su unión con la red equipotencial. Las cajas de inspección deben ser mínimo de 30 cm x 30 cm, o de 30 cm de diámetro si es circular y su tapa debe ser removible.

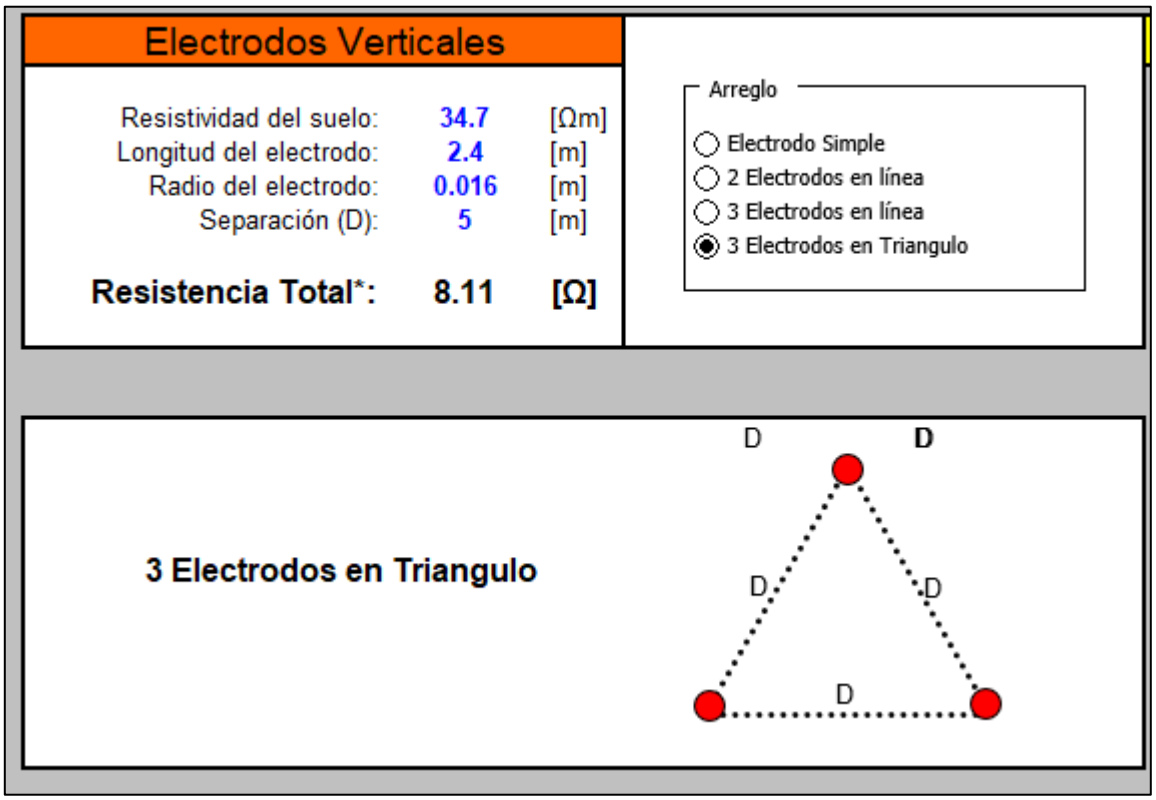
12.8. Parámetros de diseño.

Los parámetros de diseño de la malla de puesta a tierra son los siguientes:

- Resistividad del terreno, medida con base a lo establecido.
- Máxima corriente de cortocircuito a tierra.
- Máximo tiempo de despeje de falla.
- Factor de crecimiento de la subestación.
- Realizar tratamiento del suelo.

Figura N°8. Medida de Resistividad de Terreno.
Fuente. Elaboración Propia.

Para el diseño de la malla se usa una hoja en Excel convencional para verificar que los parámetros de la malla cumplan con todos los criterios de la norma IEEE-80



Se obtiene que la malla para el proyecto debe tener una sección triangular de 5.0m de lado, con 3 electrodos, los conectores tendrán una profundidad de 2.40m, y la malla estará enterrada a 0.50m de la superficie en cable de Cu desnudo N°2 con una **resistencia de 8.11Ω**.

13. ANÁLISIS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

13.1. Evaluación del nivel de riesgo.

El propósito de la evaluación del nivel de riesgo es establecer la necesidad de utilizar un sistema de protección contra rayos en una estructura dada, y determinar si este sistema debe ser integral.

La evaluación del nivel de riesgo es el elemento más importante en el procedimiento para diseñar un sistema de protección contra rayos, y especialmente en el procedimiento de selección del nivel de protección. Por ello el método de evaluación debe ser efectivo y relativamente simple. Para evaluar el nivel de riesgo se tienen en cuenta cuatro índices, clasificados y ponderados dentro de dos características: los parámetros de los rayos y los índices que están relacionados con la estructura.

Los parámetros de las descargas eléctricas atmosféricas utilizados para encontrar el nivel de riesgo son la densidad de descargas a tierra DDT, y la corriente pico absoluta promedio, Iabs expresada en kiloamperios, asignando una mayor relevancia a la primera de éstas, debido a que existe una mayor probabilidad de que una estructura se vea afectada dependiendo de la cantidad de descargas a la que está expuesta, que de la intensidad de las mismas. Por esta razón se toman proporciones de 0.7 para la DDT y 0.3 para la Iabs obteniendo la expresión (a). Siendo RDDT el aporte al riesgo debido a la densidad de descargas a tierra Iabs y el aporte al riesgo ocasionado por la magnitud de la corriente pico absoluta promedio.

Los valores de Iabs y de DDT deben tener una probabilidad del 50% de ocurrencia, o menos, a partir de los datos multianuales. Además, se debe tomar un área de 3 Km x 3 Km o menos teniendo en cuenta la exactitud en la localización y la estimación de la corriente pico de retorno del sistema de localización de rayos. Al encontrar la densidad de descargas a tierra con sistemas de localización confiables, implícitamente se considera la orografía del área, es decir, montaña, ladera, plano, etc., y la latitud.

