

# **DISEÑO DE UN AULA MÚLTIPLE PARA TALLERES DE ELECTRICIDAD SENA REGIONAL SUCRE**

**RAÚL DE JESÚS PATERNINA ALVAREZ  
WILLIAM ARMANDO URREGO LEAL**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2009**

**DISEÑO DE UN AULA MÚLTIPLE PARA TALLERES DE ELECTRICIDAD  
SENA REGIONAL SUCRE**

**RAÚL DE JESÚS PATERNINA ALVAREZ  
WILLIAM ARMANDO URREGO LEAL**

**TESIS DE GRADO EN LA MODALIDAD INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIEROS ELECTRICISTAS**

**INGENIERO ELECTRICISTA CIRO JURADO JEREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2009**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios nuestro señor, que nos ha dado la vida y la salud necesaria para realizar este proyecto.

A nuestros padres, por el apoyo a lo largo de todos estos años en nuestra formación como profesionales.

A nuestros compañeros y amigos por brindarnos momentos de alegría y compromiso en la universidad y fuera de ella.

Al ingeniero **Ciro Jurado Jerez**, por su dirección, coordinación, colaboración e interés en el desarrollo de este proyecto y por sus orientaciones y sus consejos para nuestro crecimiento y desarrollo profesional.

Al Sena Regional Sucre, y en especial a **su Director Doctor Marcos Gómez**, por la confianza puesta en nosotros para la complementación de esta labor que permita en el futuro brindar mejores servicios a la comunidad menos favorecida del Departamento de Sucre.

Al funcionario del Sena Regional Sucre **ingeniero Electromecánico Roberth Chávez**, por sus orientaciones y apoyo en la información requerida para la elaboración de este proyecto.

A la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones de la **Universidad Industrial de Santander**, por formar ingenieros preocupados por el ámbito social, motivo para fortalecer los lazos con la comunidad que es el motor fundamental de la sociedad.

## CONTENIDO

	<b>Pág</b>
INTRODUCCIÓN	1
1. GENERALIDADES	3
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo general	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
1.2. Resumen del proyecto	4
1.2.1. Impacto esperado	6
1.2.2. Usuarios directos e indirectos	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Definiciones	7
2.1.1. Código eléctrico colombiano NTC 2050	7
2.1.2. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETE	9
2.1.3. Norma para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas ESSA 2005	12
2.1.4. Norma técnica colombiana NTC 4552	13
2.2. Sistema eléctrico	14
2.2.1. Regulación de tensión	14
2.2.2. Selección de conductores	16
2.2.3. Nivel de iluminación	19
2.2.4. Selección de las protecciones	19

2.2.5. Selección del transformador	19
2.2.6. Nivel de tensión	20
2.3. Sistema de puesta a tierra	20
2.3.1. Conductor y malla de puesta a tierra	21
2.3.2. Cálculo de la malla de PAT	22
2.3.3. Resistividad del terreno	23
2.4. Sistema de protección contra rayos	24
2.4.1. Generalidades	24
2.4.2. Cálculo del nivel de riesgo	25
2.4.3. Elementos de un sistema de protección externa contra rayos	26
2.4.4. Métodos de diseño para la protección externa contra rayos	28
2.4.5. Sistema de protección interna (SPI)	30
3. NIVEL DE ILUMINACIÓN	32
3.1. Definición de la altura de diseño y el área a iluminar	32
3.2. Índices de reflexión de las superficies	34
3.3. Nivel de iluminancia	35
3.4. Flujo luminoso necesario	36
3.5. Intensidad máxima debajo de la luminaria	37
3.6. Factores de pérdidas	37
3.7. Relación de cavidad	38
3.7.1. Relación de cavidad salones	38
3.7.2. Relación de cavidad almacén	38
3.7.3. Relación de cavidad cuarto eléctrico	38

3.8. Coeficiente de utilización	39
3.8.1. Coeficiente de utilización salones	39
3.8.2. Coeficiente de utilización al 20% para los baños, almacén y cuarto eléctrico	40
3.8.3. Coeficiente de utilización al 30% almacén	40
3.8.4. Coeficiente de utilización al 30% cuarto eléctrico	40
3.9. Números de luminarias	41
3.9.1. Número de luminarias (salones)	41
3.9.2. Número de luminarias (almacén)	41
3.9.3. Número de luminarias (cuarto eléctrico)	41
3.10. Espaciamiento entre luminarias	42
3.11. Distribución de las luminarias	42
3.12. Nivel de iluminación final obtenida	43
3.12.1 Nivel de iluminancia final obtenida en los salones	43
3.12.2. Nivel de iluminancia final obtenidas almacén	43
3.12.3. Nivel de iluminancia final obtenida cuarto eléctrico	44
4. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	45
4.1. Cálculo de los circuitos ramales	45
4.1.1. Cálculo de los circuitos ramales para tomacorrientes instalados en los salones de clase	45
4.1.2. Cálculo de los circuitos ramales para el alumbrado de los salones de clase	48

4.1.3. Cálculo de los circuitos ramales para el alumbrado y tomacorriente en los baños, cuarto aseo y el almacén	52
4.1.4. Cálculo tipo de los circuitos ramales para los equipos de aire acondicionado	55
4.1.5. Cálculo de los circuitos ramales para los bancos de trabajo ubicados en el laboratorio de circuitos eléctricos	59
4.1.6. Cálculo de los circuitos ramales para los motores ubicados en el laboratorio de máquinas eléctricas	62
4.1.6.1. Cálculo de los circuitos ramales para los motores eléctricos	62
4.1.6.2. Cálculo de los circuitos ramales para los transformadores eléctricos	69
4.1.6.3. Cálculo de los circuitos ramales para los tomacorrientes de uso general	72
4.2. TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	74
4.2.1. Cálculo tipo del alimentador para los tableros de distribución ubicados en los laboratorios	74
4.2.2. Cálculos del alimentador para el tablero de distribución ubicado en el almacén (TD)	77
4.2.3. Cálculo del alimentador para los tableros de distribución (TE,TF)	80
4.2.4. Cálculo del alimentador para los tableros de distribución para máquinas (TM)	83

4.3.	Transformador	86
4.3.1.	Acometida	86
4.3.2.	Potencia nominal	86
4.3.3.	Relación de transformación	87
4.3.4.	Protecciones	88
4.3.5.	Puesta a tierra	89
4.4.	Tablero general	90
4.4.1.	Acometida general en baja tensión	91
4.4.2.	Barraje en baja	93
4.5.	Puesta a tierra	94
4.5.1.	Malla de PAT	94
4.5.2.	Calculo de la malla de PAT	94
5.	DISEÑO DE LA PROTECCIÓN EXTERNA CONTRA RAYOS	97
5.1.	Cálculo del factor de riesgo	97
5.2.	Cálculo del indicador de gravedad (estructura)	97
5.3.	Sistema de protección externa contra rayos SPE	100
5.4.	Diseño de SPE	99
5.5.	Elementos utilizados para el diseño	100
5.6.	Sistema de protección interna contra rayos, SPI	106
6.	GUÍA DE SEGURIDAD DEL PERSONAL DE LOS TALLERES DE ELECTRICIDAD SENA REGIONAL SUCRE	103
6.1.	Lugares de alto riesgo en el Sena Regional Sucre	103
6.2.	Lugares que deben abandonarse durante una tormenta eléctrica	105

6.3. Lugares adecuados para protegerse de un rayo	105
6.4. Estrategias de protección contra rayos	107
6.5. Otra Recomendaciones	109
7. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO	111
8. CONCLUSIONES	115
9. RECOMENDACIONES	116
10. BIBLIOGRAFÍA	117
ANEXOS	118

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. TABLAS DE LAS NORMAS.....	118
Anexo 2. NIVEL CERÁUNICO COLOMBIA.....	130
Anexo 3. CÁLCULO Y PLANOS.....	131

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág</b>
Tabla 1. Nivel de protección	30
Tabla 2. Índices de reflexión de las superficies	34
Tabla 3. Índice de reflexión de los salones	34
Tabla 4. Índice de reflexión del almacén	34
Tabla 5. Índice de reflexión del cuarto eléctrico	35
Tabla 6. Factor de peso para cálculo de iluminación	35
Tabla 7. Cálculo del factor de peso	36
Tabla 8. Alturas medidas desde el piso	45
Tabla 9. Alturas medidas desde el piso	49
Tabla 10. Alturas medidas desde el piso	53
Tabla 11. Descripción de los equipos de aire acondicionado	55
Tabla 12. Tipos de aparatos	59
Tabla 13. Alturas medidas desde el piso...	60
Tabla 14. Tipo de máquinas motores	62
Tabla 15. Tipo de máquinas (transformadores)	62
Tabla 16. Alturas medidas desde el piso	63
Tabla 17. Alturas medidas desde el piso	66
Tabla 18. Alturas medidas desde el piso	69
Tabla 19. Alturas medidas desde el piso	71

Tabla 20. Descripción de la carga instalada	83
Tabla 21. Demanda máxima de los tableros de distribución	86
Tabla 22. Parámetros para la relación de transformación	87
Tabla 23. Parámetros de diseño malla de PAT	94
Tabla 24. Altura y área de los talleres de electricidad Sena Regional Sucre	97
Tabla 25. Parámetros rayo para Sincelejo	97
Tabla 26. Clasificación de la estructura para los talleres del Sena	98
Tabla 27. Tipo de estructura del Sena	98
Tabla 28. Clasificación por área y altura	99
Tabla 29. Indicador de gravedad para el Sena	99

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	<b>Pág</b>
Ilustración 1. Distancia de impacto	28
Ilustración 2. Giro de la esfera	29
Ilustración 3. Gráfico de ángulo contra altura	29
Ilustración 4. Zona de protección por el método del ángulo	30
Ilustración 5. Diagrama de categorías	31
Ilustración 6. Dimensiones de los salones	32
Ilustración 7. Vista frontal de los salones con altura de diseño	33
Ilustración 8. Dimensiones del almacén	33
Ilustración 9. Dimensiones del cuarto eléctrico	33
Ilustración 10. Distribución de las luminarias	43
Ilustración 11. Circuito topológico de los toma corriente ubicados en los salones	46
Ilustración 12. Circuito topológico de las luminarias de los salones	50
Ilustración 13. Circuito topológico para alumbrado y tomacorrientes de los baños, cuartos de aseo y el almacén	53
Ilustración 14. Circuito topológico para los bancos de trabajo	60
Ilustración 15. Circuito topológico	62
Ilustración 16. Circuito topológico	67
Ilustración 17. Circuito topológico	70
Ilustración 18. Circuito topológico	72

**TÍTULO:** DISEÑO DE UN AULA MÚLTIPLE PARA TALLERES DE ELECTRICIDAD EN EL SENA REGIONAL SUCRE\*

**AUTORES:** Raúl Paternina Álvarez, William Urrego Leal.\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Sena, Instalaciones eléctricas, Diseño, Presupuesto, Recomendaciones.

**DESCRIPCIÓN:** Para la implementación de este proyecto se plantearon cuatro etapas: la primera etapa presenta el marco teórico, que comprende los conceptos, terminología y normas vigentes tomados como referencia para el desarrollo de este proyecto, la segunda etapa presenta el desarrollo del diseño de la iluminación, el diseño de las instalaciones eléctricas y el diseño de protección externa contra rayos, en la tercera etapa; se presentan las cantidades de obra, presupuestos y los planos del diseño y por último se expresan como un aporte adicional, las conclusiones y recomendaciones que surgieron en el desarrollo del proyecto; junto con los anexos y soportes necesarios.

El diseño eléctrico se realizó para un óptimo nivel de iluminación; en él se usa el método de la cavidad zonal para el diseño de los circuitos ramales y para los puntos de salida, en donde se tiene en cuenta el código Eléctrico Colombiano (NTC 2050), de tal forma que cada uno de los espacios contará con una iluminación adecuada y suficientes puntos de salida para cualquier tipo de aparato.

Se plateó la protección contra rayos teniendo en cuenta la norma NTC 4552, la cual exige un sistema de protección externa con base en pararrayos tipo Franklin (SPE), y un sistema de protección interna (SPI) con DPS y unas recomendaciones para la eventualidad que se presenten rayos en las aulas y sus alrededores.

---

\* Trabajo de Investigación

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director Ingeniero Ciro Jurado Jerez.

**TITLE:** DESIGN OF A MULTI-ROOM FOR WORKSHOPS SENA REGIONAL ELECTRICITY IN SUCRE\*

**AUTHORS:** Raúl De Jesús Paternina Álvarez, William Armando Urrego Leal.\*\*

**KEYWORDS:** Sena, Electrical, Design, Budget, Recommendations.

**DESCRIPTION:** To implement this project is of four stages: the first presents the theoretical framework, including concepts, terminology and rules taken as a reference for the development of this project, the second stage presents the design of lighting, the design of electrical installations and design of external lightning protection, the third stage, are the quantities of work, budgets and design drawings and finally expressed as an additional input, the conclusions and recommendations that emerged in project development, together with the annexes and necessary supports.

The electrical design was completed to an optimal level of illumination, it uses the zonal cavity method for the design of circuits and branches to the exit points, which takes account of the Colombian Electrical Code (NTC 2050) , so that each space will have adequate lighting and enough output for any device.

Were plated lightning protection taking into account the standard NTC 4552, which requires an external protection system based in Franklin type rods (SPE), and a system of internal protection (SPI) with DPS and recommendations for the eventuality that rays are presented in the classroom and its environs.

---

\* Research Work.

\*\* Faculty of Mechanical Engineering Physics. School of Electrical Engineering, Electronics and Telecommunications. Engineering Director Ciro Jurado Jerez.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los nuevos diseños pedagógicos para las diversas carreras actuales, convierten a los estudiantes en el sujeto activo del proceso de enseñanza de aprendizaje, es por ello que los docentes están llamados a enseñar a los estudiantes a aprender, es decir, que su aprendizaje teórico se complemente con el aprendizaje práctico y de esta manera sea significativo y a su vez se concreten con la introducción de la tecnología en ambientes o contextos educativos; partiendo de la idea que las aulas múltiples de capacitación son un medio en el cual los educadores y educandos se pueden encontrar para realizar actividades que constituyen un eslabón fundamental en dicho aprendizaje y que el concepto de conocimiento es la capacidad para transformar datos e informaciones en acciones efectivas y eficaces.

El siguiente proyecto de grado se enfoca en hacer el diseño de las instalaciones eléctricas de las nuevas aulas múltiples para los talleres de electricidad en el Sena Regional Sucre, debido a que su infraestructura actual no es la más adecuada para los programas ofrecidos; esto limita su labor social, pues su pequeña instalación no les permite cubrir los cupos de los estudiantes, ni ofrecer un óptimo servicio; el proyecto se realizará de acuerdo a las normas vigentes que rigen los diseños de este tipo; teniendo en cuenta los requerimientos de cada una de las áreas y los niveles de seguridad necesarios para el tipo de usuarios y actividades de estas instalaciones, las cuales van dirigidas a jóvenes y ciudadanos del Departamento de Sucre, garantizando de esta manera una excelente oportunidad de adquirir conocimientos de acuerdo con los nuevos avances de la tecnología y brindando la oportunidad de empleo a la población, este documento se encuentra estructurado principalmente en 4 etapas, la primera etapa presenta el marco teórico, que comprende los conceptos, terminología y normas vigentes tomados como referencia para el desarrollo del proyecto, la segunda etapa presenta el desarrollo del diseño eléctrico, el diseño de iluminaciones y el diseño de protección

externa contra rayos, en la tercera etapa; se presentan las cantidades de obra, presupuestos y los planos del diseño y por último se expresan como un aporte adicional, las conclusiones y recomendaciones que surgieron en el desarrollo del diseño; junto con los anexos y soportes necesarios.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Objetivos.

#### 1.1.1. Objetivo general.

Realizar el diseño de las instalaciones eléctricas para los nuevos laboratorios de electricidad del Sena Regional Sucre teniendo en cuenta el tipo de instalación y complejidad de la misma.

#### 1.1.2. Objetivos específicos.

- Realizar el diseño y cálculo requerido para la iluminación de cada área teniendo en cuenta los niveles requeridos.
- Diseñar las instalaciones eléctricas internas y externas a la edificación teniendo en cuenta las normas que rigen los diseños de este tipo.
- Diseñar la protección contra rayos.
- Diseñar el sistema de puesta a tierra.
- Realizar las cantidades de obra y presupuesto.
- Realizar los diagramas topológicos y unifilares.
- Ofrecer instalaciones eléctricas seguras para las personas que se encuentran en la infraestructura.

## 1.2. Resumen del proyecto.

La función primordial de la educación en general, es la revolución del aprendizaje de los niños y jóvenes; que toma forma en las aulas que se están construyendo y en donde se lleva a su máxima expresión el rediseño educativo. La necesidad fundamental de este proyecto radica en hacer el diseño de las instalaciones eléctricas de un aula múltiple para talleres de electricidad en el Sena Regional Sucre, que en la actualidad no cuenta con un espacio apropiado para que los alumnos realicen actividades para complementar su excelente formación. La sociedad está actualmente reclamando una educación de calidad en todos los aspectos, aunque desafortunadamente en la mayoría de los casos la misma sociedad desconoce cuáles son los aspectos prioritarios a evaluar para poder decir que se cuenta con una educación de calidad en las instituciones educativas.

El Sena Regional Sucre brinda formación y capacitación a los jóvenes y ciudadanos del Departamento de Sucre, en formación técnica y profesional y brinda la oportunidad de empleo a los jóvenes más pobres, familias vulnerables, desplazadas por la violencia y madres cabeza de familia del Departamento. En la actualidad El Sena Regional Sucre presta sus servicios en sus instalaciones; ubicada en la Calle 25B No 31- 260, Avenida Mariscal Sucre, Sincelejo, donde su infraestructura no es la más adecuada para los programas ofrecidos y no hay espacio para los cupos de jóvenes a cubrir, esto ha limitado su labor social; debido a que su pequeña instalación no les permite ofrecer un óptimo servicio a la comunidad; adicionalmente la seguridad de las instalaciones eléctricas es una de las preocupaciones del Sena debido a que la mayoría de los usuarios son jóvenes y población en general, por estas razones el control de estas operaciones, así como la puesta en funcionamiento de estos equipos, debe estar a cargo de personal con experiencia y conocimientos, especialmente cuando se trate de instalaciones de alta tensión eléctrica ya que es necesario impedir que accidentalmente alguna persona o material tome contacto con los mismos. Esto puede lograrse ya sea cercando el lugar peligroso o instalando en lugares elevados o en locales separados a los cuales

sólo tengan acceso ciertas personas. Las instalaciones se regirán bajo las normas vigentes de seguridad para este tipo de infraestructura, los cuales se han emitido por entidades y empresas electrificadoras, dentro de las cuales se destacan la NTC 2050 (Código Eléctrico Colombiano), el RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas), Norma para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de la ESSA.

Es muy importante controlar la regulación de los diferentes circuitos ramales para evitar las pérdidas de tensión y los calentamientos de los equipos que puedan generar sobrecargas e incendios, también para los equipos y para la protección de la vida humana de las personas encargadas del manejo de los equipos, la puesta a tierra, al ocurrir descargas atmosféricas o choques eléctricos, para lo cual las normas nos informan sobre los diferentes valores de puesta a tierra recomendadas, también es muy importante tener en cuenta los niveles de iluminación de los salones y demás zonas de la instalación, ya que las personas que utilizaran dichas instalaciones podrían verse afectados en su salud, sino se utilizan los niveles adecuados. Un descuido puede causar un serio daño; por eso existen normas de seguridad, así como teorías que describen como van dichas conexiones; finalmente, el diseño facilita la innovación pedagógica e integración de las nuevas tecnologías en las prácticas docentes de la educación en la población sucreña. El proyecto se convierte en una estrategia para la mejora y desarrollo profesional de los docentes y alumnos para acercar a las personas a los procesos formativos basados en la utilización de las tecnologías.

### **1.2.1. Impacto esperado.**

Con la realización de este proyecto se pretende ofrecer la oportunidad al Sena Regional Sucre de tener unas aulas de capacitación óptimas, de calidad, con altos niveles de seguridad para cada uno de los usuarios en especial las áreas donde se van a ubicar a los estudiantes y aprendices beneficiarios de los cupos, en donde se les ofrezca seguridad y comodidad en cada una de las actividades que se realizan, en los servicios abiertos que se ofrecen a la comunidad objetivo.

Se espera que los diseños realizados brinden cada uno de los ambientes requeridos en las nuevas instalaciones del Sena Regional Sucre para las actividades que se programan en dicha entidad, que brinden flexibilidad y facilidades para futuras ampliaciones o cambio de ambientes.

### **1.2.2. Usuarios directos e indirectos.**

Los usuarios directos de estas instalaciones son especialmente jóvenes estudiantes y aprendices provenientes de familias de escasos recursos, desplazados por la violencia, madres cabeza de familia y población vulnerable.

A su vez las personas que laborarán en el Sena Regional Sucre debido a que sus áreas de trabajo presentarán una buena calidad de iluminación, comodidad y seguridad en cada uno de los puntos de salida y la comunidad en general que buscan en esta entidad un punto de apoyo para cada una de sus dificultades pues esta ofrece programas técnicos, profesionales y cursos de capacitación en diferentes áreas, razón por la cual se quiere realizar este proyecto y así mejorar el servicio, la calidad de cada uno de los recintos, la flexibilidad de las instalaciones, lo cual permite tener unas áreas eficientes de trabajo.

## 2. MARCO TEÓRICO.

### 2.1 Definiciones.

Estas definiciones son teniendo en cuenta el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 (Primera Actualización) y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE Edición Actualizada de Agosto del 2008, la Norma Técnica Colombia NTC 4552 y Normas Para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución.

#### 2.1.1 Código eléctrico colombiano NTC 2050.

**Acometida:** Derivación de la red local del servicio público respectivo, que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

**Acometida subterránea:** Conductores subterráneos de la acometida desde la red de la calle, incluidos los tramos desde un poste o cualquier otra estructura o desde los transformadores, hasta el primer punto de conexión con los conductores de entrada de la acometida en el tablero general, tablero de medidores o cualquier otro tablero con espacio adecuado, dentro o fuera del muro de una edificación. Si no existe tablero general, tablero de medidores u otro con espacio adecuado, se debe considerar que el punto de conexión es el de entrada de los conductores de acometida al edificio.

**Alimentador:** Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal final.

**Bandeja porta cables:** Unidad o conjunto de unidades, con sus accesorios, que forman una estructura rígida utilizada para soportar cables y canalizaciones.

**Barraje de puesta a tierra (equipotencial):** Conductor de tierra colectiva, usualmente una barra de cobre o un cable de diámetro equivalente.