Para la evaluación del riesgo del proyecto ante las sobretensiones se procede a validar los datos del diseño en el software libre de diseño IEC RISK el cual posee los siguientes parámetros de entrada.

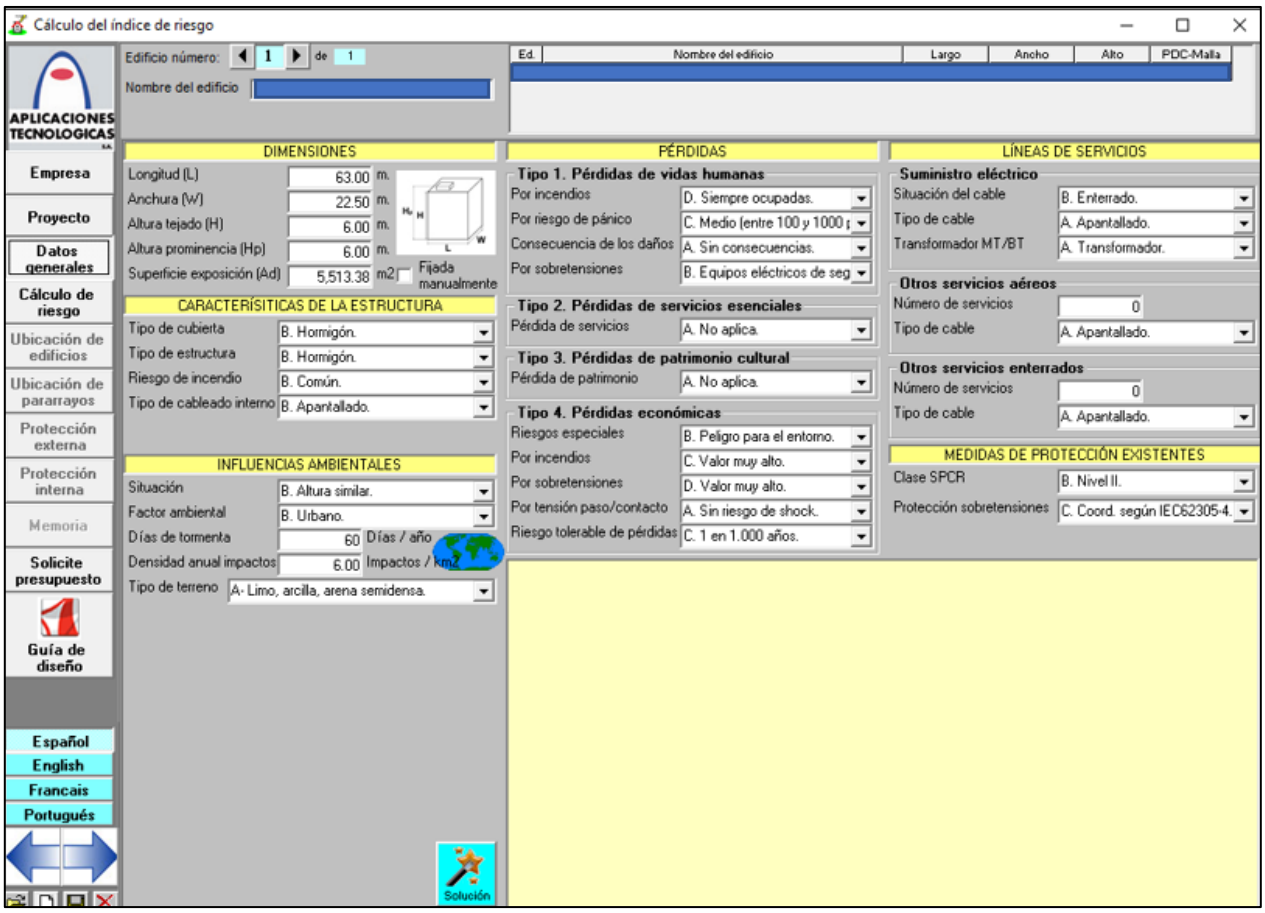


Figura N°9. Datos de Entrada Software IEC RISK.
Fuente. RETIE

Después de ingresar los datos se procede a correr el modelo obteniendo los siguientes resultados:

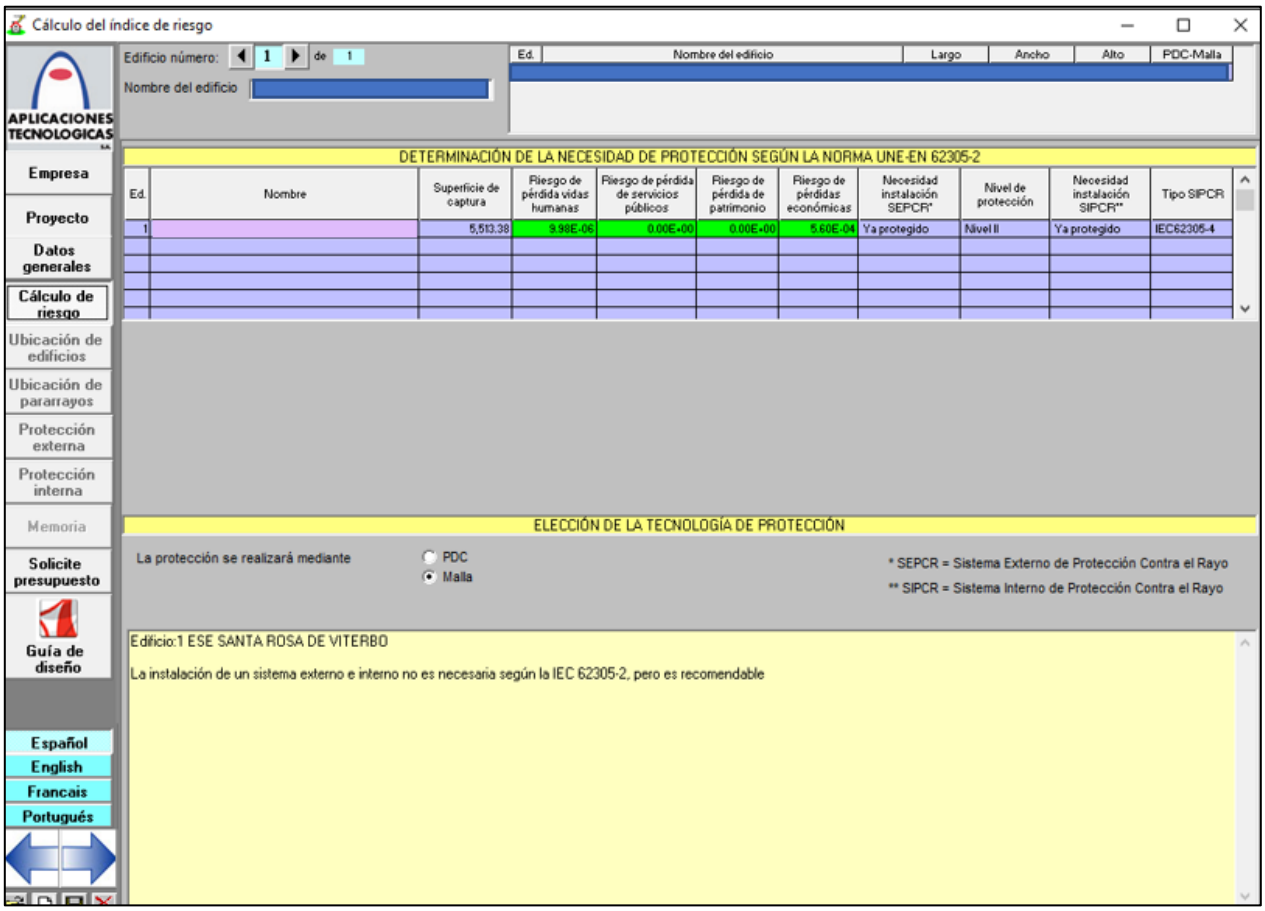


Figura N°10. Datos de Entrada Software IEC RISK.
Fuente. RETIE

Según el nivel de riesgo, el SIPRA debe estar conformado por los componentes que le correspondan.

NIVELES DE RIESGO Y MEDIDAS DE MITIGACION	
NIVEL DE RIESGO	**ACCIONES RECOMENDADA**
NIVEL DE RIESGO BAJO	SPI PARA ACOMETIDAES AERES
	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 PREVENCION Y CONTINGENCIA

Tabla N°33. Nivel de riesgo y medidas de mitigación.
Fuente. RETIE

Según los resultados obtenidos en la figura N°10 se obtiene que el diseño corresponde a un nivel de riesgo bajo ante las sobretensiones, por tanto, no es necesario colocar un sistema de protección contra descargas atmosféricas, pero para brindar mayor seguridad se colocara un sistema de protección interno compuesto por un DPS.

14. ANÁLISIS DE TRABAJO SEGURO (ATS)

14.1. Qué es el análisis de trabajo seguro (ATS)

Metodología que permite evaluar los riesgos asociados con una tarea, integrando principios y prácticas de salud y seguridad; esta obliga a que todas las personas involucradas se reúnan para planear la secuencia ordenada, pasos a ejecutar identificando, evaluando y controlando claramente los peligros propios. Se definen por lo tanto los controles requeridos asignando el responsable por cada uno de ellos, llevando el riesgo a un mínimo razonable.

Control preventivo. Son aquellas actividades a implementar para evitar un riesgo o peligro, por ejemplo, escoger un trayecto o recorrido, emplear personal calificado, usar las herramientas y equipos adecuados, señalización del área de trabajo.

Control protectivo. Son aquellas acciones a realizar para minimizar las consecuencias inmediatas de un accidente, por ejemplo: usar todos los elementos de seguridad personal; instalar barreras de contención.

Control reactivo. Son todas acciones que se deben ejecutar para responder y mitigar las consecuencias de un accidente, disponer de extintores, activar plan de evacuación, activar plan de rescate, etc.

14.2. PROCEDIMIENTO PARA UN ATS

- Seleccionar el trabajo a realizar
- Dividir el trabajo en pasos básicos
- Identificar los riesgos potenciales
- Determinar controles para superar estos riesgos.

FORMATO DE ANÁLISIS DE TRABAJO SEGURO (ATS)

CONTRATANTE: _____ LOCALIZACIÓN: _____

CONTRATISTA: _____ TAREA A REALIZAR: _____

CONTRATO (Objeto y Nº _____ AUTORIZADO POR: _____

Grúa	☐	Manila	☐	Línea viva o en caliente	☐
Tirfor	☐	Llaves inglesa	☐	Hincada y plomada de postería más arrimada	☐
Polispasto (aparejo)	☐	Alicate	☐	Tensionado de conductores	☐
Garrucha	☐			Colocación de herrajes	☐
Entenallas	☐			Trabajo con equipo energizado	☐

Probabilidad de Ocurrencia	Severidad de consecuencias		
	Lesión leve	Lesión seria	Lesión fatal
Ocasional	Bajo	Bajo	Medio
Poco frecuente	Bajo	Medio	Alto
Frecuente	Medio	Alto	Alto

TAREA	PELIGRO	RIESGO	NIVEL DE RIESGO	CONTROLES PROPUESTOS

Figura N°11. Formato de Análisis de trabajo seguro.
Fuente: www.tedi.texas.gov.co

15. ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO

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

Las consecuencias del paso de la corriente por el cuerpo humano pueden ocasionar desde una simple molestia hasta la muerte, dependiendo del tipo de contacto; sin embargo, debe tenerse en cuenta que en general la muerte no es súbita. Por lo anterior, el RETIE ha recopilado los siguientes conceptos básicos para que las personas tengan en cuenta:

- Los accidentes con origen eléctrico pueden ser producidos por: contactos directos (bipolar o fase- fase, fase-neutro, fase-tierra), contactos indirectos (inducción, contacto con masa energizada, tensión de paso, tensión de contacto, tensión transferida), impactos de rayo, fulguración, explosión, incendio, sobrecorriente y sobretensiones.
- Los seres humanos expuestos a riesgo eléctrico se clasifican en individuos tipo “A” y tipo “B”. El tipo “A” es toda persona que lleva conductores eléctricos que terminan en el corazón en procesos invasivos; para este tipo de paciente, se considera que la corriente máxima segura es de 80 μA. El individuo tipo “B” es aquel que está en contacto con equipos eléctricos y que no lleva conductores directos al corazón.
- Algunos estudios, principalmente los del profesor C.F. Dalia, han establecido niveles de corte de corriente de los dispositivos de protección que evitan la muerte por electrocución de cero al ciento por ciento. En la siguiente tabla aparece un resumen de estos niveles.

Corriente de disparo	**6 mA (rms)**	**10 mA (rms)**	**20 mA (rms)**	**30 mA (rms)**
Hombres	100 %	98,5 %	7,5 %	0 %
Mujeres	99,5 %	60 %	0 %	0 %
Niños	92,5 %	7,5 %	0 %	0 %

Tabla N°34. Porcentaje de personas que se protegen según la corriente de disparo.

Fuente. RETIE.

- Debido a que los umbrales de soportabilidad de los seres humanos, tales como el de paso de corriente (1,1 mA), de reacción a soltarse (10 mA) y de rigidez muscular o de fibrilación (25 mA) son valores muy bajos; la superación de dichos valores puede ocasionar accidentes como la muerte o la pérdida de algún miembro o función del cuerpo humano.
- El paso de corriente por el cuerpo puede ocasionar el estado fisiopatológico de shock, que presenta efectos circulatorios y respiratorios simultáneamente
- La fibrilación ventricular consiste en el movimiento anárquico del corazón, el cual no sigue su ritmo normal y deja de enviar sangre a los distintos órganos.
- El umbral de fibrilación ventricular depende de parámetros fisiológicos y eléctricos, por ello se ha tomado la curva C1 como límite para diseño de equipos de protección. Los valores umbrales de corriente en menos de 0,2 segundos se aplican solamente durante el período vulnerable del ciclo cardíaco.
- La asfixia se produce cuando el paso de la corriente afecta al centro nervioso que regula la función respiratoria, ocasionando el paro respiratorio. Casi siempre por contracción del diafragma.
- Las quemaduras o necrosis eléctrica se producen por la energía liberada al paso de la corriente (calentamiento por efecto Joule) o por radiación térmica de un arco eléctrico.
- El bloqueo renal o paralización de la acción metabólica de los riñones, es producido por los efectos tóxicos de las quemaduras o mioglobinuria.

- Pueden producirse otros efectos colaterales tales como fracturas, conjuntivitis, contracciones, golpes, aumento de la presión sanguínea, arritmias, fallas en la respiración, dolores sordos, paro temporal del corazón, etc.

15.1. Evaluación del nivel del riesgo.

De acuerdo RETIE se entenderá que una instalación eléctrica es de PELIGRO INMINENTE o de ALTO RIESGO, cuando carezca de las medidas de protección frente a condiciones donde se comprometa la salud o la vida de personas, tales como: ausencia de la electricidad, arco eléctrico, contacto directo e indirecto con partes energizadas, rayos, sobretensiones, sobrecargas, cortocircuitos, tensiones de paso, contacto y transferidas que excedan límites permitidos. Con el fin de evaluar el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico, se puede aplicar la siguiente matriz para la toma de decisiones (Tabla 9.3 RETIE). La metodología por seguir en un caso en particular es la siguiente:

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

RIESGO A EVALUAR:	EVENTO O EFECTO	por FACTOR DE RIESGO (CAUSA)	(al) o (en) FUENTE

POTENCIAL ☐ REAL ☐

CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		FRECUENCIA E: No ha ocurrido en el sector	D: Ha ocurrido en el sector	C: Ha ocurrido en la Empresa	B: Sucede varias veces al año en la Empresa	A: Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Evaluador: _____ MP: _____ Fecha: _____

Matriz para análisis de riesgos

Tabla N°35. Matriz de riesgos.
Fuente. RETIE.

Luego de implementar la matriz de riesgos, evaluando los factores de riesgo más comunes que le aplican a este diseño se observa que todos los factores de riesgo son de carácter potencial ya que la construcción de la obra se realiza en redes des energizadas con personal competente y cumpliendo las reglas de oro de la electricidad; lo que garantiza la protección de la vida y la salud humana, la protección de la vida animal y vegetal, la preservación del medio ambiente y la prevención de prácticas que puedan inducir al error al usuario.

Como resultado del análisis de riesgos se encuentra que los factores de riesgo alto potenciales son: cortocircuito, rayos, contacto directo, contacto indirecto, tensión de contacto y de paso, frente a los cuales se deben tomar decisiones y acciones para controlarlos, como se establece a continuación.

RIESGO: ARCOS ELÉCTRICOS.

POSIBLES CAUSAS: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar gafas de protección contra rayos ultravioleta.

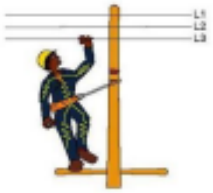
MEDIDAS ADOPTADAS: Todos los Tableros y Armarios son metálicos y con puertas que aíslan todas las partes vivas, los equipos eléctricos y electromecánicos están debidamente aterrizados.