**Cable de acometida:** Conductores de acometida en forma de cable.

**Canalización:** Canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras, hay canalizaciones entre otras, de conductores de metal rígido, de conductos rígidos no metálicos, de conductos metálicos intermedios, de conductos flexibles e impermeables, de tuberías metálicas flexibles, de conductos metálicos flexibles, de tuberías eléctricas metálicas, subterráneas, de hormigón en el suelo, de metal en el suelo, superficiales, de cables y de barras.

**Capacidad de corriente:** Corriente máxima en amperios que puede transportar continuamente un conductor en condiciones de uso, sin superar su temperatura nominal de servicio.

**Carga continua:** Carga cuya corriente máxima se prevé que circule durante tres horas o más.

**Conductor de puesta a tierra (grounding conductor):** Conductor utilizado para conectar los equipos o el circuito puesto a tierra de una instalación, al electrodo o electrodos de tierra de la instalación.

**Conductor de puesta a tierra de los equipos:** Conductor utilizado para conectar las partes metálicas que no transportan corriente de los equipos, canalizaciones y otros encerramientos, al conductor puesto a tierra, al conductor del electrodo de tierra de la instalación o a ambos, en los equipos de acometida o en el punto de origen de un sistema derivado independiente.

**Conductor puesto a tierra (grounded conductor):** Conductor de una instalación o circuito conectado intencionalmente a tierra, generalmente es el neutro de un sistema monofásico o de un sistema trifásico en estrella.

**Factor de demanda:** Relación entre la demanda máxima de una instalación o parte de una instalación y la carga total conectada a la instalación o parte de la instalación considerada.

**Factor de potencia:** Relación entre la potencia activa (KW) y la potencia aparente (KVA) del mismo sistema eléctrico o parte de él.

**Interruptor automático:** Dispositivo diseñado para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una sobrecorriente predeterminada.

**Interruptor de circuito contra fallas a tierra (GFCI):** Funciona cortando el paso de corriente por un circuito o parte del mismo dentro de un determinado lapso, cuando la corriente a tierra supera un valor predeterminado, menor que el necesario para que funcione el dispositivo protector contra sobrecorriente del circuito de suministro.

**Interruptor de circuito de motores (Guardamotor):** Interruptor con valor nominal en kilovatios (KW) o en caballos de fuerza (HP) que el interruptor a la tensión nominal.

### 2.1.2. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE.

**Capacidad nominal:** El conjunto de características eléctricas y mecánicas asignadas a un equipo eléctrico por el diseñador, para definir su funcionamiento bajo unas condiciones específicas.

**Circuito eléctrico:** Lazo cerrado formado por un conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y

sobrecorrientes. No se toman los cableados internos de equipo como circuitos.

**Conexión equipotencial:** Conexión eléctrica entre dos o más puntos, de manera que cualquier corriente que pase, no genere una diferencia de potencial sensible entre ambos puntos.

**Cortocircuito:** Unión de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial del mismo circuito.

**Electrodo de puesta a tierra:** Es el conductor o conjunto de conductores enterrados que sirven para establecer una conexión con el suelo.

**Empalme:** Conexión eléctrica destinada a unir dos partes de conductores, para garantizar continuidad eléctrica y mecánica.

**Iluminancia:** Es la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Su unidad, el lux, equivale al flujo luminoso de un lumen que incide homogéneamente sobre una superficie de un metro cuadrado.

**Instalación eléctrica:** Conjunto de aparatos eléctricos y de circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transmisión, transformación, conversión, distribución o uso final de la energía eléctrica.

**Luminancia:** Es el flujo reflejado por los cuerpos, o el flujo emitido si un objeto se considera fuente de luz. También llamado brillo fotométrico. Su unidad es la candela por metro cuadrado.

**Luminaria:** Componente mecánico y óptica de un sistema de alumbrado que proyecta, filtra y distribuye los rayos luminosos, además de alojar y proteger los elementos requeridos para la iluminación.

**Puesta a tierra:** Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

**Red interna:** Es el conjunto de redes, tuberías, accesorios y equipos que integran el sistema de suministro del servicio público al inmueble a partir del medidor. Para edificios de propiedad horizontal o condominios, es aquel sistema de suministro del servicio al inmueble a partir del registro de corte general cuando lo hubiere.

**Resistencia de puesta a tierra:** Es la relación entre el potencial del sistema de puesta a tierra a medir, respecto a una tierra remota y la corriente que fluye entre estos puntos.

**Sistema de puesta a tierra (SPT):** Conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente.

**Sistema de puesta a tierra de protección:** Conjunto de conexión, encerramiento, canalización, cable y clavija que se acoplan a un equipo eléctrico, para prevenir electrocuciones por contactos con partes metálicas energizadas accidentalmente.

**Sobrecarga:** Funcionamiento de un equipo por encima de sus parámetros normales a plena carga o de un conductor por encima de su capacidad de corriente nominal que, si persiste durante un tiempo suficiente podría causar daños o un calentamiento peligroso. Una falla como un cortocircuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga.

**Sobretensión:** Tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.

**Subestación:** Conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.

**Tablero:** Encerramiento metálico o no metálico donde se alojan elementos tales como aparatos de corte, control, medición dispositivos de protección, barrajes.

**Tomacorriente:** Dispositivo con contactos hembra, diseñado para instalación fija en una estructura o parte de un equipo, cuyo propósito es establecer una conexión eléctrica con una clavija.

### 2.1.3. Norma para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas ESSA 2005.

**Carga:** la potencia requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

**Carga de diseño:** carga que para efectos de diseño se considera atendida por una salida.

**Carga instalada:** suma de las cargas de diseño de los equipos instalados en los predios de los suscriptores, susceptibles a ser conectados al sistema o a la parte del sistema que se considera.

**Circuito alimentador:** Línea de distribución que lleva potencia eléctrica de una central generadora o subestación a un centro de consumo.

**Circuito ramal en baja tensión:** Conductores de un circuito entre el dispositivo final de protección contra sobrecorriente y la salida o salidas.

**Plano:** Representación a escala en una superficie.

**Red de distribución:** Conjunto de conductores que llevan energía desde una subestación a toda el área de consumo.

**Tablero de distribución:** Conjunto de equipos de protección, barrajes y cableado que recibe las acometidas parciales y del cual se derivan los circuitos ramales.

#### 2.1.4. Norma técnica colombiana NTC 4552.

**Conductor bajante:** elemento conectado eléctricamente entre los terminales de captación o la red de terminales de captación y la puesta a tierra de protección contra rayos, cuya función es conducir las corrientes de rayo que puedan incidir sobre la instalación a proteger.

**Distancia de impacto:** longitud definida por el método electro geométrico (que es función exponencial de la corriente de retorno del rayo) que determina la posición de la estructura interceptadora con respecto a la estructura protegida, o como el radio de una esfera que permite establecer cuál es el área de cubrimiento de una estructura para una corriente dada.

**Método electro geométrico:** procedimiento que permite establecer cuál es el volumen de cubrimiento de protección contra rayos de una estructura para una corriente dada, según la posición y la altura de la estructura considerada como pararrayos.

**Nivel cerámico, NC:** número de días al año en los cuales es oído por lo menos un rayo.

**Nivel de protección contra rayos NPR:** número relacionado con un conjunto de los parámetros de la corriente en un rayo, pertinentes a la probabilidad que asocia los valores de diseño máximo y mínimo, son los valores que no están excedidos cuando ocurra una descarga.

**Sistema de protección contra rayos SIPRA:** Lightning Protection System, sistema integral para reducir los daños físicos que puedan ser causados por el rayo.

**Sistema de protección interna:** es el conjunto de dispositivos que limitan las sobretensiones y las sobrecorrientes transitorias que se pueden presentar al interior de una instalación.

**Rayo:** la descarga eléctrica atmosférica o más comúnmente conocida como rayo es un fenómeno físico que se caracteriza por una transferencia de carga eléctrica de una nube hacia la tierra, de la tierra hacia la nube, entre dos nubes, al interior de una nube o de la nube hacia la ionósfera.

## 2.2. Sistema Eléctrico.

### 2.2.1. Regulación de tensión.

Razón en porcentaje (%) entre la diferencia de magnitudes de la tensión en el receptor en vacío y a plena carga, con respecto a la magnitud de la tensión en el receptor a plena carga.

$$\delta_V = \frac{V_{RV} - V_{RPC}}{V_{RPC}} * 100\%$$

Donde:

$V_{RV}$ : Tensión del receptor en vacío.

$V_{RPC}$ : Tensión del receptor a plena carga.

Considerando la caída de tensión que se produce al circular una corriente por un conductor debido a la resistencia e impedancia que esté presente, se tiene:

$$\delta_V = \frac{(X \sin \varphi + r \cos \varphi) * L * I}{V} * 100\%$$

Donde:

$\delta_V$ : Regulación eléctrica en %.

r Es la resistencia del conductor por unidad de longitud.

X Es la reactancia del conductor por unidad de longitud.

$\cos \varphi$ : Es el factor de potencia.

L: Es la longitud del cable.

V: La tensión.

Al fijar los valores de estas variables, podemos determinar una constante de regulación del conductor, ( $K_G$ ), esta nos permite determinar el conductor en base a valores de regulación establecidos, se calcula con base a diferentes valores de factor de potencia.

Para realizar el cálculo de regulación en los circuitos ramales, utilizamos la siguiente expresión:

Donde:

$$\delta = \frac{F_c * K_G * \sum M_s}{VL^2} * 100\%$$

$F_c$ : Es el Factor de corrección por tipo de subestación y alimentador.

Para conexiones diferentes de las trifásicas tetrafilares balanceadas en B.T y M.T, se debe aplicar este factor.

$K_G = \text{Constante Generalizada, del conductor. } K_G = 100 * (X \sin \varphi + R \cos \varphi)$

Esta constante depende tanto de la tensión en la red como del factor de potencia por el circuito ramal, para el caso de nuestro diseño, los factores de potencia a utilizar son F.P=0.85, 0.9, 0.95.

MS: Momentos del circuito ramal.  $MS=S*I$

S : Potencia aparente, demanda de la carga a alimentar.

I: Longitud entre el receptor y la fuente.

A medida que aumentamos la longitud de los circuitos ramales la caída de tensión aumentan, por lo tanto es necesaria limitarla, lo que no sucede si los cables son cortos.

VL: Tensión de línea en el extremo receptor.

Los porcentajes de regulación permitidos según el tipo de instalación eléctrica e ubicación en B.T.

### **2.2.2. Selección de conductores.**

Para el diseño de las instalaciones eléctricas, la selección de los conductores es un aspecto primordial ya que esto implica la seguridad de las personas que van a utilizar la infraestructura, la seguridad que se le brinde a los equipos utilizados y los gastos, debido a que si no se utiliza el conductor implementado puede generar sobrecargas que impliquen nuevos cambios a las redes eléctricas.

Con la entrada en vigencia del RETIE se dará un giro radical en la importancia de las instalaciones eléctricas en Colombia, ya que no sólo se revisará que éstas estén hechas correctamente y de acuerdo a los parámetros establecidos por el Código Eléctrico Nacional (NTC-2050), sino que también se deberán utilizar materiales o productos que cumplan con un mínimo de requisitos técnicos los cuales garanticen que dichas instalaciones cumplan en su totalidad los lineamientos del RETIE.

Los conductores para los circuitos ramales del tablero de distribución, se seleccionan por medio de la regulación y se verifican por corriente y temperatura.

- **Selección de conductores de los circuitos ramales.**

Dependiendo del diseño, la tensión de operación del circuito, la longitud y la carga de cada elemento en el ramal, calculamos el valor de KG.

$$KG = \frac{VL^2}{FC * \sum MS} * \delta\%$$

Con la constante generalizada, aseguramos que el conductor a seleccionar se acerque a la regulación requerida, y por lo tanto cumpla con lo especificado en la Norma.

La capacidad de corriente debe ser igual o superior a la corriente de la carga instalada en el circuito, multiplicada por un factor de 1.25, para guardar un factor de seguridad, esta capacidad se ve afectada por factores como por el número de conductores por el mismo ducto y por el tipo de recubrimiento de los conductores por el mismo.

El cálculo de la capacidad de corriente del conductor para circuitos ramales se determina a partir de la siguiente expresión.

$$I_c \geq F_s * N * \frac{P}{V_n * \cos\varphi}$$

Donde:

$I_c$ , Capacidad de corriente del conductor, en amperes.

$P$ , potencia total del circuito ramal.

$V_n$ , tensión nominal que depende del tipo de circuito.

$\cos\varphi$ , factor de potencia de la carga.

$F_s$ , factor de seguridad (1.25)

$N$ , factor que depende del tipo de circuito.

- **Selección del conductor de puesta a tierra.**

Para circuitos de baja tensión el conductor de continuidad de puesta a tierra en ductos se selecciona tomando en consideración la capacidad nominal del dispositivo automático de sobre corriente ubicado antes de la tubería o equipo.

Se puede dimensionar el conductor de puesta a tierra de acuerdo a la tabla 250-95 de la norma NTC 2050.

- **Selección de la ductería.**

Para la selección de la ductería, se deben tener en cuenta el número de conductores portadores de corriente y su sección transversal, en la norma NTC 2050, podemos encontrar los porcentajes de sección transversal para el llenado de conductores, para contar con un óptimo espaciado entre ellos así no se generen interferencias o queden limitados por el espacio.

$$Dt \geq 1.58 * \sqrt{\sum_{j=1}^N dj^2}$$

Dt: Diámetro de la ductería.

Dj: Diámetro de los conductores.

En la Norma Técnica Colombiana, NTC 2050 tabla 4, Dimensiones y porcentajes de la selección de los tubos y tuberías, tabla 5, Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos y en las tablas del apéndice C, Tablas de ocupación de los tubos conduit y tuberías para conductores y conductores para aparatos de la misma sección transversal, podemos encontrar valores para los ductos que se necesiten.

### **2.2.3. Nivel de iluminación.**

La iluminación de espacios tiene alta relación con las instalaciones eléctricas, ya que la mayoría de las fuentes modernas de iluminación se basan en las propiedades de incandescencia y la luminiscencia de materiales sometidos al paso de corriente eléctrica.

Una buena iluminación, además de ser un factor de seguridad, productividad y de rendimiento en el trabajo, mejora el confort visual y hacer más agradable y acogedora la vida. Si se tiene en cuenta que por lo menos una quinta parte de la vida del hombre transcurre bajo el alumbrado artificial, se comprenderá el interés que hay en establecer los requisitos mínimos para realizar los proyectos de iluminación.

Para una correcta iluminación y eliminar el deslumbramiento en las personas se tienen ciertos límites de niveles de iluminancia (ver ANEXO 1- Tabla 1) dependiendo del tipo de recinto y actividad que se desarrollen, estos niveles los encontramos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE, tabla 26 página 106, Niveles de iluminancia aceptados para diferentes aéreas y actividades.

### **2.2.4. Selección de protecciones.**

La función de las protecciones es la de evitar o limitar los daños provocados por la circulación de sobrecorrientes a través de los circuitos, simultáneamente debe separar automáticamente los circuitos fallados de los que permanecen en buen estado.

Para determinar las protecciones de cada uno de los circuitos, tenemos en cuenta lo expresado en la sección 240 del Código Eléctrico Colombiano NTC 2050

### **2.2.5. Selección del transformador.**

Con el cálculo de la demanda máxima de los laboratorios, seleccionamos la potencia nominal del transformador tomando el valor inmediatamente superior

del cálculo de la demanda máxima con respecto a los valores nominales existentes de los transformadores.

Para calcular la demanda máxima utilizamos el método de la NTC 2050, teniendo en cuenta los valores de consumo de cada uno de las partes de los laboratorios, sumando todos los valores de los diferentes tableros que se instalaron, dependiendo del área, de la cantidad de tomas y los aparatos especiales.

### **2.2.6. Nivel de tensión.**

El nivel de tensión para alimentación general de un proyecto se seleccionará con base en la demanda máxima del suscriptor para una tensión de (13.2 kv media tensión), la demanda máxima en kVA tiene como valor máximo 500 kVA.

En urbanizaciones abiertas urbanas o rurales, o en casos de electrificación rural, la capacidad de las subestaciones aéreas no debe superar los 150 kVA.

### **2.3. Sistema de puesta a tierra.**

Las exigencias de puestas a tierra para instalaciones eléctricas cubren el sistema eléctrico como tal y los apoyos o estructuras que ante una sobretensión temporal, puedan desencadenar una falla permanente a frecuencia industrial, entre la estructura puesta a tierra y la red.

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 la corriente de falla, electrostática y de rayo.
- Transmitir señales de RF en onda media y larga.
- Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con los puntos de referencia de los equipos.

### **2.3.1. Conductor y malla de puesta a tierra.**

Es aquel conductor de un circuito que se conecta a tierra intencionalmente. Este conductor garantiza la conexión física entre las partes metálicas expuestas a alguna falla y la tierra, por medio de este conductor circula la corriente no deseada hacia la tierra, a diferencia del conductor neutro, el conductor de puesta sólo lleva corriente durante las fallas.

La malla de tierra es un conjunto de conductores desnudos que permiten conectar los equipos que componen una instalación a un medio de referencia, en este caso la tierra. Tres componentes constituyen la resistencia de la malla de tierra:

- La resistencia del conductor que conecta los equipos a la malla de tierra.
- La resistencia de contacto entre la malla y el terreno.
- La resistencia del terreno donde se ubica la malla.

Una malla de tierra puede estar formada por distintos elementos:

- Una o más barras enterradas.
- Conductores instalados horizontalmente formando diversas configuraciones.

La malla de tierra, es un reticulado formado por la unión de conductores horizontales, normalmente según direcciones perpendiculares y uniformemente espaciados, incluyendo eventualmente conductores verticales (barras). Se utiliza especialmente cuando el objetivo principal de la puesta a tierra es mantener un control de potenciales en la superficie del terreno, con un valor bajo de resistencia.

### 2.3.2. Cálculo de la malla de PAT.

Para el cálculo de la malla de puesta a tierra se utiliza el método de Schwarz que nos sirve para determinar y evaluar el estado de una malla de PAT.

Este método se basa en la expresión:

$$R = \frac{R_{11} * R_{22} - R_{12}^2}{R_{11} + R_{22} - 2 * R_{12}}$$

Donde:

$R$  = Resistencia de la malla de tierra.

$R_{11}$  = Resistencia de los conductores de la malla de tierra.

$R_{22}$  = Resistencia de todas las barras enterradas.

$R_{12}$  = Resistencia mutua entre el grupo de electrodos y los conductores de la malla.

De la ecuación anterior se tiene que cada uno de los parámetros involucrados se calcula de la siguiente manera:

$$R_{11} = \frac{\rho}{\pi * L_{cond}} \left[ \ln \left( 2 \frac{L_{cond}}{\sqrt{d} * h} \right) + \left( K_1 \frac{L_{cond}}{\sqrt{A}} \right) - K_2 \right]$$

$$R_{22} = \frac{\rho}{2\pi n_b * L_b} \left[ \ln \left( 8 \frac{L_b}{d_b} \right) - 1 + \left( \frac{2K_1 L_b}{\sqrt{A}} \right) (\sqrt{n_b} - 1)^2 \right]$$

$$R_{12} = \frac{\rho}{\pi * L_{cond}} \left[ \ln \left( 2 \frac{L_{cond}}{L_b} \right) + \left( K_1 \frac{L_{cond}}{\sqrt{A}} \right) - K_2 + 1 \right]$$

En donde:

$L_b$  = Longitud de las barras

$L_{cond}$  = Longitud de los conductores de la malla.

$d$  = Diámetro de los conductores.

$d_b$  = Diámetro de las barras.

$h$  = Profundidad de la malla

$n_b$  = Número de barras.

$A$  = Área cubierta por la malla.

$K_1$  y  $K_2$  = Son constantes que dependen de la relación largo y ancho de la malla, de la profundidad  $h$ , y en general puede asumirse que sus valores son aproximadamente  $K_1 = 1,4$  y  $K_2 = 5,6$ .

### 2.3.3. Resistividad del terreno.

Se define el término resistividad, como la resistencia que ofrece al paso de la corriente un cubo de terreno de un metro por lado.

El factor más importante de la resistencia a tierra no es el electrodo en sí, sino la resistividad del suelo mismo, por ello es requisito conocerla para calcular y diseñar la puesta a tierra de sistemas.

La resistividad del suelo es la propiedad que tiene éste, para conducir electricidad, es conocida además como la resistencia específica del terreno. En su medición, se promedian los efectos de las diferentes capas que componen el terreno bajo estudio, ya que éstos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, obteniéndose lo que se denomina "Resistividad Aparente" también conocida como "Resistividad del Terreno".

Su representación dimensional debe estar expresada en Ohm-m, cuya acepción es utilizada internacionalmente.

Para un tipo de terreno determinado, su resistividad puede verse significativamente afectada por varios factores:

- Humedad.
- Temperatura.
- Compactación del Suelo.
- Concentración de Sales Disueltas.

## **2.4. Sistema de protección contra rayos.**

### **2.4.1. Generalidades.**

El rayo es un fenómeno meteorológico de origen natural, cuyos parámetros son variables espacial y temporalmente. La mayor incidencia de rayos en el mundo, se da en las tres zonas de mayor convección profunda: América tropical, África central y norte de Australia. Colombia, por estar situada en la Zona de Confluencia Intertropical, presenta una de las mayores actividades de rayos del planeta; de allí la importancia de la protección contra dicho fenómeno, pues si bien los métodos desarrollados a nivel mundial se pueden aplicar, algunos parámetros del rayo son particulares para esta zona.

Igualmente, en instalaciones de uso final donde se tenga alta concentración de personas, tales como, viviendas multifamiliares, edificios de oficinas, hoteles, centros de atención médica, lugares de culto, centros educativos, centros comerciales, industrias, supermercados, parques de diversión, prisiones, aeropuertos, cuarteles, debe hacerse una evaluación del nivel de riesgo por exposición al rayo.

La protección se debe basar en la aplicación de un Sistema Integral de Protección, conducente a mitigar los riesgos asociados con la exposición directa e indirecta a los rayos. En general, una protección contra rayos totalmente efectiva no es técnica ni económicamente viable.

El diseño debe realizarse aplicando un método reconocido por normas técnicas internacionales como la IEC 62305-3. De reconocimiento internacional o NTC 4552, las cuales se basan en el método electrogeométrico.

Las medidas de protección son los pararrayos, los bajantes, las puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topologías y suspender actividades de alto riesgo cuando se tenga personal al aire libre.

#### **2.4.2. Cálculo del nivel de riesgo.**

La metodología del cálculo para el nivel de riesgo se hace mediante la norma NTC 4552, ella tiene en cuenta un factor de riesgo que depende de dos cuantificadores que son los índices de gravedad y los índices de los parámetros.

**Índices de gravedad:** Lugar en el cual el sitio está ubicado, actividad que se llevará a cabo, el tipo de estructura, la altura y el área de la edificación.

**Índices de parámetros:** Se cuantifican dependiendo del lugar del territorio colombiano en el cual se encuentre y del nivel cerámico de la zona.

**Indicador de parámetros (exposición al rayo):** Este índice se obtiene a partir de la densidad de descargas a tierra (DDT) y la corriente pico absoluta promedio (I<sub>abs</sub>) expresado en kiloamperios, dándose mayor ponderación a la DDT ya que existe mayor probabilidad de que se vea afectada una estructura dependiendo a esta que por la intensidad de la corriente de las mismas.

$$DDT=0.0017*NC^{1.56}[\text{Descargas}/(\text{km}^2*\text{año})]$$

NC: Nivel cerámico.

Para el cálculo del nivel de riesgo tenemos:

$$\text{Riesgo} = 0.7 * R_{DDT} + 0.3 * R_{I_{abs}}$$

$R_{DDT}$ , Es el aporte del riesgo debido a la densidad de descargas a tierra.

$R_{Iabs}$ , Es el aporte del riesgo ocasionado por la magnitud de la corriente pico absoluto promedio.

Para analizar los valores vamos a la tabla del índice de riesgo, (Ver ANEXO Tabla 2), y se observa de que tipo es: severo, alto, medio o bajo, y se procede a evaluar el nivel de riesgo por gravedad de la estructura.

**Indicador de gravedad (Estructura):** Para obtener este índice se suman los subíndices relacionados con el uso, el tipo y la geometría de la estructura (ver ANEXO - Tabla 3-4-5).

$$I_G = I_{USO} + I_T + I_{AA}$$

Donde:

$I_G$ , es el índice de gravedad.

$I_{USO}$ , es el subindicador relacionado con el uso de la estructura.

$I_T$ , es el subindicador relacionado con el tipo de estructura.

$I_{AA}$ , es el subindicador relacionado con el área y la altura de la estructura

Al evaluar los puntos que corresponden a las tablas descritas en el anexo se procede a observar la tabla de indicador de gravedad (ver ANEXO- Tabla 6).

Ahora para finalizar el diseño se ponderan los indicadores de exposición al rayo y de gravedad de la estructura en una matriz de riesgo (ver ANEXO- Tabla 7), que nos muestra el nivel de riesgo al cual está expuesto la estructura y por ende cuál es el grado de protección que se necesita.

#### **2.4.3. Elementos de un sistema de protección externa contra rayos.**

Este sistema comprende los terminales de captación, los bajantes, la puesta a tierra, los conectores y herrajes necesarios para el correcto diseño de la protección.

Los **terminales de captación**, tienen la función de interceptar los rayos que puedan impactar directamente sobre la instalación a proteger. Estos deben tener ciertas características con las que deben cumplir y que exige la norma, (ver ANEXO - Tabla 8). Además todo edificio que requiera un SPE, tenga o no tenga terminales de captación, debe tener un anillo de apantallamiento en la parte superior de la estructura; cuando se poseen los terminales estos deben estar unidos por medio de esos anillos.

En cuanto a los **bajantes**, su objeto es derivar la corriente del rayo que impacta en los terminales de captación. El incremento del número de bajantes logra una reducción de la magnitud de la corriente que circula por cada uno de ellos y también las inducciones magnéticas en los lazos metálicos de la instalación y las diferencias de potencial a tierra. Estos; por razones eléctricas, térmicas y mecánicas, deben cumplir con requisitos expuestos en la norma que se deben tener en cuenta, (ver ANEXO - Tabla 9). Cada uno de los bajantes debe terminar en un electrodo de puesta a tierra, estar separadas un mínimo de 10m, siempre buscando que se localicen en las partes externas de la edificación.

Para las **conexiones**, se debe emplear soldadura exotérmica o conectores que cumplan con las recomendaciones de la IEEE-837, también se requiere tomar medidas para evitar corrosión en suelos agresivos.

Los **electrodos de puesta a tierra**, se pueden construir de varios tipos como varillas, tubos, mallas y contrapesos. Los conductores utilizados para la puesta a tierra deben ser cables desnudos de cobre electrolítico recocido, y deben estar enterrados mínimo 0.5m bajo el nivel del terreno, se deben tener en cuenta además las características que exige la norma para los electrodos, (ver ANEXO 1- Tabla 10).

#### 2.4.4. Métodos de diseño para la protección externa contra rayos.

El más común para utilizar es el método electrogeométrico (esfera rodante), el cual consiste en crear el volumen de protección que debe poseer una edificación, y se establece por medio de una zona de resguardo que se determina por una circunferencia de radio de impacto del rayo, calculada en base a la máxima magnitud de corriente de retorno del rayo. Principalmente este método fue desarrollado para las líneas de transmisión, pero se puede utilizar para cualquier estructura que se quiera proteger.

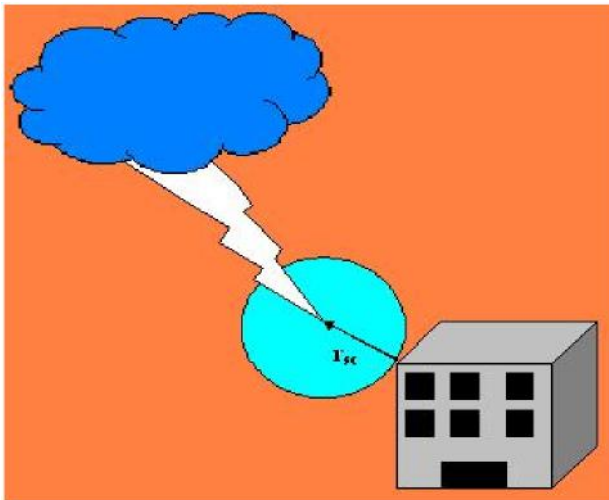
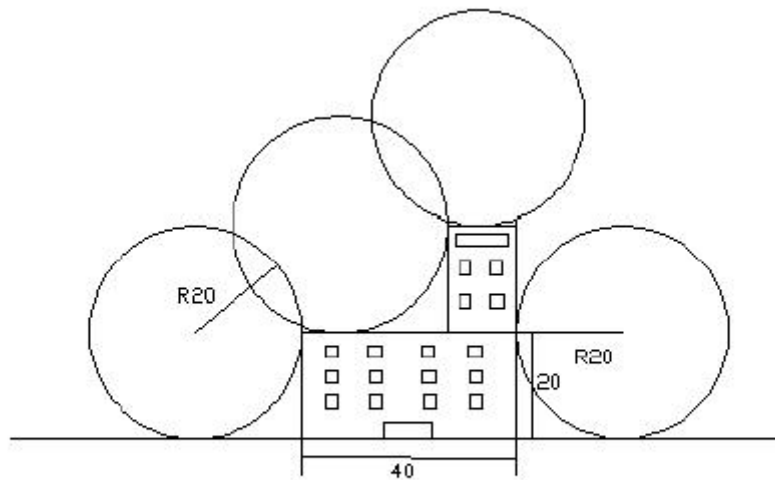


Ilustración 1. Distancia de impacto

Fuente: NTC 4552

$$r_{sc}=10*(I_{max})^{0.65}[m]$$

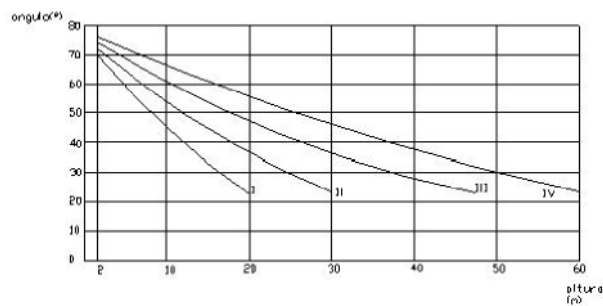
Al crear esta esfera, se rueda tangente a la superficie de la estructura a proteger.



**Ilustración 2. Giro de la Esfera.**

Fuente: NTC 4552

Este **método del ángulo**, consiste en que dependiendo de la altura de la estructura y del nivel de protección al cual se quiera trabajar; se selecciona un ángulo para el cálculo de la altura del pararrayos y de la zona de protección.



**Ilustración 3.**

Gráfica ángulo contra altura

Fuente: NTC 4552

Al tener el ángulo, se procede a observar con esa inclinación, si la edificación se encuentra completamente protegida.

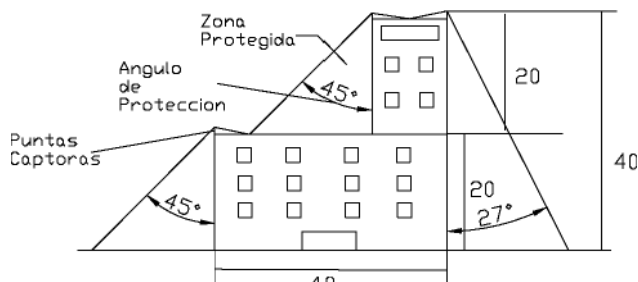


Ilustración 4. Zona de Protección por el método del ángulo

Fuente: NTC 4552

**El método enmallado**, es utilizado principalmente cuando es necesario proteger superficies planas, en donde una malla conductora puede ser considerada para obtener la protección contra impactos de toda la estructura.

**Tabla 1. Nivel de protección.**

Nivel de protección	Malla (m)
Nivel I	5x5
Nivel II	10x10
Nivel III	15x15
Nivel IV	20x20

#### 2.4.5. Sistema de protección interna (SPI).

Para la protección interna de la edificación, se utilizarán los dispositivos de protección contra sobretensiones, DPS; el cual limita las sobretensiones transitorias que ponga en peligro a los equipos o a las personas que los utilizan.

#### Existen 3 clases de DPS de acuerdo con la norma IEEE C62.41:

Clase C: Se encuentran en el exterior del edificio, en la entrada del suministro eléctrico, y en los alimentadores de edificios diferentes.

Clase B: Tableros de distribución, barrajes y alimentadores de plantas industriales, tableros de iluminación en edificios grandes.

Clase A: Protección fina, dedicada a un equipo en particular, tomacorrientes a mas de 10m de la categoría B, y tomacorrientes a mas de 20m de la categoría C.

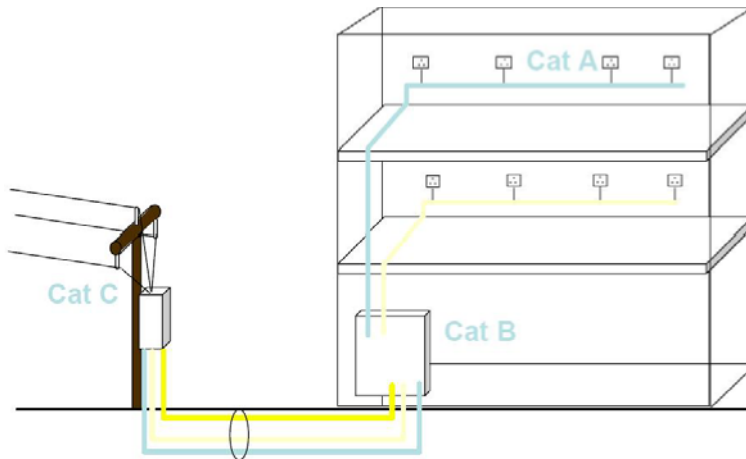


Ilustración 5. Diagrama de Categorías

Fuente: Memorias de la NTC 45-52

Para la selección de un DPS se debe tener en cuenta tanto la categoría en la cual están los elementos como el nivel básico al impulso (BIL) de acuerdo con su ubicación en las instalaciones. La categoría de sobretensión depende de estos parámetros, (ver ANEXO 1-Tabla 11).

### 3. NIVEL DE ILUMINACIÓN.

La iluminación de los laboratorios del Sena se realizó por el método de la cavidad zonal, basado sobre la teoría que la iluminación media es igual al flujo que incide sobre el plano de trabajo dividido por el área sobre la cual se distribuye.

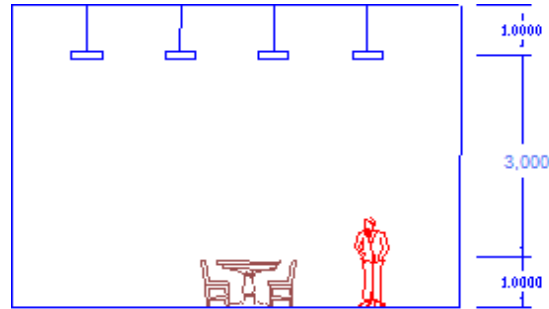
**3.1. Definición de la altura de diseño y el área a iluminar:** Para el diseño se dispondrá a realizar la iluminación a un solo salón ya que los cálculos de iluminación de los otros dos salones serán los mismos debido a que todos los salones disponen de un mismo volumen y un mismo índice de reflexión

#### Ilustración 6. Dimensión de los salones.

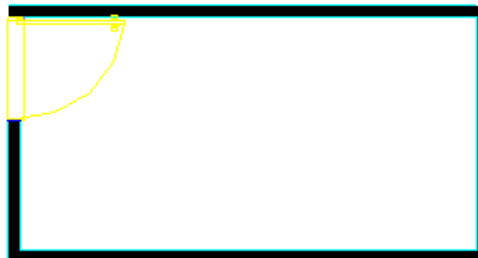


Estos salones disponen de las siguientes dimensiones. Largo: 24,43m, ancho: 10m, alto: 5m. Para estos salones se selecciona una altura del plano de trabajo de hcp: 1m, entonces la altura del montaje o altura de cavidad del local será de hcl: 3m.

**Ilustración 7. Vista frontal de los salones con alturas de diseño.**

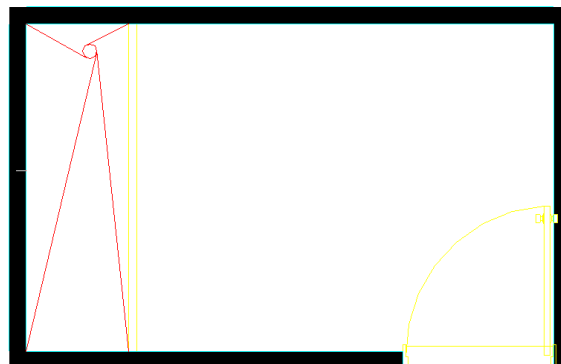


**Ilustración 8. Dimensión del almacén.**



Este almacén dispone de las siguientes dimensiones. Largo: 3,70m, ancho: 2,0m, alto: 4m. Para este almacén se selecciona una altura del plano de trabajo de hcp: 1m, entonces la altura del montaje o altura de cavidad del local será de hcl: 3m.

**Ilustración 9. Dimensión del cuarto eléctrico.**



Este cuarto de aseo dispone de las siguientes dimensiones. Largo: 3,10m, ancho: 1,88 m, alto: 4m. Para este cuarto de aseo se selecciona una altura del

plano de trabajo de hcp: 1m, entonces la altura del montaje o altura de cavidad del local será de hcl: 3m.

### 3.2. Índices de reflexión de las superficies. (Tabla 2).

<b>SUPERFICIE</b>	<b>COLOR</b>	<b>I.R.%</b>
Techo	Crema Pálido	70
Pared	Rosa Bengala	60
Piso	Cemento con amianto rojizo	30
Puertas	Madera	30
Vidrio	Transparente	0

Para cada una de las áreas del diseño se tienen los siguientes índices de reflexión.

#### (Tabla 3). Índice de reflexión de los salones:

<b>SUPERFICIE</b>	<b>ÁREA(m<sup>2</sup>)</b>	<b>I.R.</b>	<b>m<sup>2</sup>*I.R.</b>
Pared	335,3	0,6	201,8
Techo	244,3	0,7	171,01
Piso	244,3	0,3	73,29
Puertas	0,39	0,3	0,117
<b>TOTAL</b>	<b>824,29</b>	<b>---</b>	<b>446,22</b>

Índice de reflexión total:  $446,22/824,29:0,54$

#### (Tabla 4). Índice de reflexión del almacén:

<b>SUPERFICIE</b>	<b>ÁREA(m<sup>2</sup>)</b>	<b>I.R.</b>	<b>m<sup>2</sup>*I.R.</b>
Pared	36,28	0,6	21,768
Techo	7,4	0,7	5,18
Piso	7,4	0,3	2,22
Puertas	0,39	0,3	0,117
<b>TOTAL</b>	<b>51,47</b>	<b>---</b>	<b>29,285</b>

Índice de reflexión total: 29,285/51,47:0,568

• (Tabla 5). Índice de reflexión del Cuarto Eléctrico:

SUPERFICIE	ÁREA(m <sup>2</sup> )	I.R.	m <sup>2</sup> *I.R.
Pared	42	0,6	25,2
Techo	5,83	0,7	4,08
Piso	5,83	0,3	1,75
Puertas	0,39	0,3	0,117
<b>TOTAL</b>	<b>54,05</b>	<b>---</b>	<b>31,147</b>

Índice de reflexión total: 31,147/54,05:0,576

**3.3. Nivel de iluminancia:** Para el nivel de iluminancia se tiene en cuenta la tabla 26 del RETIE la cual muestra los niveles de iluminancia aceptados para diferentes áreas y actividades. (Ver anexos tabla 21).

Para escoger si el nivel de iluminancia que se tomará en cuenta para el diseño; es mínimo, medio o máximo, se debe determinar el factor total de peso.

**Tabla 6. Factor de peso para cálculo de iluminación.**

FACTOR DE PESO	-1	0	1
CARACTERÍSTICA			
Edad trabajador	<40 años	40-55 años	>55 años
Velocidad o exactitud	No es importante	Es importante	Es muy importante
Reflectancia del fondo de tareas → material de las tareas	R>70%	30<R<70%	R<30%

**Criterio de selección:** si el factor de peso total es de -2 o -3, se recomienda utilizar el valor mínimo de iluminancia, si el factor de peso es +2 o +3, se toma el valor máximo, para cualquier otro valor del factor

total de peso se emplea el valor medio del nivel de iluminancia. Para el diseño del aula múltiple para talleres de electricidad Sena, el factor de peso será igual para todas las áreas ya que el índice de reflexión está en el rango de 30% y 70%, la edad de los trabajadores está en el rango de menores de 40 años y la exactitud es importante.

**Tabla 7. Cálculo del factor de peso.**

<b>Característica</b>	<b>Rango</b>	<b>Factor de Peso</b>
Edad de Usuarios	20-40	-1
Reflectancia de paredes	30<R<70%	0
Velocidad	Es importante	0
<b>TOTAL</b>		<b>-1</b>

Debido a que el factor de peso es de -1 se debe tomar el nivel medio de la tabla 21 (ver anexos).

<b>Nivel de iluminancia requerido para los salones:</b>	<b>500 LX</b>
<b>Nivel de iluminancia requerido para el almacén:</b>	<b>150 LX</b>
<b>Nivel de iluminancia requerido para el cuarto eléctrico :</b>	<b>150 LX</b>

### 3.4. Flujo luminoso necesario.

$\varphi = 2 \times Em \times Hm^2$  , donde

$\varphi$ : Flujo luminoso de la bombilla.

$Em$ : nivel de iluminación recomendado RETIE.

$Hm^2$ : Altura del montaje.

- SALONES:  $Em=500$ ,  $Hm^2=9$ ,  $\varphi = 2 \times 500 \times 9=9000$  (lum)
- ALMACÉN Y CUARTO ELECTRICO :  $Em=150$ ,  $Hm^2=9$ ,  $\varphi = 2 \times 150 \times 9=2600$  (lum), al utilizar dos tubos cada uno de ellos requiere 1300(lum)

Al emplearse dos tubos para los salones se requiere que cada uno tenga un flujo luminoso de:

$$\frac{\varphi}{2} = \varphi_b = 4500 \text{ (lum)}.$$

Del catálogo de Sylvania se selecciona la lámpara fluorescente T8-F58W/135-ST, la cual posee un Flujo luminoso de  $\varphi_b = 4600$ (lum).

### 3.5. Intensidad máxima debajo de la luminaria.

$$I \leq Em \times Col \times Hm^2$$

Col: coeficiente de aporte de la luminaria sobre el sitio de trabajo.

Para el caso de los salones:

$$I \leq 500 \times 0,5 \times 3^2 = 2250 \text{ [cd]}$$

$$I_{max/KLm} = \frac{2250 \times 1000}{4600 \times 2} = 244,57 \text{ [cd/KLm]}$$

Según los catálogos de silvania, se utiliza la luminaria modelo 404, con categoría de mantenimiento II.

Para el caso del almacén y cuarto eléctrico tenemos:

$$I \leq 150 \times 0,5 \times 3^2 = 675 \text{ [cd]}$$

$$I_{max/KLm} = \frac{675 \times 1000}{1300 \times 2} = 259,61 \text{ [cd/KLm]}$$

Según los catálogos de silvania, se utiliza la luminaria modelo 200, con categoría de mantenimiento II.

### 3.6. Factores de pérdidas.

Con el mantenimiento Tipo II, y las características de limpieza del lugar (regular) se procede a realizar los cálculos asumiendo un mantenimiento de limpieza cada 12 meses. Con estos se puede por tanto encontrar el factor de depreciación de lúmenes por lámpara (Tomado del Manual de Sylvania cálculos de proyectos de iluminación), el factor de depreciación de lúmenes por bombilla (Tomado del Manual de Sylvania Lámparas Fluorescentes), y el factor de corrección del balastro (Asumido por defecto).

- Salones= Mantenimiento tipo II,  $fdll=0,9$ ,  $fdlb=0,85$ ,  $fb=0,95$ .

- Almacén y cuarto eléctrico=Mantenimiento tipo II,  $fdll=0,93$ ,  $fdlb=0,74$ ,  $fb=0,87$ .

Ya con estos datos, se procede a realizar las relaciones de cavidad para el piso, techo y local teniendo en cuenta el color de las paredes y techos (Blanco).

### 3.7.Relaciones de cavidad.

#### 3.7.1. Relación de cavidad salones.

Relación de cavidad del techo:

$$R_{CT} = \frac{5 \times \text{altura cavidad} \times (\text{largo} + \text{ancho})}{(\text{largo} \times \text{ancho})} = \frac{5 \times 1 \times (24,43 + 10)}{(24,43 \times 10)} = 0,70467$$

Relación de cavidad del piso:

$$R_{CP} = \frac{5 \times 1 \times (24,43 + 10)}{(24,43 \times 10)} = 0,70467$$

Relación de cavidad del local:

$$R_{CL} = \frac{5 \times 3 \times (24,43 + 10)}{(24,43 \times 10)} = 2,114$$

#### 3.7.2. Relación de cavidad almacén.

Relación de cavidad del techo.  $R_{CT}=0$ , debido a que se van a emplear fluorescentes de sobreponer.

Relación de cavidad del piso:

$$R_{CP} = \frac{5 \times 1 \times (3,70 + 2,0)}{(3,70 \times 2,0)} = 3,8514$$

Relación de cavidad del local:

$$R_{CL} = \frac{5 \times 3 \times (3,70 + 2,0)}{(3,70 \times 2,0)} = 11,554$$

#### 3.7.3. Relación de cavidad cuarto eléctrico.

Relación de cavidad del techo.  $R_{CT}=0$ , debido a que se van a emplear fluorescentes de sobreponer.