MATRIZ PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO ELÉCTRICO (ARCOS ELÉCTRICOS)

RIESGO A EVALUAR:	EVENTO O EFECTO	FACTOR DE RIESGO (CAUSA)	FUENTE
	QUEMADURAS, ELECTROCUCIÓN,	*ARCO ELÉCTRICO*	*TRANSFORMADOR, TABLEROS, INTERCEPCIÓN ACOMETIDAS*

POTENCIAL			REAL			FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente.	Daños mayores, Salida de subestación.	Contaminación mayor.	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 dia)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada.	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve.	Efecto menor.	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	~~Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)~~	~~Daños leves, No interrupción~~	~~Sin efecto~~	~~Interna~~	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Tabla N°36. Evaluación de matriz de riesgo por arco eléctrico.
Fuente. Elaboración Propia.



RIESGO: CONTACTO DIRECTO

POSIBLES CAUSAS: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.

MEDIDAS ADOPTADAS: La subestación eléctrica y todos los equipos electromecánicos están debidamente señalizados para ser intervenidos por personal calificado.

MATRIZ PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO ELÉCTRICO (CONTACTO DIRECTO)

RIESGO A EVALUAR:	EVENTO O EFECTO	FACTOR DE RIESGO (CAUSA)	FUENTE
	QUEMADURAS, ELECTROCUCIÓN, MUERTE.	*CONTACTO DIRECTO*	*REDES ENERGIZDAS Y/O EQUIPOS*

POTENCIAL			REAL			FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
CONSECUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente.	Daños mayores, Salida de subestación.	Contaminación mayor.	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada.	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	~~Lesión menor (sin incapacidad)~~	~~Daños importantes. Interrupción breve.~~	~~Efecto menor.~~	~~Local~~	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Tabla N°37. Evaluación de matriz de riesgo por contacto directo
Fuente. Elaboración Propia.

RIESGO: CORTOCIRCUITO

POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.

MEDIDAS ADOPTADAS: Circuitos en los aptos y s-com separados, conexión equipotencial de todos los equipos y tableros, tomas tipo GFCI en zonas húmedas, líneas de tierra en conexión con la malla principal.

MATRIZ PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO ELÉCTRICO (CORTOCIRCUITO)

RIESGO A EVALUAR:	EVENTO O EFECTO	FACTOR DE RIESGO (CAUSA)	FUENTE
	DAÑO DE EQUIPOS, ALGUNAS	*CORTOCIRCUITO*	*EQUIPOS, Y REDES MAS CONECTADAS Y CON AISLAMIENTO*

POTENCIAL			REAL			FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente.	Daños mayores, Salida de subestación.	Contaminación mayor.	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 dia)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada.	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve.	Efecto menor.	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Tabla N°38. Evaluación de matriz de riesgo por cortocircuito.
Fuente. Elaboración Propia.

RIESGO: SOBRECARGA

POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.

MEDIDAS ADOPTADAS: El edificio consta de tomacorrientes debidamente distribuidos en los aptos y zonas comunes, para evitar conexiones con sobrecarga

MATRIZ PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO ELÉCTRICO (SOBRECARGA)

RIESGO A EVALUAR:	EVENTO O EFECTO	FACTOR DE RIESGO (CAUSA)	FUENTE
	DAÑO EN EQUIPOS, INCENDIOS	*SOBRECARGA*	*TOMAS, MULTITOMAS, ETC*

POTENCIAL			REAL			FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable.	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente.	Daños mayores, Salida de subestación.	Contaminación mayor.	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada.	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve.	Efecto menor.	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	~~Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)~~	~~Daños leves, No interrupción~~	~~Sin efecto~~	~~Interna~~	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Tabla N°39. Evaluación de matriz de riesgo por sobrecarga.
Fuente. Elaboración Propia.

Para determinar el nivel del riesgo de la instalación o el equipo y en particular la existencia del alto riesgo, la situación debe ser evaluada por una persona calificada en electrotecnia y deberá basarse en los siguientes criterios:

- Que existan condiciones peligrosas, plenamente identificables, especialmente carencia de medidas preventivas específicas contra los factores de riesgo eléctrico; equipos, productos o conexiones defectuosas; insuficiente capacidad para la carga de la instalación eléctrica; distancias menores a las de seguridad; materiales combustibles o explosivos en lugares donde se presente arco eléctrico; presencia de lluvia, tormentas eléctricas y contaminación.
- Que el peligro tenga un carácter inminente, es decir, que existan indicios racionales de que la exposición al riesgo conlleve a que se produzca el accidente. Esto significa que la muerte o una lesión física grave, un incendio o una explosión, puede ocurrir antes de que se haga un estudio a fondo del problema, para tomar las medidas preventivas.
- Que la gravedad sea máxima, es decir, que haya gran probabilidad de muerte, lesión física grave, incendio o explosión, que conlleve a que una parte del cuerpo o todo, pueda ser lesionada de tal manera que se inutilice o quede limitado su uso en forma permanente o que se destruyan bienes importantes de la instalación o de su entorno.
- Que existan antecedentes comparables, el evaluador del riesgo debe referenciar al menos un antecedente ocurrido con condiciones similares.

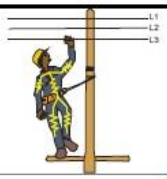
15.2. Factores de riesgo eléctrico más comunes.

Un riesgo es una condición ambiental o humana cuya presencia o modificación puede producir un accidente o una enfermedad ocupacional. Por regla general, todas las instalaciones eléctricas tienen implícito un riesgo y ante la imposibilidad de controlarlos todos en forma permanente, se seleccionaron algunos de los más comunes, que al no tenerlos presentes ocasionan la mayor cantidad de accidentes.

El tratamiento preventivo de la problemática del riesgo eléctrico obliga a saber identificar y valorar las situaciones irregulares, antes de que suceda algún accidente. Por ello, es necesario conocer claramente el concepto de riesgo de contacto con la corriente eléctrica. A partir de ese conocimiento, del análisis de los factores que intervienen y de

las circunstancias particulares, se tendrán criterios objetivos que permitan detectar la situación de riesgo y valorar su grado de peligrosidad. Identificado el riesgo, se han de seleccionar las medidas preventivas aplicables.