Relación de cavidad del piso:

$$R_{CP} = \frac{5 \times 1 \times (3,10 + 1,88)}{(3,10 \times 1,88)} = 4,2725$$

Relación de cavidad del local:

$$R_{CL} = \frac{5 \times 3 \times (3,10 + 1,88)}{(3,10 \times 1,88)} = 12,817$$

### 3.8. Coeficiente de utilización.

#### 3.8.1. Coeficiente de utilización salones.

% de reflectancia de techo	70
% de reflectancia de pared	60
Relación de cavidad (0,6)	64
Relación de cavidad (0,8)	62

% de reflectancia de techo	70
% de reflectancia de pared	60
Relación de cavidad (0,70467)	62,953

El porcentaje de reflectancia efectiva del techo es de 62,953%. Con este valor seleccionamos el coeficiente de utilización al 20%

% de reflectancia de techo	70
% de reflectancia del local	50
Relación de cavidad (0)	0,86
Relación de cavidad (1)	0,77

% de reflectancia de techo	70
% de reflectancia del local	50
Relación de cavidad (0,70467)	0,7965

El coeficiente de utilización para 20% es de 0,7965. Ahora en base a esto se selecciona el coeficiente de utilización al 30%, (en otras palabras, se realiza el ajuste del valor obtenido de la tabla del IES)

% de reflectancia de techo	70	
% de reflectancia de pared	70	50
Relación de cavidad local(2)	1,068	1,057

Relación de cavidad local(3)	1,061	1,048
------------------------------	-------	-------

% de reflectancia de techo	70	
% de reflectancia de pared	70	50
Relación de cavidad local(2,114)	1,067	1,055

% de reflectancia de techo	70	
% de reflectancia de pared	60	
Relación de cavidad local(2,114)	1,02626	

Este valor se multiplica por el coeficiente de utilización al 20%, para hallar el coeficiente de utilización corregido.

$$C_{uc} = C_{u20\%} * C_{u30\%}$$

$$C_{uc} = 0.7965 * 1.02626$$

$$C_{uc} = 0,817$$

### 3.8.2. Coeficiente de utilización al 20 % para almacén y cuarto eléctrico.

Coeficiente de utilización al 20%

% de reflectancia de techo	70
% de reflectancia del local	50
Relación de cavidad (0)	0,86

El coeficiente de utilización para 20% es de 0,86.

### 3.8.3. Coeficiente de utilización al 30% almacén.

Coeficiente de utilización al 30%. Interpolando tenemos  $C_{u30\%}=1,029$

$$C_{uc} = C_{u20\%} * C_{u30\%}$$

$$C_{uc} = 0.86 * 1.029$$

$$C_{uc} = 0.88494$$

### 3.8.4. Coeficiente de utilización al 30 % cuarto eléctrico.

Coeficiente de utilización al 30%. Interpolando tenemos  $C_{u30\%}=1,021$

$$C_{uc} = C_{u20\%} * C_{u30\%}$$

$$C_{uc} = 0.86 * 1.021$$

$$C_{uc} = 0.87806$$

### 3.9. Número de luminarias.

Teniendo el valor de los factores de depreciación, de balastro y utilización se procede a determinar el número de luminarias y distribución para obtener el nivel de iluminación recomendado.

$$N_l = \frac{E_m * L * W}{\phi_b * n_b * f_{dll} * f_{dlb} * f_b * C_{uc}}$$

#### 3.9.1. Número de luminarias (salones).

$$N_l = \frac{500 * 24,43 * 10}{4600 * 2 * 0,9 * 0,85 * 0,95 * 0,817}$$

$$N_l = 22,242$$

El número de luminarias fluorescentes de 58W necesarias para iluminar los salones sería 23. El cálculo realizado por el método de la cavidad zonal da como conclusión utilizar 23 luminarias #27, que posee dos tubos fluorescentes de 58W con un flujo de 4600 lúmenes (T8) que tiene una longitud de 1200 mm.

#### 3.9.2. Número de luminarias (almacén).

$$N_l = \frac{150 * 3,70 * 2,0}{1300 * 2 * 0,9 * 0,85 * 0,95 * 0,88494}$$

$$N_l = 0,66$$

El número de luminarias fluorescentes de 34W necesarias para iluminar el almacén será 1.

#### 3.9.3. Número de luminarias (cuarto eléctrico).

$$N_l = \frac{150 * 3,10 * 1,88}{1300 * 2 * 0,9 * 0,85 * 0,95 * 0,87806}$$

$$N_l = 0,526$$

El número de luminarias fluorescentes de 34 W necesarias para iluminar el almacén será 1.

### 3.10. Espaciamiento entre luminarias.

$$S = \sqrt{\frac{(L * W)}{\# Lum}} \Rightarrow S = \sqrt{\frac{(24,43 * 10)}{23}} \Rightarrow S = 3.2591 (m)$$

### 3.11. Distribución de las luminarias.

$$n_{col} = \frac{W}{S} = \frac{10}{3,2591} = 3,0683$$

$$n_{fil} = \frac{L}{S} = \frac{24,43}{3,2591} = 7,4959$$

Para el número mínimo de luminarias requeridas se distribuirán en ocho filas y tres columnas.

### Espaciamiento Entre Luminarias.

$$e = \frac{L}{n_{fil}} \Rightarrow e = \frac{24,43}{8} = 3,05375m$$

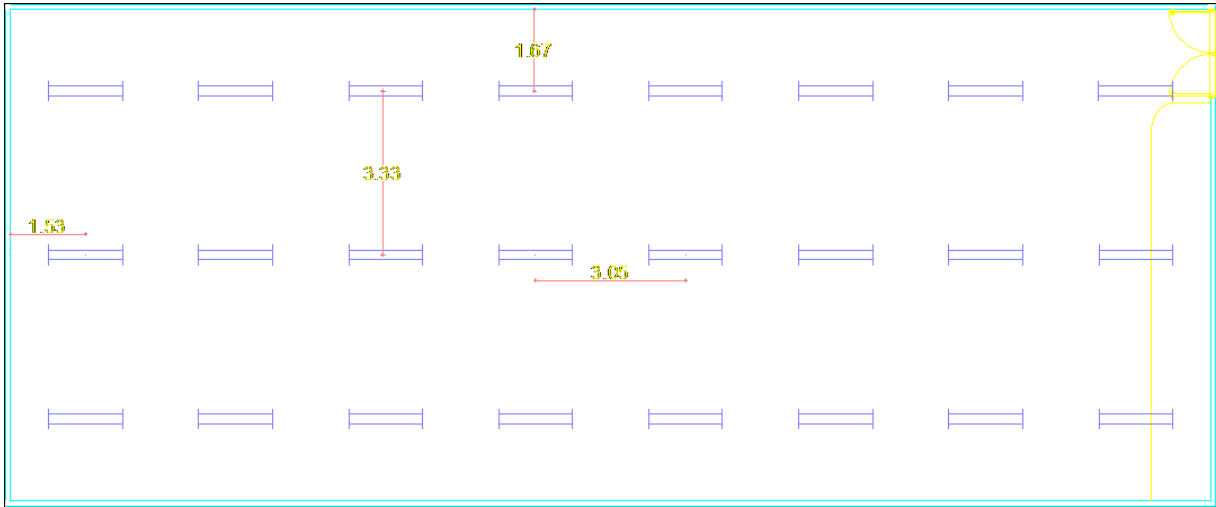
$$f = \frac{W}{n_{col}} \Rightarrow e = \frac{10}{3} = 3,3333 m$$

$$\frac{e}{2} = \frac{3,0538}{2} = 1,5269m$$

$$\frac{f}{2} = \frac{3.3333}{2} = 1,6667 m$$

Es de anotar que aunque el cálculo para los salones dio 23 luminarias, se utilizarán 24 para conservar la simetría del diseño.

**Ilustración 10. Distribución de las luminarias.**



**3.12. Nivel de iluminancia final obtenida.**

**3.12.1. Nivel de iluminancia final obtenida salones:** Con la configuración señalada de tres columnas y ocho filas y las lámparas empleadas T8-F58W/135-ST, luminaria con dos tubos.

$$E_m = \frac{N_l * n_b * C_{uc} * \phi_b * f_{dl} * f_{dlb} * f_b}{L * W}$$

$$E_m = \frac{24 * 2 * 0,817 * 4600 * 0,9 * 0,85 * 0,95}{24,43 * 10}$$

$$E_m = 536,64 \text{ (lux)}$$

**3.12.2. Nivel de iluminancia final obtenida almacén:** Se emplea una lámpara modelo 200 de sylvania tubo tipo FO17, luminaria con dos tubos.

$$E_m = \frac{1 * 2 * 0,88494 * 1300 * 0,93 * 0,74 * 0,87}{3,70 * 2}$$

$$E_m = 186,16 \text{ (lux)}$$

### 3.12.3. Nivel de iluminancia final obtenida cuarto eléctrico:

$$E_m = \frac{1 * 2 * 0,87806 * 1300 * 0,93 * 0,74 * 0,87}{3,10 * 1,88}$$

$$E_m = 234,53(lux)$$

## 4. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

### 4.1. Cálculo de los circuitos ramales.

El criterio de selección del cableado de los circuitos ramales según el artículo 210-19 de la NTC 2050, es en primera estancia la capacidad de corriente. Los conductores deben tener una capacidad de corriente no menor a la carga máxima que van a alimentar. Además los conductores de circuitos ramales con varias salidas deben tener una capacidad de corriente no menor a la corriente nominal del circuito ramal. En segunda estancia tenemos el criterio de regulación expuesto por la NTC 2050, la cual dice que los conductores de circuitos ramales deben evitar una caída de tensión superior al 3% en las salidas más lejanas de fuerza, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión de los circuitos del alimentador y ramal hasta la salida más lejana no supere al 5%.

#### 4.1.1. Cálculo de los circuitos ramales para tomacorrientes instalados en los salones de clase.

Los cálculos para los conductores de tomacorrientes para salones se realizan una vez ya que todos los salones disponen de la misma configuración para los tomacorrientes.

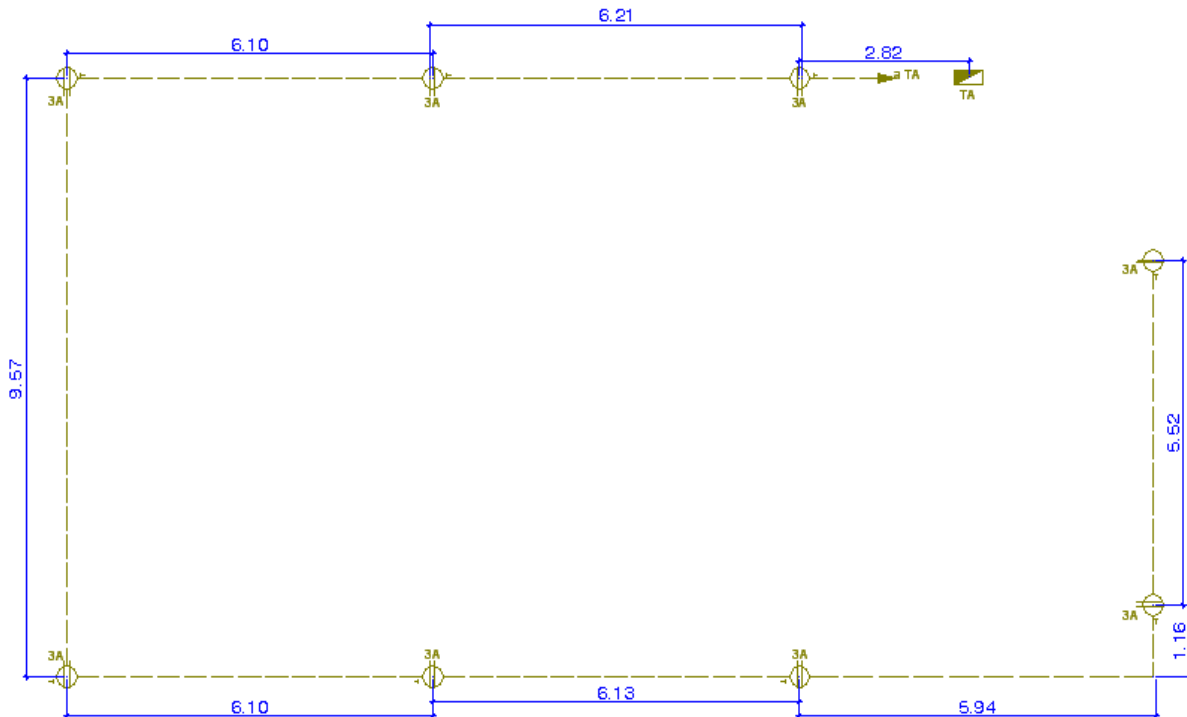
La NTC 2050 en el artículo 220-3-c) dice que la carga mínima para tomacorrientes sencillo o múltiple es de 180 (VA) pero para el diseño de los circuitos ramales en los salones de clase serán utilizados 100 (VA) ya que la probabilidad de que se conecten a los tomas de un salón de clase 180 VA es casi nula y así no quedará sobredimensionado el circuito.

Hay que tener presente las siguientes alturas con respecto al piso y el circuito topológico.

(Tabla 8). Alturas medidas desde el piso.

Tomacorriente.	0,9 m
Tablero de distribución (TA).	1,5 m
Techo.	5 m

- Ilustración 11. Circuito topológico de los tomacorrientes ubicados en los salones de clase.



MOMENTO DE POTENCIA:

$M_S =$

$$[1*(5,52+0,9+0,9)+2*(5,94+1,16+0,9+0,9)+3*(6,13+0,9+0,9)+4*(6,10+0,9+0,9)+5*(9,57+0,9+0,9)+6*(6,10+0,9+0,9)+7*(6,21+0,9+0,9)+8*(2,82+0,9+1,5)]*100$$

$M_S = 28,259 \text{ KVA-m}$

CÁLCULO DE  $K_G$ :

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_c M_S}$$

Donde

$$V_L=208 \text{ (V)},$$

$$\delta\% = 3\%$$

Fc= Para el tipo de conexión empleada, monofásica, proveniente de una subestación trifásica, según la tabla 3.26 de la ESSA el Fc=6. (Ver anexos tabla 14).

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_c \cdot M_s} = \frac{(208)^2 \cdot 3}{6 \cdot 28,259} = 765,49$$

### SELECCIÓN DEL CONDUCTOR:

A partir de este valor de Kg, en la tabla 3.25 de la Norma para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución, se determina el tipo de conductor a emplear para cumplir con las especificaciones de regulación.

El valor de Kg que se ajusta para un Cosφ=0,9 es el del conductor número 12 AWG THW, el cual tiene un valor de Kg=532,18 que está por debajo del valor calculado (Ver anexos tabla 15).

### CÁLCULO DE REGULACION:

$$\delta\% = \frac{F_c \cdot K_G \cdot M_s}{V_L^2} \Rightarrow \delta\% = \frac{6 \cdot 532,18 \cdot 28,259}{208^2}$$

$$\delta\% = 2,08\%$$

El valor de regulación  $\delta\% = 2,08\%$  cumple con el criterio ya que da menos del 3%.

El conductor N°12 THW, también cumple el requisito de capacidad de corriente sin importar que se le asignen 180 VA a cada toma, ya que si tenemos 8 tomas el circuito tendrá una carga de 1440 VA y dividiendo por la tensión se obtiene  $1440\text{VA}/120\text{V}=12\text{(A)}$  y el conductor N°12 Cu AWG THW tiene una capacidad de corriente de 25[A] para una temperatura ambiente de 30°C que es la temperatura ambiente de Sincelejo. (Ver anexos tabla 16).

### CONDUCTOR DEL NEUTRO:

Por ser un circuito monofásico el conductor del neutro es del mismo calibre de la fase; es decir N° 12 Cu AWG THW.

### PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE:

La protección contra sobre corriente no debe superar los 15 (A). Se implementara un interruptor automático de 1x15 A.

### PUESTA A TIERRA:

Según Tabla 250-95 NTC 2050. Sirve alambre de Cu N° 14 AWG THW. (Ver anexos tabla 17)

### DUCTERÍA:

Según el artículo 518-4 de la NTC 2050 dice que para instituciones educativas los métodos de alambrado fijos deben ser canalizaciones metálicas o no metálicas enterradas en concreto a una profundidad no inferior a 50 mm, por esta razón se utilizará tubo conduit metálico intermedio (tipo IMC). De acuerdo a la Tabla C4 pág. 990 de la NTC 2050, para tres conductores número 12 AWG THW (3#12 AWG THW) se puede emplear un ducto conduit metálico intermedio tipo IMC de 1/2" (ver anexos tabla 18). Este tubo tiene la capacidad de albergar cinco conductores.

#### **4.1.2. Cálculo de los circuitos ramales para el alumbrado de los salones de clase.**

Los cálculos para los circuitos ramales del alumbrado para salones se realizarán una vez, ya que los otros dos salones disponen del mismo número y disposición de las luminarias.

La NTC 2050 en el artículo 220-3-c) dice que una salida para elementos de alumbrado empotrados debe tener la máxima capacidad nominal en VA para la que esté calculado dicho elemento. Además la NTC en el

artículo 220-3-a) dice que la capacidad nominal de un circuito ramal no debe ser menor a la carga no continua más el 125% de la carga continua, para el cálculo de los circuitos ramales para el alumbrado de los salones se ha estipulado que las luminarias son cargas continuas ya que se estipula que estarán encendidas durante tres horas o más. La lámpara utilizada para iluminar los salones tiene una potencia nominal de 58 W a una tensión de 120V con FP=0,9 inductivo. La corriente nominal es de  $I_n=0,53$  A.

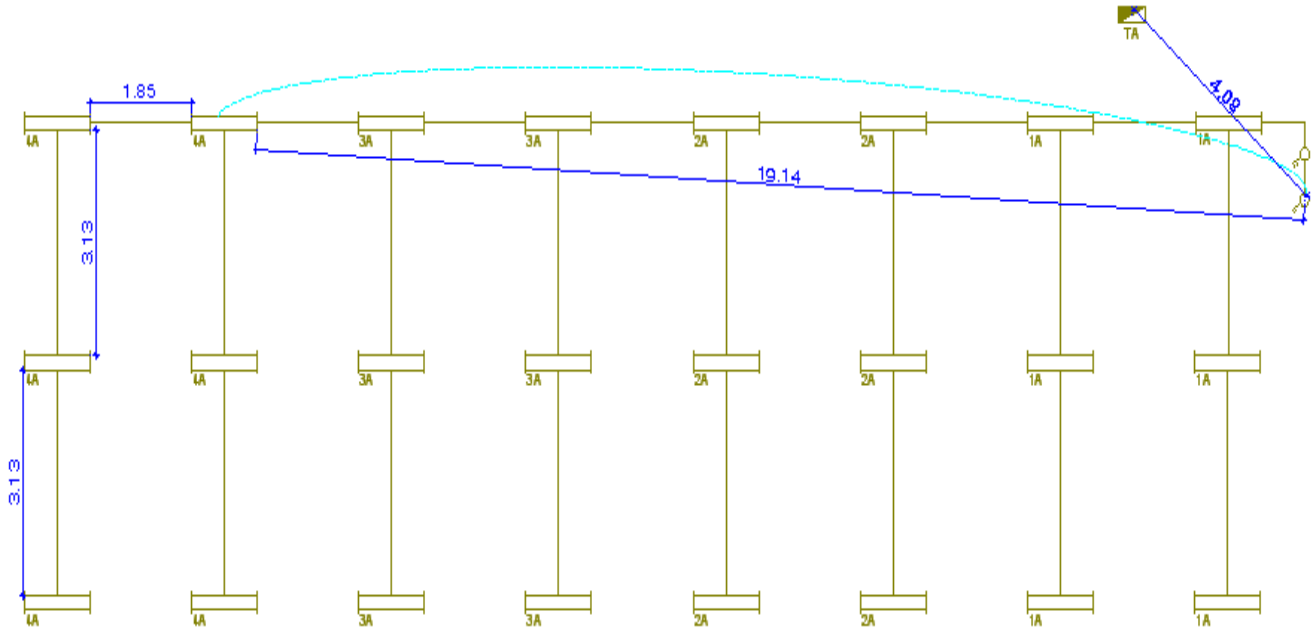
$S_n=2*0,53*120=127,2$  VA. Se dispone alimentar 6 luminarias por circuito.

Para la regulación hay que tener presente las siguientes alturas con respecto al piso y el circuito topológico, el punto más desfavorable es la luminaria ubicada en la esquina inferior izquierda. Esta luminaria pertenece al circuito 4.

**(Tabla 9). Alturas medidas desde el piso.**

Luminaria.	4 m
Tablero de distribución (TA).	1,5 m
Techo.	5 m
Interruptor	1,2 m

## Ilustración 12. Circuito topológico de las luminarias en los salones.



### MOMENTO DE POTENCIA:

$M_S =$

$$[1 \cdot (3,13 + 1 + 1) + 2 \cdot (3,13 + 1 + 1) + 3 \cdot (1,85 + 1 + 1) + 6 \cdot (19,14 + 1 + 3,8) + 6,5 \cdot (4,08 + 1,5 + 1,2)] \cdot 127,2$$

$$M_S = 27,303 \text{ KVA-m}$$

### CÁLCULO DE $K_g$ :

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_c \cdot M_S}$$

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_c \cdot M_S} = \frac{(208)^2 \cdot 3}{6 \cdot 27,303} = 792,29$$

### SELECCIÓN DEL CONDUCTOR:

Sirve el conductor número 12 AWG THW con un valor de  $K_g = 532,18$  para un  $\cos\phi = 0,9$ . (Ver anexos tabla 15).

### CÁLCULO DE REGULACIÓN:

$$\delta\% = \frac{F_c \cdot K_G \cdot M_s}{V_L^2} \Rightarrow \delta\% = \frac{6 \cdot 532,18 \cdot 27,303}{208^2}$$

$$\delta\% = 2,015\%$$

### CORRIENTE DEL CONDUCTOR:

$$I_n = \frac{6 \cdot 127,2}{120} = 6,36 \text{ A} = 7 \text{ A} \rightarrow I_c = 7 \cdot 1,25 = 8,75 \text{ A.}$$

Sirve el conductor N°12 Cu AWG THW que tiene una capacidad de corriente de 25 A. Hay que tener presente que la capacidad de corriente de este conductor se ajusta en un 70% de su capacidad nominal es decir  $25 \cdot 0,7 = 17,5$  A. Esta disminución de la capacidad de corriente es debido a que en la tubería se encuentran 9 conductores y de acuerdo a la NTC 2050 nota 8.a) de las tablas 310-16 hasta 310-19.

### CONDUCTOR DEL NEUTRO:

Por ser un circuito monofásico el conductor del neutro es del mismo calibre de la fase, es decir N° 12 Cu AWG THW.

### PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE:

La protección contra sobre corriente no debe superar los 15 (A). Se colocará un interruptor automático de 1x15 A.

### PUESTA A TIERRA:

Según Tabla 250-95 NTC 2050. Sirve alambre de Cu N° 14 AWG. (Ver anexos tabla 17)

### DUCTERÍA:

Para alimentar las 24 luminarias se tienen cuatro circuitos. Cada uno de ellos alimenta 6 luminarias, los ductos pertenecientes al circuito 1 que alimentan las luminarias ubicadas al lado derecho de los salones deben tener una capacidad de albergar 9 conductores N° 12 AWG, (4 conductores no puestos a tierra, 4 conductores puestos a tierra y un conductor de puesta a tierra) esto se debe a

que por este ducto se llevarán los conductores que alimentan el circuito 1, 2,3 y 4. De acuerdo a la Tabla C4 página 990 de la NTC 2050, para nueve conductores número 12 THW (9#12 THW) se puede emplear un ducto conduit metálico intermedio tipo IMC de 3/4" (ver anexos tabla 14). Este tubo tiene la capacidad de albergar nueve conductores.

En los tramos del circuito donde se dispone de cinco y tres conductores se usará tubo conduit metálico intermedio tipo IMC de 1/2" (ver anexos tabla 18). Este tubo tiene la capacidad de albergar cinco conductores.

#### **4.1.3. Cálculo de los circuitos ramales para alumbrado y tomacorrientes en los baños, cuarto eléctrico y el almacén.**

La lámpara utilizada para iluminar estos recintos tiene una potencia nominal de 58 W a una tensión de 120V con FP=0,9 inductivo. La corriente nominal es de  $I_n=0,53$  A.

$$S_n=2*0,53*120=127,2 \text{ VA,}$$

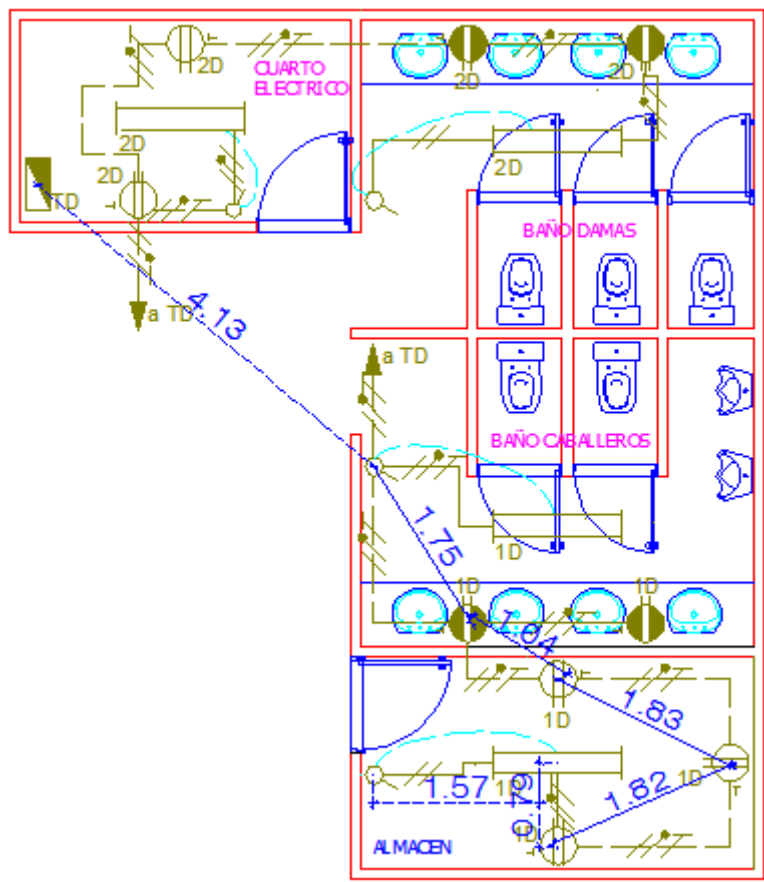
Para el cálculo de estos circuitos ramales, se le asignara a las luminarias 127,2 (VA) y para los tomacorrientes 100 (VA) en cuanto la regulación. Para los cálculos de capacidad amperimétrica del circuito ramal. Para cada tomacorrientes sencillo o múltiple la carga será de 180 (VA) tal y como lo estipula la NTC 2050 en el artículo 220-3-c).

Para la regulación hay que tener presente las siguientes alturas con respecto al piso y el circuito topológico, el punto más desfavorable es la luminaria ubicada en el Almacén, esta luminaria pertenece al circuito 1.

(Tabla 10). Alturas medidas desde el piso.

Luminaria.	4 m
Tablero de distribución (TD).	1,5 m
Techo.	4 m
Interruptor.	1,2 m
Tomacorriente.	0,9 m
Tomacorriente GFCI.	1,3 m

✓ Ilustración 13. Circuito topológico para alumbrado y tomacorrientes de los baños, cuarto eléctrico y el almacén.



MOMENTO DE POTENCIA.

$M_s =$

$$(2,8+1,57) \cdot 50 + (0,79+3,1) \cdot 127,2 + (1,82+0,9+0,9) \cdot (127,2+100) + (1,83+0,9+0,9) \cdot (127,2+2 \cdot 100) + (1,04+0,9+1,3) \cdot (127,2+3 \cdot 100) + (1,75+1,3+1,2) \cdot (127,2+5 \cdot 100) + (4,13+1,2+1,5) \cdot (2 \cdot 127,2+5 \cdot 100+50).$$

$M_s = 12,267 \text{ KVA-m}$

### CÁLCULO DE Kg:

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_c \cdot M_s}$$

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_c \cdot M_s} = \frac{(208)^2 \cdot 3}{6 \cdot 12,267} = 1763,43$$

### SELECCIÓN DEL CONDUCTOR:

Sirve el conductor número 14 AWG THW con un valor de Kg=842,141 para un  $\cos\phi=0,9$ . (Ver anexos tabla 15).

### CÁLCULO DE REGULACIÓN:

$$\delta\% = \frac{F_c \cdot K_G \cdot M_s}{V_L^2} \Rightarrow \delta\% = \frac{6 \cdot 842,141 \cdot 12,267}{208^2}$$

$$\delta\% = 1,43\%$$

### CORRIENTE DEL CONDUCTOR:

El circuito 1 dispone de 5 tomacorrientes y 2 lámparas, tomando las lámparas como cargas continuas. La capacidad nominal del circuito es:

$$S_n = (5 \cdot 180) + (2 \cdot 127,2 \cdot 1,25) = 1218 \text{ (VA)}$$

$I_n = 1218/120 = 10,5$  (A), el conductor N°14 Cu AWG THW tiene una capacidad de corriente de 20[A] para una temperatura ambiente de 30°C que es la temperatura ambiente de Sincelejo. (Ver anexos tabla 16).

El circuito 2 dispone de 4 tomacorrientes y 2 lámparas, tomando las lámparas como cargas continuas. La capacidad nominal del circuito es:

$$S_n = (4 \cdot 180) + (2 \cdot 127,2 \cdot 1,25) = 1038 \text{ (VA)}$$

$I_n = 1038/120 = 8,65$  (A), sirve el conductor N°14 Cu AWG THW. (Ver anexos tabla 16).

#### CONDUCTOR DEL NEUTRO:

Circuito monofásico el conductor del neutro es del mismo calibre de la fase, es decir N° 14 Cu AWG THW.

#### PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE:

Se colocará un interruptor automático de 1x15 A.

#### PUESTA A TIERRA:

Según Tabla 250-95 NTC 2050. Alambre de Cu N° 14 AWG. (Ver anexos tabla 18)

#### DUCTERÍA:

De acuerdo a la Tabla C4 página 990 de la NTC 2050, para tres conductores numero 14 THW (3#14 THW) se puede emplear un ducto conduit metálico intermedio tipo IMC de 1/2" (ver anexos tabla 18).

#### **4.1.4. Cálculo tipo de los circuitos ramales para los equipos de aire acondicionado.**

Cada salón de clase dispone de dos equipos de aire acondicionado. Cada uno de estos equipos se alimenta del tablero (TD).

Cada equipo de aire acondicionado contiene:

**(Tabla 11). Descripción de los equipos de Aire Acondicionados.**

ELEMENTO	CANTIDAD	FASES	POTENCIA	CORRIENTE NOMINAL	TENSIÓN NOMINAL
Motocompresor	1	3	7½ HP	22 A	208 V
Motor	1	3	1 HP	2,5 A	208 V
Motor	2	1	½ HP	3,5 A	120 V

- **Potencia de los motocompresores.**

$$S_n = \sqrt{3} \cdot 208 \cdot 22 = 7925,864 \text{ VA}$$

- **Potencia del motor trifásico.**

$$S_n = \sqrt{3} \cdot 208 \cdot 2,5 = 900,6664 \text{ VA}$$

- **Potencia del motor monofásico.**

$$S_n = 2 \cdot 120 \cdot 3,5 = 840 \text{ VA}$$

La potencia total es:

$$S_{\text{total}} = 9666,53 \text{ VA}$$

### CÁLCULO DE REGULACIÓN:

El equipo de refrigeración que se encuentra más lejano al tablero de distribución (TD) es aquel que se encuentra en la parte inferior del laboratorio de maquinas eléctricas, la longitud del alimentador es de:

$$L = 1,5 + 4 + 26,6 = 32,1 \text{ (m)}$$

### CÁLCULO DEL MOMENTO:

$$M = S_n \cdot L = 9,66653 \cdot 32,1 = 310,2956 \text{ KVA-m}$$

### CÁLCULO DE Kg:

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F \cdot C \cdot M_s} = \frac{(208)^2 \cdot 3}{1 \cdot 310,2956} = 418,285$$

Sirve el conductor número 8 AWG THW con un valor de Kg=217,607 para un Cosφ=0,9. (Ver anexos tabla 15).

### REGULACIÓN:

$$\delta\% = \frac{F_c \cdot K_G \cdot M_s}{V_L^2} \Rightarrow \delta\% = \frac{1 \cdot 217,607 \cdot 310,2956}{208^2}$$

$$\delta\% = 1,56\%$$

### CORRIENTE DEL CONDUCTOR:

De la tabla 430-148 y 430-150 se obtienen las corrientes de los motores que son:

Para el motor trifásico=  $I_n=4,6$  A.

Para el motor monofásico=  $I_n=5,4$  A.

La NTC 2050 en el artículo 440-33. Dice que los conductores de los circuitos ramales que alimenten uno o más motocompresores con o sin cargas adicionales deben tener una capacidad de corriente no menor a este valor.

$$I_n=(22)+(4,6+2 \cdot 5,4)+(0,25 \cdot 22)=42,9 \text{ (A)}.$$

Sirve el conductor N°8 Cu AWG THW que tiene una capacidad de corriente de 50[A] para una temperatura ambiente de 30°C que es la temperatura ambiente de Sincelejo.

### CONDUCTOR DEL NEUTRO:

En estos circuitos se necesitan los 120 V ya sea para alimentar algunos elementos de los equipos de refrigeración o para cuestiones de mantenimiento, por esta razón llevará un conductor neutro. El conductor neutro se dimensiona al 70% de la capacidad de corriente del conductor de fase, esto al ser una configuración trifásica tetrafilar.

$0,7 \cdot 42,9 = 30,03$  A. Sirve el conductor N°10 Cu AWG THW que tiene una capacidad de corriente de 35[A] para una temperatura ambiente de 30°C.

#### PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA:

Según artículo 440-22.b).1) se tiene que la capacidad de corriente o ajuste de disparo del dispositivo de protección del circuito ramal contra cortocircuito y falla a tierra no debe superar el siguiente valor:

$$I_{pcc} = (1,75 \cdot 22) + (4,6 + 2 \cdot 5,4) = 53,9 \text{ A.}$$

En la protección contra cortocircuito y falla a tierra se emplea un interruptor automático de tiempo inverso de 3x50 A.

#### PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA:

Los motocompresores y los motores están protegidos contra sobrecarga por medio de un protector térmico.

#### PUESTA A TIERRA:

Según Tabla 250-95 NTC 2050. Alambre de Cu N° 10 AWG. (Ver anexos tabla 17)

#### DUCTERÍA:

Para cinco conductores número 8 AWG THW (5#8 THW) se emplea un ducto conduit metálico intermedio tipo IMC de 1". De acuerdo a la Tabla C4 página 990 de la NTC 2050.

#### 4.1.5. Cálculo de los circuitos ramales para los bancos de trabajo ubicados en el laboratorio de circuitos eléctricos.

Los cálculos para los circuitos ramales para los bancos de trabajo, ubicados en el laboratorio de circuitos eléctricos, son los mismos cálculos para los bancos de trabajo ubicados en el laboratorio de electrónica; ya que los aparatos y la ubicación de los mismos son iguales en ambos laboratorios.

Los siguientes aparatos son los que están instalados en cada banco de trabajo.

**(Tabla 12). Tipos de aparatos.**

Aparato.	Fases.	Tensión (V).	Corriente (A).
Generador de señales.	1	120	0,6
Osciloscopio.	1	120	1,25
Fuente de corriente continua.	1	120	2

Cada banco de trabajo tiene dos tomacorrientes dobles y a cada uno de estos tomas se le asignará una corriente de 2(A), ya que es el caso más desfavorable.

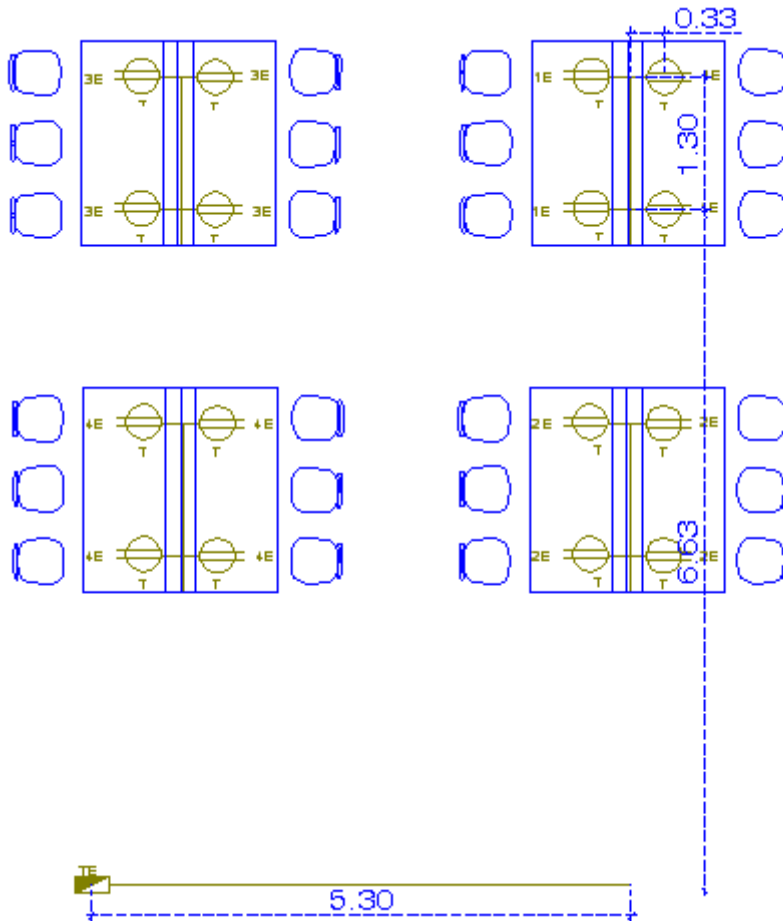
$$S_n = 2 * 120 = 240 \text{ VA.}$$

Para los cálculos de regulación se tiene presente que cada circuito alimenta cuatro tomacorrientes lo que corresponde a dos bancos adyacentes, adicionalmente hay que tener presente las siguientes alturas con respecto al piso sabiendo que los circuitos salen del tablero de distribución para aparatos y entran desde arriba a los bancos de trabajo por un costado, el punto más desfavorable son los bancos de trabajo ubicados en la parte superior derecha, el circuito que llega a estos bancos de trabajo es el circuito 1.

**(Tabla 13). Alturas medidas desde el piso.**

Banco de trabajo.	0,8 m
Tomacorriente.	1 m
Tablero de distribución para aparatos (TE).	1,5 m
Techo.	5 m

- **Ilustración 14. Circuito topológico para los bancos de trabajo.**



**MOMENTO DE POTENCIA.**

$$M_S = [2 \cdot (1,30 + 0,33) + 4 \cdot (4 + 6,63 + 5,30 + 3,5)] \cdot 240$$

$$M_S = 19,4352 \text{ KVA-m}$$

### CÁLCULO DE Kg:

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_c \cdot M_s}$$

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_c \cdot M_s} = \frac{(208)^2 \cdot 3}{6 \cdot 19,4352} = 1113.03$$

### SELECCIÓN DEL CONDUCTOR:

Sirve el conductor número 14 AWG THW con un valor de Kg=842,141 para un Cosφ=0,9. (Ver anexos tabla 15).

### CÁLCULO DE REGULACIÓN:

$$\delta\% = \frac{F_c \cdot K_G \cdot M_s}{V_L^2} \Rightarrow \delta\% = \frac{6 \cdot 842,141 \cdot 19,4352}{208^2}$$

$$\delta\% = 2,26\%$$

### CORRIENTE DEL CONDUCTOR:

Sn=(2\*120)=240(VA). Teniendo 4 tomacorrientes por circuito y asumiendo que los aparatos son cargas continuas se tiene que:

$$S_n = (4 \cdot 240 \cdot 1,25) = 1200$$

In=1200/120=10 (A), el conductor N°14 Cu AWG THW tiene una capacidad de corriente de 20[A] para una temperatura ambiente de 30°C que es la temperatura ambiente de Sincelejo. (Ver anexos tabla 16).

### CONDUCTOR DEL NEUTRO:

Por ser un circuito monofásico el conductor del neutro es del mismo calibre de la fase es decir N° 14 Cu AWG THW.

### PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE:

Se colocara un interruptor automático de 1x15 A.

#### PUESTA A TIERRA:

Según Tabla 250-95 NTC 2050. Alambre de Cu N° 14 AWG. (Ver anexos tabla 17).

#### DUCTERÍA:

Para tres conductores numero 14 AWG THW (3#14 THW) se emplea un ducto conduit metálico intermedio tipo IMC de 1/2". De acuerdo a la Tabla C4 página 990 de la NTC 2050.

#### **4.1.6. Cálculo de los de los circuitos ramales para los motores ubicados en los laboratorios de máquinas eléctricas.**

**(Tabla 14). Tipos de máquinas (motores).**

Máquina	Sigla	Fases	Potencia	Tensión nominal	Corriente nominal
Motor trifásico.	M1-M6	3	2(HP)	208(V)	6(A)
Motor monofásico.	M7-M12	1	3/4(HP)	120(V)	7(A)
Motor de corriente continua.	M13-M18	1	1/3(HP)	120(V)	5(A)

**(Tabla 15). Tipos de Máquinas (Transformadores).**

Máquina	Sigla	Fases	Potencia	Tensión nominal primario	Tensión nominal secundario	Corriente nominal primario	Corriente nominal secundario
Transformador trifásico.	M19-M24	3	8(kVA)	208(V)	127(V)	23(A)	39(A)
Autotransformador	M25-M30	3	4(kVA)	208(V)	0-450(V)	12(A)	6(A)
Transformador monofásico.	M31-M36	1	2(kVA)	120(V)	440(V)	17(A)	5(A)

#### **4.1.6.1. Cálculo de los circuitos ramales para los motores eléctricos.**

##### **PARA LOS MOTORES M1-M6:**

La potencia nominal es la siguiente.

$$I_n = 6 \text{ (A)}.$$

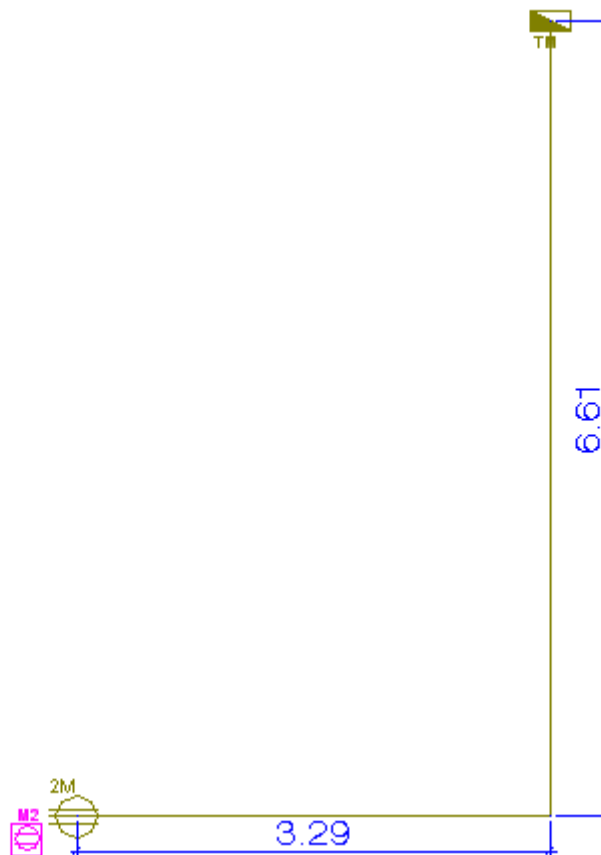
$$S_n = \sqrt{3} * 208 * 6 = 2161,6 \text{ VA}.$$

Para los cálculos de regulación se tiene presente que cada circuito es independiente y que el punto más desfavorable es el circuito 2 que alimenta el toma que pertenece al banco 2.

**(Tabla 16). Alturas medidas desde el piso.**

Banco de trabajo.	0,8 m
Tomacorriente trifásico.	1 m
Tablero de distribución para máquinas (TM).	1.5 m
Techo.	5 m

- **Ilustración 15. Circuito topológico.**



### MOMENTO DE POTENCIA:

$$M_S = [1 \cdot (6.61 + 3.29 + 4 + 3.5)] \cdot 2161,6$$

$$M_S = 37,6118 \text{ KVA-m}$$

### CÁLCULO DE Kg:

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_c M_S}$$

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_c M_S} = \frac{(208)^2 \cdot 3}{1 \cdot 37,6118} = 3450,832$$

### SELECCIÓN DEL CONDUCTOR:

Sirve el conductor número 12 AWG THW con un valor de  $K_G = 476,467$  para un  $\cos\phi = 0,8$ . (Ver anexos tabla 15).