En la siguiente tabla se ilustran algunos de los factores de riesgo eléctrico más comunes, sus posibles causas y medidas de protección.

	ARCOS ELÉCTRICOS. **POSIBLES CAUSAS:** Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar gafas de protección contra rayos ultravioleta.
	AUSENCIA DE ELECTRICIDAD. **POSIBLES CAUSAS:** Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.
	**CONTACTO DIRECTO** **POSIBLES CAUSAS:** Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión.
	CONTACTO INDIRECTO **POSIBLES CAUSAS:** Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.

	CORTOCIRCUITO **POSIBLES CAUSAS:** Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.
	ELECTRICIDAD ESTÁTICA **POSIBLES CAUSAS:** Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN**: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.
	EQUIPO DEFECTUOSO **POSIBLES CAUSAS:** Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.
	RAYOS **POSIBLES CAUSAS:** Fallas en el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección. **MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.

Figura N°12. Factores de riesgo más comunes.

Fuente. RETIE.

15.3. Medidas que se deben tomar en situaciones de alto riesgo.

En los casos o circunstancias en que se evidencie alto riesgo o peligro inminente para las personas, se deberá interrumpir el funcionamiento de la instalación eléctrica, excepto en aeropuertos, áreas críticas de centros de atención médica o cuando la interrupción conlleve a un riesgo mayor; caso en el cual se deberán tomar otras medidas de seguridad, tendientes a minimizar el riesgo.

En estas situaciones, la persona calificada que tenga conocimiento del hecho, deberá informar y solicitar a la autoridad competente que adopten medidas provisionales que mitiguen el riesgo, dándole el apoyo técnico que esté a su alcance; la autoridad que tenga el conocimiento del hecho reportará en el menor tiempo posible al responsable de la operación de la instalación eléctrica, para que realice los ajustes requeridos y si no lo

hace, se deberá informar al organismo de control y vigilancia, que definirá los términos para restablecer las condiciones reglamentarias.

En los casos de accidente de origen eléctrico con o sin interrupción del servicio de energía eléctrica, que tenga como consecuencia la muerte, lesiones graves de personas o la afectación grave de inmuebles por incendio o explosión, la persona que tenga conocimiento del hecho deberá comunicarlo en el menor tiempo posible a la autoridad competente y a la empresa prestadora del servicio.

Las empresas responsables de la prestación del servicio público de energía eléctrica, deben dar cumplimiento a lo establecido en el inciso d) del artículo 4 de la Resolución 1348 de 2009 expedida por el Ministerio de la Protección Social, en lo referente al deber de investigar y reportar cualquier accidente o incidente ocurrido con su personal directo o de contratistas en sus redes eléctricas. Adicionalmente, deben reportar cada tres meses al Sistema Único de Información (SUI) los accidentes de origen eléctrico ocurridos en sus redes y aquellos con pérdida de vidas en las instalaciones de sus usuarios. Para ello, debe recopilar los accidentes reportados directamente a la empresa y las estadísticas del Instituto de Medicina Legal o la autoridad que haga sus veces en dicha jurisdicción, siguiendo las condiciones establecidas por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) en su calidad de administrador de dicho sistema; el reporte debe contener como mínimo el nombre del accidentado, tipo de lesión, causa del accidente, lugar y fecha, y las medidas tomadas. Esta información será para uso exclusivo de las entidades de control, Ministerio del Trabajo, Ministerio de Salud y Protección Social y Ministerio de Minas y Energía.

16. MEDICIÓN DE ENERGÍA

Es obligatorio para toda Instalación Eléctrica que se va a conectar a las Redes de EBSA contar con el proceso y los elementos de Medición correspondiente. Todos los Equipos de Medición deben ser visibles, de fácil supervisión y cumplir con los requisitos establecidos. Los equipos asociados al proceso de medición deben poseer certificado de conformidad, expedido por el ente acreditado por la SIC.

16.1. Ubicación de los equipos de medida

Los Equipos de Medida deben ubicarse en el predio del usuario, lo más cerca posible al punto de conexión teniendo en cuenta aspectos económicos y de seguridad.

16.2. Cajas y armarios para medidor

Las cajas para instalación de Medidores deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Pueden ser metálicos, fabricados en lámina de acero, con calibre no inferior a 18 USG y acabado a base de pintura electrostática REF 7032.
- Debe llevar Ventana de Inspección con vidrio de seguridad con espesor mínimo de 4 mm, ancho de 250 mm y altura de 120 mm.
- Debe permitir la instalación de sellos de seguridad.
- Deben estar instalado mínimo a 0,3 Ms del piso.
- El eje de la ventana de lectura debe estar a una altura de 1,60 Ms aproximadamente.
- Deben tener un tornillo de 9,5 mm (3/8”) por 1,91 mm (3/4”), tuerca y agujero de 19,1 mm (3/8”) ubicado lo más cerca el tornillo para conexión del conductor de puesta a tierra.

El interior del armario debe estar dividido en tres compartimientos, separados por lámina No 16 USG, distribuidos de la siguiente manera:

- Compartimiento de corte y protección
- Compartimiento para medidor
- Compartimiento para barraje

Para el proyecto se contará con un equipo de medida semidirecta el cual estará en una caja para medidores con codificación EBSA TM-009, como se muestra en la siguiente figura.