### CÁLCULO DE REGULACIÓN:

$$\delta\% = \frac{F_c K_G M_S}{V_L^2} \Rightarrow \delta\% = \frac{1 \cdot 476,467 \cdot 37,6118}{208^2}$$

$$\delta\% = 0,4142\%$$

### CORRIENTE DEL CONDUCTOR:

Según artículo 430-22.a). Los conductores de los circuitos ramales que alimenten un solo motor deben tener una capacidad de corriente no menor al 125% de la corriente nominal del motor a plena carga. La corriente a plena carga se obtiene de la tabla 430-150 de la NTC 2050.

$$I_n = 7,5 \cdot 1,25 = 9,375 \text{ (A) por fase.}$$

Sirve el conductor N°12 Cu AWG THW tiene una capacidad de corriente de 25[A]. (Ver anexos tabla 16).

### CONDUCTOR DEL NEUTRO:

Por ser un circuito trifásico no lleva conductor neutro.

### PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA:

Para la protección contra cortocircuito y falla a tierra se debe emplear un dispositivo protector con una capacidad nominal que no supere el valor calculado de acuerdo a los valores dados en la Tabla 430-152 según artículo 430-52.c).1) (Ver anexos tabla 20).

$$I_{pcc}=1,75*7,5=13,125.$$

En la protección contra cortocircuito y falla a tierra se emplea un fusible con retardo de tiempo (elemento dual) de 3x15 A.

NOTA: Según el artículo 430-52.c).1) excepción 1, si lo definido en la tabla 430-152 no es estándar en el equipo a usar se puede usar el estándar inmediatamente superior.

### PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA:

La Protección contra sobrecarga debe tener una capacidad no menor al 115% de la corriente nominal por placa de características del motor a plena carga según la NTC 2050 Artículo 430-32.

$$I_{psc}=1,15*6=7 \text{ A}$$

Se emplea protección contra sobrecarga del motor de 3x15 A.

### MEDIO DE DESCONEXIÓN:

Según el artículo 430-109 Excepción 3). Se permite que, para un motor estacionario de 2 HP nominales o menos y 300 V o menos, el medio de desconexión sea un interruptor de uso general de una capacidad no menor al doble de la corriente del motor a plena carga. Este interruptor debe abrir todos los conductores de suministro no puestos a tierra.

$I_{nd}=2*7,5=15(A)$ . Se utiliza un interruptor manual con capacidad 3x15 A

### PUESTA A TIERRA:

Según Tabla 250-95 NTC 2050. Alambre de Cu N° 14 AWG THW. (Ver anexos tabla 17).

### DUCTERÍA:

Para cuatro conductores numero 12 AWG THW (4#12 THW) se emplea un ducto conduit metálico intermedio tipo IMC de 1/2". De acuerdo a la Tabla C4 página 990 de la NTC 2050.

### PARA LOS MOTORES M7-M12 y M13-M18:

Según las Tablas 430-147 y 430-148 de la NTC 2050 las corrientes a plena carga son. (Ver anexos Tabla 19).

$I=13,2$  (A). Para los motores M7-M12.

$I=4,1$  (A). Para los motores M13-M18.

Los cálculos se hacen basados en una  $I_n$  de 13,2 (A) ya que es el caso más desfavorable.

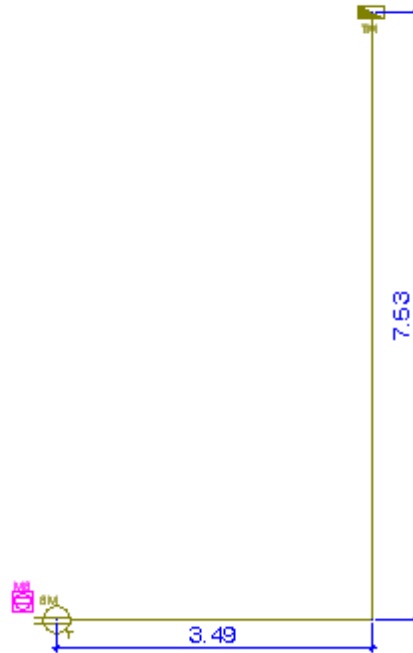
$$S_n=120*7=840 \text{ VA.}$$

Para los cálculos de regulación se tiene presente que cada circuito es independiente y que el punto más desfavorable es el circuito 8 que alimenta el toma que pertenece a el banco 2.

### **(Tabla 17). Alturas medidas desde el piso.**

Banco de trabajo.	0,8 m
Tomacorriente monofásico.	1 m
Tablero de distribución para máquinas (TM).	1.5 m
Techo.	5 m

• Ilustración 16. Circuito topológico.



MOMENTO DE POTENCIA.

$$M_S = [1 \cdot (3.49 + 7.53 + 4 + 3.5)] \cdot 1656$$

$$M_S = 15,556 \text{ KVA-m}$$

CÁLCULO DE  $K_G$ :

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_c \cdot M_S}$$

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_c \cdot M_S} = \frac{(208)^2 \cdot 3}{6 \cdot 15,556} = 1390,589$$

CORRIENTE DEL CONDUCTOR:

Según artículo 430-22.a). Los conductores de los circuitos ramales que alimenten un sólo motor deben tener una capacidad de corriente no menor al 125% de la corriente nominal del motor a plena carga.

$I_n = 13,2 * 1,25 = 16,5$  (A) por fase.

Sirve el conductor N°12 Cu AWG THW tiene una capacidad de corriente de 25[A]. (Ver anexos tabla 16).

#### SELECCIÓN DEL CONDUCTOR:

Para un  $\text{Cos}\phi = 0,8$  sirve el conductor número 12 AWG THW, el cual tiene un valor de  $K_g = 476,467$  que está por debajo del valor calculado (Ver anexos tabla 15).

#### CÁLCULO DE REGULACIÓN:

$$\delta\% = \frac{F_c \cdot K_g \cdot M_s}{V_L^2} \Rightarrow \delta\% = \frac{6 * 476,467 * 15,556}{208^2}$$

$$\delta\% = 1,0279\%$$

#### CONDUCTOR DEL NEUTRO:

Circuito monofásico el conductor del neutro es del mismo calibre de la fase es decir N° 12 Cu AWG THW.

#### PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA:

Según la Tabla 430-152 de la NTC 2050. (Ver anexos tabla 20).

$$I_{pcc} = 1,75 * 13,2 = 23,1.$$

En la protección contra cortocircuito y falla a tierra se emplea un fusible con retardo de tiempo (elemento dual) de 1x30 A.

#### PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA:

Según la NTC 2050 Artículo 430-32.

$$I_{psc} = 1,15 * 7 = 8,05 \text{ A}$$

Se emplea protección contra sobrecarga del motor de 1x15 A.

### MEDIO DE DESCONEXIÓN:

Según el artículo 430-109 Excepción 3).

$I_{nd}=2*13,2=26,4(A)$ . Se utiliza un interruptor manual con capacidad 1x30 A

### PUESTA A TIERRA:

Según Tabla 250-95 NTC 2050. Alambre de Cu N° 12 AWG THW. (Ver anexos tabla 17).

### DUCTERÍA:

Para siete conductores numero 12 AWG THW (7#12 THW) se emplea un ducto conduit metálico intermedio tipo IMC de 3/4". De acuerdo a la Tabla C4 página 990 de la NTC 2050. (ver anexos tabla 18).

### **4.1.6.2. Cálculo de los circuitos ramales para los transformadores eléctricos.**

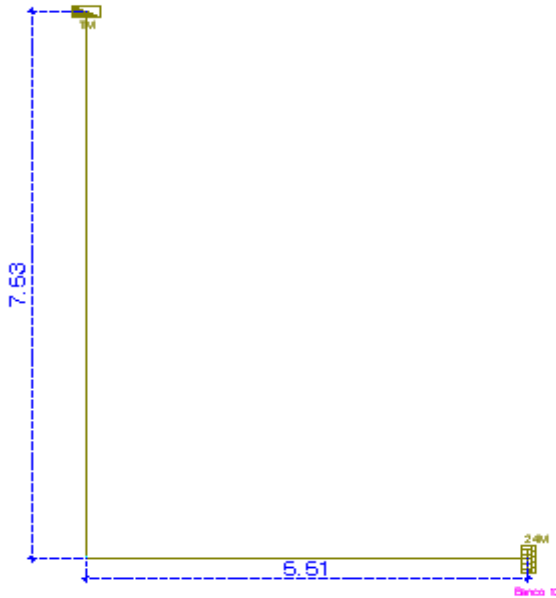
Los cálculos se harán basados en al transformador trifásico, el cual tiene una potencia nominal de  $S_n=8000$  VA. Este es el caso más desfavorable.

Para los cálculos de regulación se tiene presente que cada circuito es independiente y que el punto más desfavorable es el circuito 24 que alimenta los terminales de conexión que pertenece al banco 12.

### **(Tabla 18). Alturas medidas desde el piso.**

Banco de trabajo.	0,8 m
Terminales de conexión.	1 m
Tablero de distribución para máquinas (TM).	1.5 m
Techo.	5 m

• **Ilustración 17. Circuito topológico.**



MOMENTO DE POTENCIA.

$$M_s = [1 \cdot (7.63 + 5.51 + 4 + 3.5)] \cdot 8000$$

$$M_s = 165,12 \text{ KVA-m}$$

CÁLCULO DE  $K_g$ :

$$K_g = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_c M_s}$$

$$K_g = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_c M_s} = \frac{(208)^2 \cdot 3}{1 \cdot 165,12} = 786,046$$

SELECCIÓN DEL CONDUCTOR:

Sirve el conductor número 10 AWG THW con un valor de  $K_g = 320,1481$  para un  $\cos\phi = 0,85$ . (Ver anexos tabla 15).

### CÁLCULO DE REGULACIÓN:

$$\delta\% = \frac{F_c \cdot K_G \cdot M_S}{V_L^2} \Rightarrow \delta\% = \frac{1 \cdot 320,1481 \cdot 165,12}{208^2}$$

$$\delta\% = 1,22\%$$

### CORRIENTE DEL CONDUCTOR:

$I_n=23$  (A), el conductor N°10 Cu AWG THW tiene una capacidad de corriente de 35[A] para una temperatura ambiente de 30°C que es la temperatura ambiente de Sincelejo. (Ver anexos tabla 16).

### CONDUCTOR DEL NEUTRO:

Debido a que en estos terminales también se conectarán transformadores monofásicos, el conductor del neutro es del mismo calibre de las fases, es decir N° 10 Cu AWG THW.

### PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE:

Según la NTC 2050 Artículo 450-3.b). Excepción 1.

$$I_{pp}=1,25 \cdot 23=28,75(A).$$

Se colocará un interruptor automático de 3x30 A.

### MEDIO DE DESCONEXIÓN:

$I_{nd}=2 \cdot 22=44(A)$ . Se utiliza un interruptor manual con capacidad 3x50 A

### PUESTA A TIERRA:

Según Tabla 250-95 NTC 2050. Alambre de Cu N° 10 AWG. (Ver anexos tabla 17)

### DUCTERÍA:

Para cinco conductores numero 10 AWG THW (5#10 THW) se emplea un ducto conduit metálico intermedio tipo IMC de 3/4". De acuerdo a la Tabla C4 página 990 de la NTC 2050. (ver anexos tabla 18).

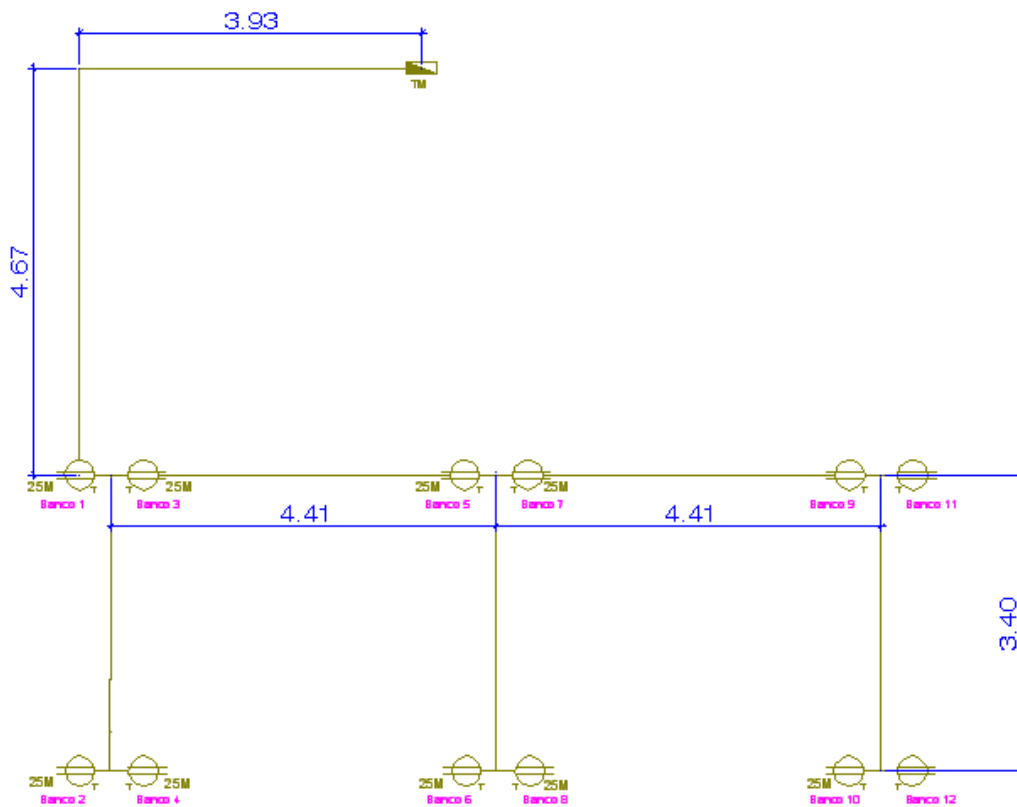
### 4.1.6.3. Cálculo de los circuitos ramales para los tomacorrientes de uso general.

Para los cálculos de regulación se tiene presente que el punto más desfavorable es el tomacorriente que pertenece al banco 12.

**(Tabla 19). Alturas medidas desde el piso.**

Banco de trabajo.	0,8 m
Tomacorriente.	1 m
Tablero de distribución para máquinas (TM).	1,5 m
Techo.	5 m

- Ilustración 18. Circuito topológico.**



### MOMENTO DE POTENCIA.

$M_S =$

$$[2*(3,40+4+4)+4*(4,41+4+4)+8*(4,41+4+4)+12*(4.67+3.93+4+3.5)]*100$$

$$M_S = 36,492 \text{ KVA-m}$$

### CÁLCULO DE $K_G$ :

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_C \cdot M_S}$$

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_C \cdot M_S} = \frac{(208)^2 \cdot 3}{6 * 36,492} = 592,78$$

### SELECCIÓN DEL CONDUCTOR:

Sirve el conductor número 12 AWG THW con un valor de  $K_G = 532,18$  para un  $\cos\phi = 0,9$ . (Ver anexos tabla 15).

### CÁLCULO DE REGULACION:

$$\delta\% = \frac{F_C \cdot K_G \cdot M_S}{V_L^2} \Rightarrow \delta\% = \frac{6 * 532,18 * 36,49}{208^2}$$

$$\delta\% = 2,63\%$$

### CORRIENTE DEL CONDUCTOR:

El circuito 25 tiene 12 tomacorrientes, la capacidad nominal del circuito es:

$$S_n = (12 * 180) = 2160 \text{ (VA)}.$$

$I_n = 2160 / 120 = 18 \text{ (A)}$ , el conductor N°12 Cu AWG THW tiene una capacidad de corriente de 25[A] para una temperatura ambiente de 30°C que es la temperatura ambiente de Sincelejo. (Ver anexos tabla 16).

### CONDUCTOR DEL NEUTRO:

Por ser un circuito monofásico el conductor del neutro es del mismo calibre de las fases, es decir N° 12 Cu AWG THW.

### PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE:

Según Tabla 310-16 pie de página dice que la protección contra sobrecorriente no debe superar los 20 (A) para el conductor N°12. Se colocará un interruptor automático de 1x20 A.

### PUESTA A TIERRA:

Según Tabla 250-95 NTC 2050. Alambre de Cu N° 12 AWG. (Ver anexos tabla 17)

### DUCTERÍA:

De acuerdo a la Tabla C4 página 990 de la NTC 2050, para tres conductores número 12 THW (3#12 THW) se puede emplear un ducto conduit metálico intermedio tipo IMC de 1/2" (ver anexos tabla 18).

## **4.2. Tableros de distribución.**

Los tableros de distribución son aquellos que alimentan los circuitos ramales, y a su vez; estos tableros de distribución se alimentan del tablero general de servicios ubicado en el cuarto eléctrico.

Los tableros de distribución de servicios son trifásicos con puerta y chapa plástica, cerradura con el fin de garantizar la seguridad de la instalación y los usuarios de la instalación.

### **4.2.1. Cálculo tipo del alimentador para los tableros de distribución ubicados en los laboratorios.**

El cálculo tipo del alimentador para el tablero de distribución, se basa en el tablero de distribución, ubicado en el laboratorio de máquinas eléctricas (TA).

### CARGA INSTALADA:

La carga instalada comprende iluminación y salidas de tomacorrientes comunes. Según la NTC 2050 artículo 220-3.c). Dice que la carga para las salidas de elemento de alumbrado empotrados, debe tener la máxima capacidad nominal en VA para la que esté calculado y la carga para salidas de tomacorrientes es de 180 VA.

Teniendo 24 luminarias con una potencia de 127,2 VA cada una.

$$C_{i \text{ iluminación}} = 24 * 127,2 = 3052,8 \text{ (VA)}$$

Teniendo 8 salidas para tomacorrientes cada una de 180 VA

$$C_{i \text{ tomacorrientes}} = 8 * 180 = 1440 \text{ (VA)}$$

$$C_{i \text{ total}} = 4492,8 \text{ (VA)}$$

### DEMANDA MÁXIMA:

Las carga de iluminación se toma al 100% y la carga de los tomacorrientes al 40%.

$$D_{\text{max iluminación}} = C_{i \text{ iluminación}} = 3052,8 \text{ (VA)}$$

$$D_{\text{max tomacorrientes}} = 1440 * .4 = 576 \text{ (VA)}$$

$$D_{\text{max total}} = 3628,8 \text{ (VA)}$$

### CÁLCULO DE LA CORRIENTE:

La corriente máxima nominal se obtiene a partir de la demanda máxima del tablero.

$$I_n = \frac{D_{\text{max}}}{\sqrt{3} * V_l} = \frac{3628,8}{\sqrt{3} * 208} = 10,07254 \text{ (A)}$$

La capacidad de corriente de los conductores del alimentador no debe ser menor a 30 A Según Artículo 215-2.a) de la NTC 2050; por tanto se selecciona

el conductor calibre número 8 AWG THW con una capacidad de corriente de 50 A. De esta manera cuando se le aplique el factor de ajuste según el artículo 310-15 nota 8, cuando hay 4 conductores portadores de corriente en una canalización la capacidad de corriente del conductor se reduce un 80%. Para el cálculo de la corriente se tendrá que el conductor tiene una capacidad de corriente de  $50 \cdot 0,8 = 40(A)$ . Adicionalmente se tendrá presente futuras ampliaciones.

El conductor neutro se selecciona igual que los conductores de fase, calibre número 8 AWG THW con capacidad de corriente de 50 A.

#### CÁLCULO DE REGULACIÓN:

La regulación del alimentador no debe superar el valor de  $\rho\% = 2\%$  desde el Tablero de Distribución al Tablero General, ubicado en el cuarto de aseo a una altura de 1,5m del piso. La longitud del alimentador al tablero general es:

$$L = 1,5 + 19,75 + 1,5 = 22,75 \text{ (m)}.$$

#### CÁLCULO DEL MOMENTO:

$$M = D_{\max} \cdot L = 3,6288 \cdot 25,75 = 93,4416 \text{ KVA-m}$$

#### CÁLCULO DE Kg:

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_C \cdot MS} = \frac{(208)^2 \cdot 2}{1 \cdot 93,4416} = 926,0115$$

Sirve el conductor número 8 AWG THW con un valor de  $K_g = 217,607$  para un  $\text{Cos}\phi = 0,9$ . (Ver anexos tabla 15).

### REGULACIÓN:

$$\delta\% = \frac{F_c \cdot K_G \cdot M_s}{V_L^2} \Rightarrow \delta\% = \frac{1 \cdot 217,607 \cdot 93,4416}{208^2}$$

$$\delta\% = 0,4699\%$$

### PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE:

Para la protección se selecciona un totalizador de (3x20 A).

### PUESTA A TIERRA:

Según Tabla 250-95 NTC 2050. Alambre de Cu N° 12 AWG THW. (Ver anexos tabla 17).

### DUCTERÍA:

De acuerdo a la Tabla C4 página 990 de la NTC 2050, para cinco conductores número 8 THW (5#8 THW) se emplea un ducto conduit metálico intermedio tipo IMC de ¾" (ver anexos tabla 18).

### **4.2.2. Cálculo del alimentador para el tablero de distribución ubicado en cuarto eléctrico (TD).**

### CARGA INSTALADA:

La carga instalada comprende iluminación, salidas de tomacorrientes comunes y salidas para tomacorrientes de aire acondicionado. Cada equipo de refrigeración tiene una potencia nominal de 9 hp. Asignando un factor de potencia de 0,9 tenemos que la carga en VA es de 7456,999 VA

$$C_{i \text{ aires}} = 6 \cdot 7456,999 = 44741,99 \text{ VA}$$

Teniendo 4 luminarias con una potencia de 127,2 VA cada una.

$$C_i \text{ iluminación} = 4 * 127,2 = 508,8 \text{ (VA)}$$

Teniendo 9 salidas para tomacorrientes cada una de 180 VA

$$C_i \text{ tomacorrientes} = 9 * 180 = 1620 \text{ (VA)}$$

$$C_i \text{ total} = 46870,79 \text{ (VA)}$$

### DEMANDA MÁXIMA:

La carga de iluminación y tomacorrientes de uso general se tomaran al 50% y la carga de los aires acondicionados al 80%

$$D_{\text{max iluminación}} = 508,8 * 0,5 = 254,4 \text{ (VA)}$$

$$D_{\text{max tomacorrientes}} = 1620 * 0,5 = 810 \text{ (VA)}$$

$$D_{\text{max aires}} = 44741,99 * 0,8 = 35793,59 \text{ (VA)}$$

$$D_{\text{max total}} = 36857,99 \text{ (VA)}$$

### CÁLCULO DE LA CORRIENTE:

$$I_n = \frac{D_{\text{max}}}{\sqrt{3} * V_l} = \frac{36857,99}{\sqrt{3} * 208} = 102,3076 \text{ (A)}$$

Sirve el conductor calibre número 2 AWG THW con una capacidad de corriente de 115 A.