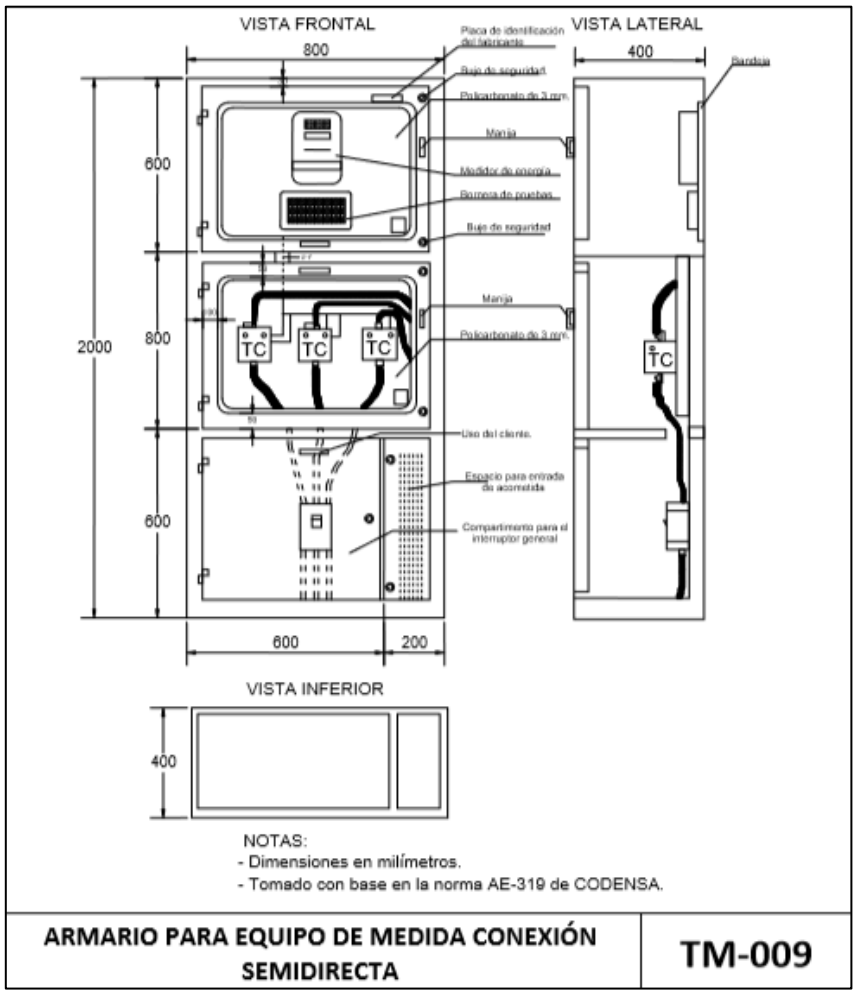


Figura N°13. Armario para equipo de conexión semidirecta TM-009
Fuente. Norma de Diseño EBSA.

16.3. Pruebas a equipos de medida

Los medidores deben ser certificados por un agente acreditado por la SIC. El protocolo de prueba correspondiente debe ser presentado ante la EBSA.

La empresa puede realizar las pruebas pertinentes para verificar el correcto funcionamiento de los medidores de energía.

16.4. Sellos en equipos de medida

Los equipos de medida deben instalarse en una caja de seguridad que asegure que el equipo está protegido contra interferencias. Para tal fin, el comercializador debe suministrar e instalar sellos y mantener el registro correspondiente, para detectar interferencias sobre el equipo. Los sellos solo pueden ser roto por el Comercializador con quien tenga el contrato el usuario y en presencia del personal de la empresa.

17. ANÁLISIS DE ÍNDICES DE OCUPACIÓN NTC 2050 SECCIÓN 518 SITIOS DE REUNIONES PÚBLICAS

17.1. Alcance.

La sección 518 de la NTC 2050 aplica para todo edificio o áreas particulares del edificio o estructura diseñado o pensado para que reúnan 100 personas o más.

Lugares que aplica la sección 518 de la NTC 2050:

- Salones comunales
- Hospitales
- Centros educativos
- Teatros y auditorios
- Discotecas
- Centros comerciales
- Supermercados
- Iglesias
- Gimnasios
- Restaurantes
- Aeropuertos, entre otros.

17.2. Cálculo de capacidad para el proyecto.

Para realizar el cálculo de la capacidad de ocupantes de un espacio es necesario remitirnos a la tabla 7.3.1.2. de la NFPA 101 en donde se especifica el factor de carga en función del área de cada uno de los espacios del proyecto.

Uso	pies^{2+} (por persona)	m^{2+} (por persona)
Para Reuniones Públicas		
Uso concentrado, sin asientos fijos	7 netos	0,65 netos
Menor uso concentrado, sin asientos fijos	15 netos	1,4 netos
Gradas	1 persona cada 18 pulg. lineales	1 persona cada 45,7 cm lineales
Asientos fijos	número de asientos fijos	número de asientos fijos
Espacios de espera	*Ver 12.1.7.2 y 13.1.7.2.*	*Ver 12.1.7.2 y 13.1.7.2.*
Cocinas	100	9,3
Bibliotecas, áreas de estanterías	100	9,3
Bibliotecas, áreas de lectura	50 netos	4,6 netos
Piscinas de natación	50 - de superficie de agua	4,6 - de superficie de agua
Cubiertas de piscinas	30	2,8
Salas de ejercicios con equipos	50	4,6
Salas de ejercicios sin equipos	15	1,4
Escenarios	15 netos	1,4 netos
Pasarelas, galerías y andamios para iluminación y acceso	100 netos	9,3 netos
Casinos y áreas de juego similares	11	1
Pistas de patinaje	50	4,6
Uso Educativo		
Aulas	20 netos	1,9 netos
Talleres, laboratorios y salas vocacionales	50 netos	4,6 netos
Uso Guarderías	35 netos	3,3 netos
Uso Cuidado de la Salud		
Tratamiento de pacientes internos	240	22,3
Dormitorios	120	11,1

Tabla N°40. Factor de Carga de Ocupantes.
Fuente: Tabla 7.3.1.2 NFPA 101.

Según lo contemplado en la tabla anterior el factor de carga de ocupantes para un edificio gubernamental debe ser 4.6m2 por persona, para lo cual tomamos el área general del proyecto siendo de 630m2 y la dividimos entre este factor de carga de ocupantes, ateniendo que el número de personas es de 137. Según este cálculo el lugar debe ser catalogado como un lugar con alta concentración de personas y debe cumplir los lineamientos contemplados en este capítulo.