La carga del neutro es la suma de las cargas de iluminación, tomas y los motores monofásicos de los aires acondicionados.

$$D_{\text{max iluminación}} = 254,4 \text{ (VA)}$$

$$D_{\text{max tomacorrientes}} = 810 \text{ (VA)}$$

$$D_{\text{max aires motores monofásicos}} = 6 * 840 = 5040 \text{ (VA)}$$

$$D_{\text{max total}} = 6104,4 \text{ (VA)}$$

$$I_n = \frac{D_{\max}}{V} = \frac{6104,4}{120} = 50,87 \text{ (A)}$$

Para el neutro sirve el número 6 AWG THW con capacidad de corriente de 65 A.

### CÁLCULO DEL MOMENTO:

La longitud del alimentador al tablero general es:

$$L=0.43=0,43 \text{ (m)}$$

$$M= D_{\max} *L= 36,85799*0.43=15,84894 \text{ KVA-m}$$

### CÁLCULO DE Kg:

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_C \cdot M_s} = \frac{(208)^2 \cdot 2}{1 * 15,84894} = 5459,545$$

Sirve el conductor número 2 AWG THW con un valor de Kg=57,8007 para un Cosφ=0,9. (Ver anexos tabla 15).

### REGULACIÓN:

$$\delta\% = \frac{F_C \cdot K_G \cdot M_s}{V_L^2} \Rightarrow \delta\% = \frac{1 * 57,8007 * 15,84894}{208^2}$$

$$\delta\% = 0,02117\%$$

### PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE:

Para la protección se selecciona un totalizador de (3x110 A).

### PUESTA A TIERRA:

Según Tabla 250-95 NTC 2050. Alambre de Cu N° 6 AWG. (Ver anexos tabla 17)

### DUCTERÍA:

Para cinco conductores numero 2 AWG THW (5#2 THW) se emplea un ducto conduit metálico intermedio tipo IMC de 1 1/4". De acuerdo a la Tabla C4 página 990 de la NTC 2050.

### **4.2.3. CÁLCULO TIPO DEL ALIMENTADOR PARA LOS TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN (TE, TF).**

El cálculo tipo del alimentador para el tablero de distribución, se basa en el tablero de distribución, ubicado en el laboratorio de circuitos eléctricos (TE).

### CARGA INSTALADA:

La carga instalada comprende salidas para los artefactos siguientes: generadores de señales, osciloscopios y fuentes de corriente. Los cálculos del alimentador se realizan tomando los valores nominales de estos aparatos y teniendo en cuenta que se dispone de 12 unidades de cada uno de estos aparatos.

- Generadores de señales=72 VA
- Osciloscopios=150 VA
- Fuentes de corriente=240 VA
- Carga Total Instalada  $= (12 \cdot 72) + (12 \cdot 150) + (12 \cdot 240) = 5544$  VA

### DEMANDA MÁXIMA:

Las cargas se toman al 100% ya que la posibilidad de que se conecten las cargas en su totalidad en las prácticas que se realizan en estos salones de clase o laboratorios es muy alta.

$$D_{\max} = C_{ti} = 5544 \text{ (VA)}$$

### CÁLCULO DE LA CORRIENTE:

$$I_n = \frac{D_{\max}}{\sqrt{3} \cdot V_l} = \frac{5544}{\sqrt{3} \cdot 208} = 15,38861 \text{ (A)}$$

La capacidad de corriente de los conductores del alimentador no debe ser menor a 30 A. Se selecciona el conductor calibre número 8 THW con una capacidad de corriente de 50 A.

Se selecciona el conductor neutro igual a los conductores de fase, número 8 THW con capacidad de corriente de 50 A.

### CÁLCULO DEL MOMENTO:

$$M = D_{\max} \cdot L = 5544 \cdot (24,77 + 1,5 + 1,5) = 153,9569 \text{ KVA-m}$$

### CÁLCULO DE Kg:

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_c \cdot M_s} = \frac{(208)^2 \cdot 2}{1 \cdot 153,9569} = 562,0274$$

El valor de Kg que se ajusta para un  $\text{Cos}\phi = 0,9$  es el del conductor número 8 AWG, el cual tiene un valor de  $K_g = 217,607$ , que está por debajo del valor calculado (Ver anexos tabla 15).

### REGULACIÓN:

$$\delta\% = \frac{F_c \cdot K_G \cdot M_s}{V_L^2} \Rightarrow \delta\% = \frac{1 \cdot 217,607 \cdot (153,9569)}{208^2}$$

$$\delta\% = 0,7743\%$$

### PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE:

Para la protección se selecciona un totalizador de (3x20 A).

### PUESTA A TIERRA:

Según Tabla 250-95 NTC 2050. Alambre de Cu N° 10 AWG (Ver anexo 1. Tabla 17).

### DUCTERÍA:

De acuerdo a la Tabla C4 página 990 de la NTC 2050, para cinco conductores número 8 AWG THW (5#8 THW), se puede emplear un ducto conduit metálico intermedio tipo IMC de 3/4" (ver anexos tabla 18).

#### 4.2.4. CÁLCULO DEL ALIMENTADOR PARA EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PARA MÁQUINAS (TM).

##### CARGA INSTALADA:

Tabla 20. Descripción de la carga instalada.

Descripción.	Potencia	Corriente nominal	# de salidas	Carga total
Motores trifásicos	2 HP	6 A	6	12969,6 VA
Motores monofásicos	3/4 HP	7 A	6	5040 VA
Motor de corriente continua	1/3 HP	5	6	3600 VA
Transformadores trifásico	8000 VA	23 A	6	48000 VA
Autotransformador	4000 VA	11 A	3	12000 VA
Transformador monofásico	2000 VA	17 A	3	6000 VA
Tomacorrientes de uso general	180 VA	1,7 A	12	2160 VA
			Total	89769,6 VA

##### DEMANDA MÁXIMA:

En el laboratorio de máquinas eléctricas se prevé que las prácticas con los transformadores no se realizarán simultáneamente con las prácticas de los motores, debido a ésta los cálculos de la demanda máxima se basan en la

carga de los transformadores, ya que es el caso más desfavorable. De esta manera la instalación no quedará sobredimensionada.

- Demanda máxima de los transformadores trifásicos= (8000\*6)=48000 VA
- Demanda máxima de los autotransformadores= (4000\*3)=12000 VA
- Demanda máxima de los transformadores monofásicos= (2000\*3)=6000 VA
- Demanda máxima de los tomacorrientes de uso general=2160 VA
- Demanda máxima total= 68160 VA

#### CÁLCULO DE LA CORRIENTE:

$$I_n = \frac{D_{\max}}{\sqrt{3} * V_l} = \frac{68160}{\sqrt{3} * 208} = 189,1932 \text{ (A)}$$

Se selecciona el conductor calibre número 3/0 THW con una capacidad de corriente de 200 A.

Se selecciona el conductor neutro de calibre número 1/0 THW, con capacidad de corriente de 150 A.

#### CÁLCULO DEL MOMENTO:

La longitud del alimentador al tablero general es:

$$L=1.5+37,5+1,5=40.5 \text{ (m)}$$

$$M= D_{\max} *L= 68,160*40.5=2760,48 \text{ KVA-m}$$

#### CÁLCULO DE Kg:

$$K_G = \frac{V_L^2 \cdot \delta\%}{F_c M_s} = \frac{(208)^2 \cdot 2}{1 * 2760.48} = 31,34$$

Sirve el conductor número 3/0 AWG, el cual tiene un valor de  $K_g=25,5891$  para  $\cos\phi=0,9$  que está por debajo del valor calculado (Ver anexos tabla 15).

### REGULACIÓN:

$$\delta\% = \frac{F_c \cdot K_g \cdot M_s}{V_L^2} \Rightarrow \delta\% = \frac{1 \cdot 25,5891 \cdot 2760,48}{208^2}$$

$$\delta\% = 1,63\%$$

### PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE:

Para la protección se selecciona un totalizador de (3x225 A).

### PUESTA A TIERRA:

Según Tabla 250-95 NTC 2050. Alambre de Cu N° 4 AWG (Ver anexo 1. Tabla 17).

### DUCTERÍA:

De acuerdo a la Tabla C4 página 990 de la NTC 2050, para cinco conductores número 3/0 THW (5#3/0 THW) se puede emplear un ducto conduit metálico intermedio tipo IMC de 2" (ver anexos tabla 18).

## 4.3 TRANSFORMADOR

### 4.3.1. Acometida

La acometida de Media Tensión, proviene de la línea de 13200 V de la Electrificadora de Sucre S.A que pasa por el sector y llega a la subestación aérea de la edificación por vía aérea, mediante conductores calibre N<sup>o</sup> 2 Cu XLPE.

### 4.3.2 Potencia Nominal

La potencia nominal del transformador se establece a partir de la demanda máxima de la instalación eléctrica, la cual se determina por medio de la demanda máxima de cada uno de los tableros de distribución.

En la Tabla, se presenta la demanda máxima de cada uno de los tableros de distribución, a partir de estos datos se determina la demanda máxima de la instalación.

Tabla 21. Demanda máxima de los tableros de distribución.

TABLERO	DMAX (VA)
TA	3628,8
TB	3628,8
TC	3628,8

TD	36857,99
TE	5544
TF	5544
TM	68160
DMAXT (kVA)	126,9924
Sn (kVA)	150

#### 4.3.3 Relación de transformación.

Para determinar la relación de transformación se establecen los siguientes parámetros de diseño.

**Tabla 22. Parámetros para la relación de transformación.**

<b>Vdiseño [V]</b>	<b>208</b>
<b><math>\mu_z\%</math></b>	<b>3</b>
<b><math>\delta</math></b>	<b>1</b>

Los parámetros  $\mu_z\%$  y  $\delta$  son la caída de tensión interna del transformador a plena carga y el porcentaje de regulación de la carga al transformador respectivamente.

La tensión del secundario en vacío se determina de la siguiente manera:

$$V_{so} = V_{Diseño} \left(1 + \frac{\mu_z\%}{100} + \frac{\delta\%}{100}\right) [V]$$

$$V_{so} = 208 \left(1 + \frac{3}{100} + \frac{1}{100}\right) [V]$$

$$V_{so} = 216.32 [V]$$

La relación de Transformación es de RT 13200/220(V)-127± 2x2.5[V]

### 4.3.4 PROTECCIONES.

- **Protección Primaria.**

La protección primaria se determina a partir de la corriente nominal del primario.

$$I_{nP} = \frac{S_n}{\sqrt{3} * V_{1P}} [A]$$

$$I_{nP} = \frac{150 (KVA)}{\sqrt{3} * 13,2 (kV)} [A]$$

$$I_{nP} = 6.56 [A]$$

La corriente de protección.

$$I_{pP} = 1.25 * I_{nP} [A]$$

$$I_{pP} = 1.25 * 6.56 [A]$$

$$I_{pP} = 8.2 [A]$$

Se selecciona un fusible tipo K de 10 A, 3x10 A.

- **Protección Secundaria.**

La protección secundaria se determina a partir de la corriente nominal del secundario.

$$I_{nS} = \frac{S_n}{\sqrt{3} * V_{1S} (1 - \frac{\mu Z \%}{100})} [A]$$

$$I_{nS} = \frac{150(KVA)}{\sqrt{3} * 0.22(1 - \frac{3}{100})} [A]$$

$$I_{nS} = 405.822 [A]$$

- **Corriente de Corto Circuito Máxima.**

$$I_k = \frac{I_{nS} * 100}{\mu Z\%} [A]$$

$$I_k = \frac{405.822 * 100}{3} [A]$$

$$I_k = 13527.4 [A]$$

$$I_k = 13.52 [KA]$$

La protección debe tener un poder de corte de  $I_k$ .

Se selecciona una protección de 3x400 A, con un poder de corte  $I_k=13.52$  (kA).

#### 4.3.5 Puesta a tierra.

La PAT de protección y de servicio para el transformador se realiza mediante una varilla de cobre Copperweld de 3 m de longitud enterrada, conectada por medio un conductor de calibre 2/0 de Cu.

Las tensiones de paso y contacto son:

$$E_{contacto} = \frac{(1000 + 0.174 * \rho) * (0.116)}{\sqrt{t}}$$

Donde  $\rho$  Resistividad del terreno

t tiempo en segundos=0.2 (segundos)

$$\rho = 150 (\Omega.m)$$

$$E_{contacto}=266,15 (V)$$

$$E_{contacto} = \frac{(1000 + 6 * \rho) * (0.157)}{\sqrt{t}}$$

$$E_{paso}=667,01 (V)$$

Selección del conductor de puesta a tierra:

$$A_{mm^2} = \frac{I \cdot K_f \cdot \sqrt{t}}{1,9737}$$

$A_{mm^2}$  es la sección del conductor en  $mm^2$ .

I corriente de falla en kA.

$K_f$  es la constante para diferentes materiales.

t es el tiempo de despeje de la falla.

I= 13,527 (kA), t=0.2 (segundos),  $K_f=7,06$  cobre duro para soldadura exotérmica.

$$A_{mm^2} = \frac{13,527 \cdot 7,06 \cdot \sqrt{t}}{1,9737}$$

$$A_{mm^2} = 21,63 (mm^2)$$

Sirve el conductor 2/0 de Cu THW.

#### 4.4 Tablero general.

La demanda máxima de la instalación eléctrica es equivalente a la suma de la demanda máxima de cada uno de los tableros de distribución.

$$D_{\max\_inst} = TA + TB + TC + TD + TE + TF + TM$$

$$D_{\max\_inst} = 3628 .8 + 3628 .8 + 3628 .2 + 36857 .99 + 5544 + 5544 + 68160$$

$$D_{\max\_inst} = 126.99 (KVA)$$

#### 4.4.1 Acometida general de baja tensión.

- **Descripción General.**

La acometida general en B.T, es una acometida trifásica tetrafilar, subterránea, proveniente de la subestación aérea, la cual llega al barraje de B.T del Tablero General.

- **Cálculo de los Conductores.**

Los conductores de acometida, se calculan, a partir de la corriente nominal del transformador.

- **Cálculo de la Corriente.**

Con el Valor de corriente  $I=405.822$  A, para los conductores y según la tabla 310-16 de la NTC 2050, se requiere un conductor de calibre 600 Kcmil THW por fase, el cual tiene una capacidad de corriente de 420 A.

Al emplearse dos (2) o (3) conductores por fase, se busca reducir el calibre de los conductores de acometida, y al dividir la corriente; para que de igual forma se reduzcan los costos por conductor de la acometida. Para esto se debe calcular el valor de la corriente corrigiendo estos valores por multiplicidad (ver Anexos- Tabla 23).

Dos conductores por fase:

$$I_t = \frac{I}{n * f_m}$$

Donde:

$n$  = Número de conductores por fase

$f_m$  = Factor ajuste de multiplicidad, según tabla  $f_m = 80\%$  (Ver anexos)

$$I_t = \frac{405.822}{2 * 0.8} [A]$$

$$I_t = 253.63 [A]$$

- **Selección de Conductores.**

Se selecciona dos conductores por fase calibre 250 Kcmil THW, el cual tiene una capacidad de corriente de 255 A.

Para el neutro, por ser una conexión trifásica tetrafilar, se dimensiona al 70% de la corriente de fase, por tanto la corriente del neutro es  $I_n = 284 [A]$ . Se selecciona el conductor neutro calibre 300 Kcmil THW, el cual tiene una capacidad de corriente de 285 [A].

El conductor de Puesta a Tierra es el que va desde la malla de PAT hasta los barrajes del tablero general. Este conductor se dimensiona de acuerdo a la protección, en nuestro caso tenemos una protección de 3x400 A, según la tabla 250-95 NTC 2050. Se selecciona el conductor de PAT calibre 3 AWG en Cu.

- **Canalización.**

Para 7 conductores de calibre 250 Kcmil THW, se tiene que la canalización que se ajusta para este número de conductores es de 3".

- **Protecciones.**

La protección viene determinada por el secundario del transformador, por tanto se tiene que la protección es de 3x400 (A) con una capacidad de corriente de corte de  $I_k=13,52$  KA, y una tensión máxima de operación de 240 V.

- **Caja de Inspección.**

El cálculo de la caja de inspección de B.T se realiza de acuerdo al Artículo 370-28.1), de la NTC 2050, donde se especifica el cálculo de las cajas de paso y de unión para tendidos rectos y calibres mayores a # 4 AWG.

$$L \geq 8 * D_{Tmayor}$$

$$L \geq 8 * 3''$$

$$L \geq 24''$$

$$L = 60.96[cm]$$

Se selecciona una caja de inspección de dimensiones 80x80x100 (cm)

#### 4.4.2 Barraje de baja tensión.

En base a la Tabla de Barras de Cobre con sección Rectangular, se seleccionan cinco barras pintadas de capacidad de corriente de 410 A.

#### 4.5. PUESTA A TIERRA.

Para la instalación se ha diseñado una malla de puesta a tierra para todos los equipos de los talleres en baja tensión con una  $R=7.474 \text{ } (\Omega)$ .

##### 4.5.1. Malla de PAT

La malla de PAT aislada es una configuración rectangular de área  $A=4 \times 12 \text{ m}$ ; está a una profundidad de 0,5 m.

Se emplean varillas tipo Copperweld de 1,8 m de longitud para los electrodos verticales y conductor calibre número 4 desnudo para los horizontales.

La configuración empleada se compone de dos conductores de longitud 12m y 5 conductores de longitud 4m cada uno; en los puntos de intersección de los conductores se ubica una varilla enterrada.

##### 4.5.2. Cálculo de la malla de PAT.

El cálculo de la malla de PAT se realiza por medio del método de Schwarz que permite determinar y evaluar el estado de la malla de PAT.

Los parámetros para el diseño son:

Tabla 23. Parámetros de Diseño malla de PAT

Resistividad (Ohm-m)	Largo (m)	Ancho (m)	Longitud del Conductor (m)	Área de la Malla (m)	Profundidad de la Malla (m)	Longitud del Pozo (m)	Radio Del Pozo (m)
150	12	4	$L_{cond}=L*2+A*4$ $L_{cond}=40$	$\text{Área}=L*A$ $\text{Área}=48$	0,5	1,5	1

Con esto se determina la resistencia de la malla para verificar si se cumple con la resistencia deseada de la malla.

$$R = \frac{R_{11} * R_{22} - R_{12}^2}{R_{11} + R_{22} - 2 * R_{12}}$$

Donde:

R = Resistencia de la malla de puesta a tierra.

R<sub>11</sub>= Resistencia de los Conductores de la malla de tierra.

R<sub>22</sub>= Resistencia de todas las barras enterradas.

R<sub>12</sub>= Resistencia mutua entre el grupo de electodos y los conductores de la malla.

$$R_{11} = \frac{\rho}{\pi * L_{cond}} \left[ \ln \left( 2 \frac{L_{cond}}{\sqrt{d} * h} \right) + \left( K_1 \frac{L_{cond}}{\sqrt{A}} \right) - K_2 \right]$$

$$R_{11} = 6.406(\Omega)$$

$$R_{22} = \frac{\rho}{2\pi * n_b * L_b} \left[ \ln \left( 8 \frac{L_b}{d_b} \right) - 1 + \left( \frac{2K_1 L_b}{\sqrt{A}} \right) (\sqrt{n_b} - 1)^2 \right]$$

$$R_{22} = 5.56(\Omega)$$

$$R_{12} = \frac{\rho}{\pi * L_{cond}} \left[ \ln \left( 2 \frac{L_{cond}}{L_b} \right) + \left( K_1 \frac{L_{cond}}{\sqrt{A}} \right) - K_2 + 1 \right]$$

$$R_{12} = 8.904 (\Omega)$$

El conductor horizontal empleado es el número 4 desnudo, en cobre, el cual tiene una sección de área transversal en mm<sup>2</sup> de s=4 mm<sup>2</sup>, por tanto su radio se determina de la siguiente forma:

$$r = \sqrt{\frac{16 * S}{\pi}} [m]$$

$$r = \sqrt{\frac{16 * 0.004}{\pi}} [m]$$

$$r = 0.143 [m]$$

$$\text{Diámetro} = 0.286 [m]$$

Aplicando las fórmulas para  $R_{11}$ ,  $R_{22}$ ,  $R_{12}$ , las cuales permiten determinar la resistencia de la malla R, con  $K_1=1.4$  y  $K_2=5.6$ , se obtiene los siguientes valores:

Radio del Conductor (m)	Resistencia de los conductores de la malla $R_{11}$ ( $\Omega$ )	Resistencia de la barras de las mallas $R_{22}$ ( $\Omega$ )	Resistencia entre el grupo de electrodos y los conductores de la malla $R_{12}$ ( $\Omega$ )	Resistencia de la malla R ( $\Omega$ )
0.143	$R_{11} = 6.406(\Omega)$	$R_{22} = 5.56(\Omega)$	$R_{12} = 8.904 (\Omega)$	7.474 ( $\Omega$ )

$$R = \frac{R_{11} * R_{22} - R_{12}^2}{R_{11} + R_{22} - 2 * R_{12}}$$

$$R = \frac{6.406 * 5.56 - 8.904^2}{6.406 + 5.56 - 2 * 8.904}$$

$$R = 7.474 (\Omega)$$

Este es el valor de la resistencia de puesta a tierra para los equipos a conectar en los talleres de electricidad del Sena Regional Sucre en baja tensión 7.474  $\Omega$ , para la protección externa contra rayos se tendrán cuatro electrodos independientes a esta malla y el transformador para los talleres también contará con su electrodo de puesta a tierra independiente de esta malla.

## 5. DISEÑO DE LA PROTECCIÓN EXTERNA CONTRA RAYOS.

Para este diseño del sistema de puesta a tierra, se determina el nivel de riesgo de los talleres, para evaluar, si se necesita un SPI o (SPI y SPE).

### 5.1. Cálculo del factor de riesgo

Los datos de área y altura del edificio para los Talleres de Electricidad Sede Regional de Sucre Sincelejo son:

Tabla 24. Altura y Área de los Talleres de Electricidad Sena Sucre

ALTURA (m)	ÁREA (m <sup>2</sup> )
5.5	768.624

Para la Corriente absoluta máxima en Colombia se toma el dato de 30 kA sin importar la polaridad.

- Cálculo del indicador de parámetros de exposición al rayo:

Nivel Cerámico para Sincelejo (ver ANEXO 2): 210

Se calcula las descargas por Km<sup>2</sup> para un año:

$$DDT = 0.0017 * NC^{1.56} [DESCARGAS / (Km^2 * año)]$$

$$DDT = 0.0017 * (210)^{1.56} [DESCARGAS / (Km^2 * año)]$$

$$DDT = 7.13 [DESCARGAS / (Km^2 * año)]$$

Tabla 25. Parámetros rayo para Sincelejo

	<b>I<sub>abs</sub> [kA]</b>	<b>20 ≤ I<sub>abs</sub> &lt; 40</b>
<b>DDT</b>	<b>R<sub>iabs</sub></b>	0,65
	<b>R<sub>DDT</sub></b>	
<b>5 ≤ DDT &lt; 15</b>	<b>0,5</b>	

$$Riesgo = 0.7 * R_{DDT} + 0.3 * R_{Iabs}$$

$$Riesgo = 0.7 * (0,5) + 0.3 * (0,65)$$

$$Riesgo = 0.545$$

Entonces el Indicador de exposición al rayo es MEDIO.