17.3. Condiciones de las instalaciones eléctricas para áreas con alta densidad de personas.

En los edición o lugares con alta concentración de personas, tales como los listados en la sección 518 de la NTC 2050, se deben utilizar conductores eléctricos con aislamiento o recubrimiento de muy bajo contenido de halógenos, no propagadores de llama y baja emisión de humos opacos. Estos deben ser certificados según las normas IEC 60754-1-2, IEC 601034-2, IEC 331, IEC 332-1, IEC 332-3 o equivalentes".

Lo citado por el RETIE, tiene un impacto directo sobre las instalaciones eléctricas modernas, debido a que exige conductores eléctricos con comportamientos especiales frente a la llama o el incendio, los cuales se detallan a continuación:

- Para conductores aislados con compuestos HF FR vs PVC. Las pruebas de llama según IEC 332-1 e IEC 332-3, son ensayos diferentes y con objetivos distintos. La prueba de llama IEC 332-1 tiene como objetivo velicar que el cable no será el origen de un incendio ocasionado por la cercanía de la instalación a una fuente de calor externo que por error entre en contacto con el cable. Para la norma IEC 60502-1 el valor límite es de 0,5% de contenido de Cloro y bromo (expresados como HCL).
- En la prueba de llama IEC 332-3 los cables son sometidos a las condiciones simuladas de un incendio cuando estos se encuentran en posición vertical en una bandeja. Este ensayo es uno de los más exigentes ya que lo que se busca
- evitar el efecto "chimenea" (paso del fuego entre los pisos de una instalación a través de los cables) cuando se presenta un incendio.

El RETIE en el artículo 3 Definiciones dice: "El concepto de alta concentración de personas" de la siguiente manera: Cuando se pueden concentrar 50 o más personas, según NFPA 101 (Código de seguridad humana) pero no limitado a este número, con el tn de desarrollar actividades tales como: deliberaciones, comida, bebida, diversión, espera de transporte, culto, educación, salud o entretenimiento".

17.4. Definición de halógenos

Son elementos químicos como el bromo, cloro, flúor, ástato y yodo que poseen algunos compuestos con los que se recubren los conductores eléctricos. Debido a estos elementos el PVC al momento de la combustión libera gases ácidos, corrosivos, los cuales son dañinos para la salud y los equipos.

17.5. Definición cable libre de halógenos

Un cable libre de halógenos (Halogen Free - HF) es aquel en el que sus componentes plásticos (aislamiento y chaqueta) están hechos de compuestos retardantes a la llama (Flame retardant - FR) y con baja emisión de humos (Low Smoke).

17.6. Requerimientos retie de obligatorio cumplimiento

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - Numeral 20.2.9 Requisitos de instalación RETIE 2013, Literal modificado mediante Resolución N° 4 0492 del 24 de abril de 2015:

En los edificios o lugares con alta concentración de personas. tales como los listados en la sección 518 de la NTC 2050, se deben utilizar conductores eléctricos con aislamiento o recubrimiento de muy bajo contenido de halógenos, no propagadores de llama y baja emisión de humos opacos, certificados según las normas IEC 60754-1-2, IEC 601034-2, IEC 331, IEC 332-1, IEC 332-3 o equivalentes.

17.7. Características de los conductores libres en halógenos.

Los cables libres de halógenos deben cumplir con las exigencias que tiene el RETIE y que son:

- Baja emisión de humos (LS - Low Smoke), baja corrosión y baja toxicidad.
- Alta retardancia a la llama (FR - Flame Retardant).
- Sin contenido de plomo, halógenos, azufre y antimonio.
- Adecuada resistencia a agentes externos (rasgado, impacto, abrasión, rayos solares y humedad).
- Aptos para uso en bandejas portacables (CT-Cable Tray)

17.8. Identificación de cables libres de halógenos

Para identificar que un cable es cero halógenos debe tener la siguiente nomenclatura en la marcación: HFFR-LS, es decir, que tienen cero contenidos de halógenos (HF-Halogen Free), son retardantes a la llama (FR-Flame retardant) y tienen baja emisión de humos (LS-Low smoke).

17.9. Consideraciones previas a la instalación de conductores libres de halogenuros metálicos

Verificar el estado de los ductos, en especial la limpieza del interior, para evitar que elementos extraños o protuberancias puedan causar daño al cable en el momento de la instalación.

Es recomendable usar una guía apropiada para el tipo de longitud del cable a instalar para asegurar una adecuada tensión de halado y un deslizamiento apropiado al interior de los ductos, en caso de ser necesario se puede aplicar sustancias certificadas con base en silicona para disminuir la fricción entre el aislamiento y la pared del ducto.

Es una práctica usual pero no recomendable “enderezar” el cable (que se ha extraído de un rollo estático sin girar, lo cual forma ondas o torsiones) por medio de aplicar el método del “látigo” es decir una longitud de cable se golpea bruscamente contra el piso y el cable queda “derecho”. Esto por supuesto puede ocasionar pérdida de la adherencia del aislamiento sobre el conductor y posibles fracturas del aislamiento, para este fin se pueden utilizar enderezadores con base en rodillos.

18. BIBLIOGRAFIA.

- NORMAS EBSA (EMPRESA DE ENERGIA DE BOYACA)
- NORMAS ICONTEC 2050
- REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RETIE
- NORMAS NTC 4552 DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS Y PRINCIPIOS GENERALES
- NORMA NTC 5019 PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS DE MEDIDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA
- CHECA, Luis María. Líneas de transporte de energía. Tercera edición. Mar combo.
- RAMÍREZ VÁSQUEZ, José. Protección de sistemas eléctricos contra sobre intensidades. Ediciones CEAC
- CASAS OSPINA, Fabio. Tierras (Soporte de la seguridad eléctrica)
- VON, Albert; SPITTA, F. Electrical installations Hand Book. Siemens.