### 5.2 Cálculo del indicador de gravedad (estructura):

En la clasificación de la estructura, se toma como categoría A, debido a que la gran mayoría de actividades realizadas en esta sección del Sena son educativas.

Tabla 26. Clasificación de la estructura para los talleres del Sena

CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA	EJEMPLOS DE ESTRUCTURA	VALOR DEL ÍNDICE
A	Teatros, centros educativos, iglesias, Centros comerciales, áreas deportivas al aire libre, parques de diversión, aeropuertos, hospitales, prisiones.	40

La estructura será una del tipo mixta, ya que contará con elementos como el cemento y el acero para su construcción.

Tabla 27. Tipo de Estructura del Sena

Tipo de Estructura	Valor del Índice
Mixta.	20

Con los datos proporcionados anteriormente de altura y de área, se tiene:

Tabla 28. Clasificación por área y altura

ÁREA	ALTURA	VALOR DEL ÍNDICE
Área < 900 m <sup>2</sup>	Altura < 25 m.	5

Se procede a sumar los índices para calcular el indicador de gravedad correspondiente a la estructura.

$$I_G = I_{USO} + I_T + I_{AA}$$

$$I_G = 40 + 20 + 5$$

$$I_G = 65$$

Al analizar los resultados con la tabla del indicador de gravedad, (Ver ANEXO Tabla 6), se observa que el resultado es de nivel es medio.

Tabla 29. Indicador de Gravedad para el Sena

Resultado de la Suma de los Subindicadores de Estructura.	Indicador de Gravedad.
51 a 65.	Medio

El indicador de gravedad de la estructura es: **MEDIO**

- **Calculo del nivel de riesgo.**

El indicador de exposición al rayo es: medio.

El indicador de gravedad de la estructura es: alto.

La matriz de riesgo nos indica que el nivel de riesgo de la estructura es Medio. (ver anexos tabla 7).

- **Recomendaciones de la norma NTC 4552.** Según la norma técnica colombiana NTC 4552, se encuentra un factor de riesgo medio y se dan las siguientes recomendaciones a tener en cuenta en el sistema integral de protección contra rayos, SIPRA

<p><b>NIVEL DE RIESGO MEDIO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe contar con un sistema de protección interna, SPI.</li> <li>• Debe tener el cableado y el diseño de la puesta a tierra según las normas NTC 2050 y IEEE 1100.</li> <li>• Debe instalarse un sistema de protección externo, SPE.</li> <li>• Debe contar con un plan de prevención y contingencia.</li> <li>• El Sena debe contar con un guía de seguridad para el personal, la cual los prepara durante tormentas eléctricas.</li> </ul>
---	--

El nivel de riesgo de la estructura es MEDIO, luego se recomienda instalar un SPE y un SPI contra rayos.

### 5.3 Sistema de protección externa contra rayos, SPE.

Para este diseño, se utiliza el método electrogeométrico.

- **Diseño con el método electrogeométrico.**

Para el diseño del sistema de protección externa, se usa el método electrogeométrico, se ubican las puntas captadoras en la edificación, para ello se utiliza el nivel de protección I, en el cual el radio de la esfera es de 35 m.

Se ubican 9 puntas captadoras en la superficie del techo de la edificación (ver PLANO 1).

### 5.4. Diseño de SPE.

En la parte superior, para el SPE, se utilizan 9 puntas tipo Franklin, las cuales se encuentran unidos al anillo equipotencial por medio de conectores, los cuales deben ser certificados por el RETIE (Ubicación ver PLANO 1).

En la parte superior del edificio se colocará un anillo equipotencial de calibre 4/0 AWG en cobre; encargados de distribuir la corriente a los bajantes. Se decide colocar 4 bajantes calibre 4/0 AWG cubierto, a los extremos de la edificación (ver PLANO 1), ya que la altura de la estructura no supera los 25 metros.

Para la puesta a tierra; se colocarán 4 electrodos que estarán enterrados a una profundidad de 1.05 m, en el lugar donde se terminan los bajantes (Configuración PLANO 1).

#### 5.5. Elementos utilizados para el diseño:

- 9 Puntas tipo Franklin.
- 4 bajantes de 4/0 AWG.
- Anillo equipotencializador en el techo, 4/0 AWG.
- 4 Electrodo de puesta a tierra Ø5/8", longitud 2.4 m.

#### 5.6. Sistema de protección interna contra rayos, SPI.

Para el SPI, se utilizan DPS categoría C.

- **DPS para el transformador.**

La red de media tensión es tipo B (trifásico trifilar sólidamente aterrizado).

El voltaje de línea máximo según el Retie para redes de 13.2 KV es 14.5 KV.

$$F_{pt}=0.8$$

$$V_p=F_{pt} \cdot V_{lmax}=0.8 \cdot 14.5=11.6 \text{ KV}$$

$$V_p=12 \text{ (KV)}$$

Corriente de Descarga: Mayor o igual a 13.52 KA.

- **DPS para el Tablero General.**

Tensión Nominal: 120/208 V WYE, 3 $\phi$ .

Modo de Protección: Línea-Neutro, Línea-Línea.

Tensión de Corte: 283 V<sub>rms</sub> (L-N), 566 V<sub>rms</sub> (L-L).

Mínima Corriente Transitoria: 100 KA.

DPS Levinton Tipo: 5210-M3.

## 6. GUÍA DE SEGURIDAD DEL PERSONAL DE LOS TALLERES DE ELECTRICIDAD SENA REGIONAL SUCRE

El rayo es un fenómeno natural no es posible evitarlo. Lo que sí se puede hacer es establecer medidas de control que permitan la seguridad a las personas y los bienes, la actitud personal es fundamental para evitar accidentes fatales, es por ello que en edificaciones que se tengan niveles de riesgo medio y alto se deben establecer técnicas para desarrollar comportamientos seguros de las personas.

Esta guía no pretende ser una guía detallada de todas las técnicas de seguridad personal durante una tormenta eléctrica, sin embargo tomando en cuenta la estructura que se tendrá en el futuro en el Sena, se darán a conocer las estrategias que se deben seguir al momento de presentarse una tormenta eléctrica en los talleres.

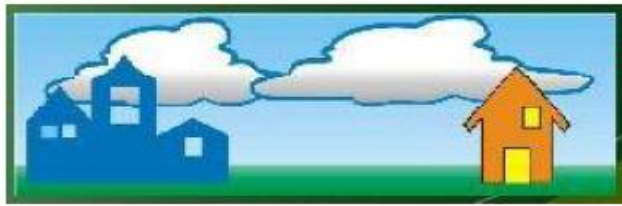
La prevención es una responsabilidad de todos, para ello se hace necesario seguir y aplicar las normas en cada caso; para reducir los riesgos del impacto del rayo, tanto en pérdidas irremplazables humanas como en la destrucción de bienes y equipo.

A continuación a través de ejemplos con figuras ilustrativas<sup>3</sup> Se ilustran los lugares apropiados, los no apropiados, y las actitudes personales que hay que adoptar cuando se presenta una tormenta eléctrica.

### 6.1. Lugares de alto riesgo en el Sena Regional Sucre

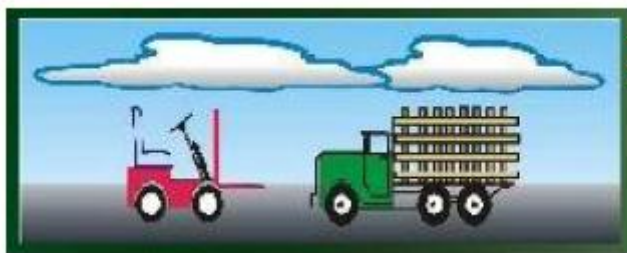
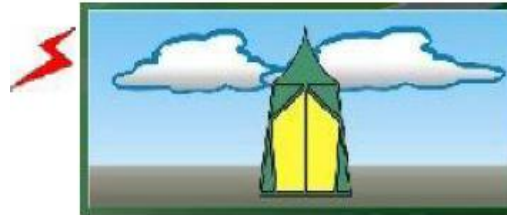
Los siguientes sitios ofrecen poco o ninguna protección contra rayos:

<sup>3</sup> Todas la imágenes mostradas fueron tomadas de las pagina web del grupo de investigación PAAS de la Universidad Nacional de Colombia <http://www.paas.unal.edu.co>



Las edificaciones y lugares no protegidos y alejados de otras como las torres de señalización del tráfico aéreo.

Los refugios de descanso tales como los kioscos, ubicados en los campos deportivos o en las zonas despobladas.



Todos los vehículos que son descubiertos o no metálicos.

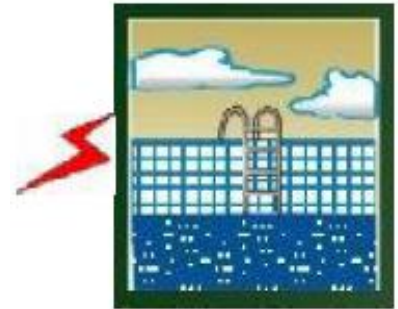
## 6.2. Lugares que deben abandonarse durante una tormenta eléctrica

Los siguientes sitios deben abandonarse durante una tormenta eléctrica:



Las canchas de fútbol, softball, microfútbol, tenis y demás lugares donde se esté a campo abierto.

Los lagos y las piscinas:



Las cercanías a líneas de transmisión eléctrica, cables aéreos, cercas ganaderas y mallas eslabonadas que rodean al Sena.



Árboles solitarios.



Torres metálicas

### 6.3. Lugares adecuados para protegerse de un rayo

Los siguientes sitios son los únicos recomendados para protegerse efectivamente contra el impacto directo o indirecto de un rayo:

Los edificios con un sistema adecuado de protección contra rayos identificados como un símbolo parecido al de la figura



Automóviles, buses y demás vehículos cerrados en una carrocería metálica.

#### 6.4. Estrategias de protección contra rayos

Si una persona se encuentra asilada, en una zona donde se presenta una tormenta y no se puede refugiar en una edificación provista con un sistema de protección contra rayos, se deben seguir las siguientes recomendaciones:

Si la persona debe permanecer en zona sobre tormentas:



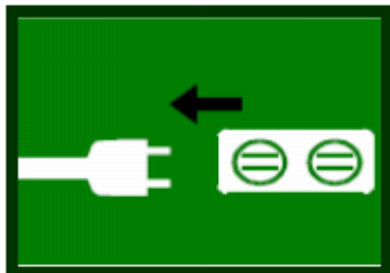
Buscar las zonas más bajas

Evitar estar en edificaciones sin la protección adecuada o en refugios elevados.



Preferir las zonas pobladas de árboles, evitando los árboles solitarios.

Buscar las edificaciones y refugios en zonas bajas



Desconectar todos los aparatos eléctricos y electrónicos sensibles que no se encuentran protegidos contra sobretensiones.

Si la persona se encuentra aislada, en una zona donde se esté presentando una tormenta se recomienda:



No acostarse sobre el suelo.

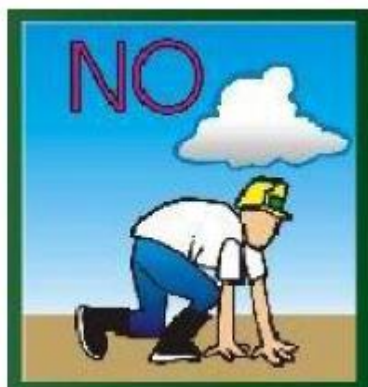
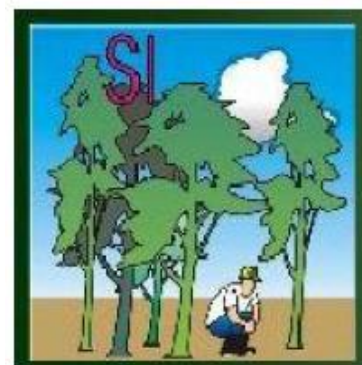
Unir los pies.





No escampar  
bajo un árbol  
solitario.

Buscar grupos  
de árboles.



No colocar las  
manos sobre el  
suelo, se  
aconseja  
colocarlas

Adoptar  
posición  
cucillas.  
la  
de



## 6.5. Otras recomendaciones

- En caso de tener que caminar bajo la tormenta, se debe intentar conservar seca la ropa, utilizando calzado de goma y no caminar a pasos largos para evitar las tensiones de paso.
- En caso de no encontrar a tiempo un mejor refugio en un árbol solitario, debe mantenerse alejado a una distancia no menor a tres veces la altura del árbol, por fuera de este radio, debe permanecer agachado.
- Debe apártese de otras personas por lo menos tres metros para evitar arcos laterales.

Una recomendación muy importante a tener en cuenta es la regla 30-30<sup>4</sup> del rayo, la cual sirve para determinar la amenaza de un rayo en la zona en donde se encuentra una persona.

30. Segundos: Contar los segundos entre la aparición de un rayo y la escucha del trueno. Si este tiempo es menor de 30 segundos, los rayos son todavía una amenaza potencial, por lo que se recomienda buscar inmediatamente refugio.

30 minutos: Después de la caída del último rayo, esperar 30 minutos antes de salir del refugio, ya que la mitad de todas las muertes ocurren después del paso de una tormenta. Permanecer en un área segura hasta que este seguro que la amenaza ha pasado.

---

<sup>4</sup> Recomendación tomada de la pagina web de la Federal Alliance for Safe –Flash 2006  
Pagina web: <http://www.flash.org/activity.cfm?currentPeril=4&activityID=141>

## 7. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	VR. UNITARIO	VR PARCIAL
<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>				
<b>1.1</b>	<b>Acometida en Media Tensión</b>			
1.1.1	Estructura en derivación	1	2.800.000	2.800.000
1.1.2.	Elementos de protección en media tensión	1	3.550.000	3.550.000
<b>1.2.</b>	<b>Sistema de transformación</b>			
1.2.1.	Transformador de potencia	1	25.000.000	25.000.000
1.2.2.	Puesta a tierra del transformador	2	287.000	574.000
1.2.3.	Acometida B.T subterránea a tablero general	1	5.398.000	5.398.000
<b>1.3.</b>	<b>Sistema de Medición, barraje principal y transferencia</b>			
1.3.1.	Modulo de medición	1	6.048.000	6.048.000
1.3.2.	Modulo de barraje de B.T	1	7.108.000	7.108.000
1.3.3.	Acometida barraje general – caja de trasferencia	1	135.000	135.000
<b>1.4.</b>	<b>ALIMENTADORES INTERNOS</b>			
1.4.1.	Alimentador tablero de distribución almacén y aire acondicionado.	1	1.000.000	1.000.000
1.4.2.	Alimentador tablero de distribución laboratorio de circuitos eléctricos	2	600.000	1.200.000
1.4.3.	Alimentador tablero de distribución laboratorio de electrónica	2	600.000	1.200.000
1.4.4.	Alimentador tablero de distribución laboratorio de maquinas eléctricas	2	1.500.000	3.000.000
<b>1.5.</b>	<b>TABLERO DE DISTRIBUCIÓN</b>			
1.5.1.	Alimentador tablero de distribución almacén y aires acondicionados	1	2.000.000	2.000.000

	DESCRIPCIÓN	CANT	VR UNITARIO	VR PARCIAL
1.5.2.	Alimentador tablero de distribución laboratorio de circuitos eléctricos	2	1.800.000	3.600.000
1.5.3.	Alimentador tablero de distribución laboratorio de electrónica	2	1.800.000	3.600.000
1.5.4.	Alimentador tablero de distribución laboratorio de máquinas eléctricas	2	1.400.000	2.800.000
1.5.5.	Salida tomacorriente monofásico doble con polo a tierra.	89	87.751	7.783.139
1.5.6.	Salida tomacorriente monofásico sencillo con polo a tierra.	5	56.345	281.725
1.5.7.	Salida tomacorriente con protección GFCI	4	167.000	668.000
1.5.8.	Salida tomacorriente trifásico 15 (A)	6	244.000	1.464.000
1.5.9	Salida lámpara fluorescente 2x58 W	78	200.000	14.400.000
1.5.10	Clavijas multipolar hembra	12	200.000	2.400.000
<b>1.6.</b>	<b>PROTECCIÓN EXTERNA CONTRA RAYOS</b>			
1.6.1.	Sistema de protección pararrayos tipo franklin	9	760.000	6.840.000
1.6.2.	Anillo equipotencializador	1	2.000.000	2.000.000
1.6.3.	Bajantes del pararrayos	4	483.000	1.932.000
<b>1.7.</b>	<b>MALLA DE PUESTA A TIERRA</b>			
1.7.1.	Malla de puesta a tierra	1	3.720.000	3.720.000

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>110,501,864</b>
<b>Administrador e imprevisto</b>	<b>13%</b>	<b>Del costo directo</b>	<b>14,365,242.32</b>
<b>Utilidad</b>	<b>10%</b>	<b>Del costo directo</b>	<b>11,050,186.4</b>
<b>IVA</b>	<b>16%</b>	<b>De la utilidad</b>	<b>1,768,029.82</b>
<b>TOTAL PROPUESTA</b>			<b>137,685,322.54</b>

ÍTEM	ACOMETIDA EN MEDIA TENSIÓN					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN					
	MATERIALES	CANT	Valor unitario	Vr Parcial	Vr. Construcción Mano de Obra	Valor Total
<b>1.1.</b>	<b>ACOMETIDA EN MEDIA TENSIÓN</b>					
1.1.1	Estructura en derivación	1	1.800.000	1.800.000	1.000.000	2.800.000
1.1.2.	Pararrayos de 12 Kv y fusibles de 10 A tipo H	3	900.000	2.700.000	850.000	3.550.000
<b>1.2</b>	<b>SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN</b>					
1.2.1.	Transformador trifásico de 150 KVA	1	20.000.000	20.000.000	5.000.000	25.000.000
1.2.2.	Puesta a tierra del transformador, 2 varillas tipo copperweld de 3(m).	2	187.000	374.000	200.000	574.000
1.2.3.	Ducto de 3", Caja de inspección de 80x80x100 (cm), 6 conductores 250 Kcmil, un conductor 300 Kcmil	1	3.898.000	3.898.000	1.500.000	5.398.000
<b>1.3.</b>	<b>SISTEMA DE MEDICIÓN, BARRAJE PRINCIPAL Y TRANSFERENCIA</b>					
1.3.1.	Contador electrónico 5 A, que mide potencia activa y reactiva 3x120/208	1	5.548.000	5.548.000	500.000	6.048.000
1.3.2.	Tablero General largo=1.20 m, ancho=0.4 m, alto=1.8 m.	1	5.608.000	5.608.000	1.500.000	7.108.000
1.3.3.	Acometida barraje general – caja de trasferencia	1	65.000	65.000	70.000	135.000
<b>1.4.</b>	<b>ALIMENTADORES INTERNOS</b>					
1.4.1.	3 Conductores No 2 AWG, Dos conductores No 6.	1	400.000	400.000	600.000	1.000.000
1.4.2.	8 conductores No 8, Dos conductor No 12 AWG.	2	300.000	600.000	600.000	1.200.000
1.4.2.	8 conductores No 8, Dos conductor No 12 AWG.	2	300.000	600.000	600.000	1.200.000
1.4.3.	3 conductores número 3/0 AWG, 1 conductor 1/0 AWG, 1 conductor No 4, 4 conductores N 8, 1 conductor número 12	2	1.000.000	2.000.000	1.000.000	3.000.000
<b>1.5.</b>	<b>TABLERO DE DISTRIBUCIÓN</b>					
1.5.1.	1 Totalizador 3x110 (A), Dos protecciones contra sobre corriente de 1x15 (A), 6 protecciones contra	1	1.300.000	1.300.000	700.000	2.000.000

	sobrecorriente 3x50 (A)					
1.5.2.	Dos totalizadores de 3x20 (A), 11 protecciones contra sobre corriente de de 1x15 (A)	2	1.400.000	2.800.000	800.000	2.800.000
1.5.3.	Dos totalizadores de 3x20 (A), 11 protecciones contra sobre corriente de de 1x15 (A)	2	1.000.000	2.000.000	900.000	2.800.000
1.5.4.	1 totalizadores de 3x225 (A), 6 protecciones contra sobre corriente de de 1x15 (A), 6 protecciones contra sobre corriente de de 1x30 (A), 12 protecciones contra sobre corriente de de 3x15 (A), 12 protecciones contra sobre corriente de de 3x30 (A), 1 protecciones contra sobre corriente de de 1x20 (A),	2	1.250.000	2.5000.00	1.500.000	4.000.000
1.5.5.	Salida tomacorriente monofásico doble con polo a tierra	89	75.000	6.675.000	1.108.139	7.783.139
1.5.6.	Salida tomacorriente con protección GFCI	4	130.000	520.000	148.000	668.000
1.5.7.	Salida tomacorriente trifásico de 15 (A)	6	200.000	1.200.000	264.000	1.464.000
<b>1.6.</b>	<b>PROTECCIÓN EXTERNA CONTRA RAYOS</b>					
1.6.1.	Sistema de protección pararrayos varillas tipo franklin de 2 metros	9	500.000	4.500.000	2.340.000	6.840.000
1.6.2.	Anillo equipotencializador 4/0 AWG, 4 electrodos tipo copperweld de 2.4 (m), bajantes en conductor 4/0 AWG.	1	1.000.000	1.000.000	1.000.000	2.000.000
<b>1.7.</b>	<b>MALLA DE PUESTA A TIERRA</b>					
1.7.1.	Malla de puesta a tierra para B.T constituida por dos conductores de 12 (m), 5 conductores de 4 AWG, con una profundidad de enterramiento de 0.5 (m), 10 electrodos copperweld de 1.8 (m)	1	1.500.000	1.500.000	2..220.000	3.720.000

## 8. CONCLUSIONES

- El diseño se realizó bajo las normas vigentes y teniendo en cuenta los productos que se encuentran en el mercado y que cumplan con las especificaciones técnicas y las exigidas por el RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas).
- La norma Técnica de Protección contra rayos NTC 4552 existe desde el año 1999, pero sólo hasta que se estableció el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) se le da el carácter de obligatorio que merecía, debido a que éste último toma las disposiciones de la NTC 4552 para referirse a la protección contra rayos.
- El diseño se debe realizar proyectándose a la continuidad del servicio y a futuras ampliaciones de la instalación.
- Para los futuros ingenieros es elemental, estar involucrados e informados con los proveedores de los elementos eléctricos y así tener total conocimiento de los productos disponibles y de los precios, que es un factor influyente para todo tipo de diseño.

## 9. RECOMENDACIONES

- En el momento de construir las instalaciones eléctricas, se debe tener en cuenta que los productos comprados tengan certificado de acuerdo al RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) para garantizar su correcto funcionamiento.
- Para garantizar los niveles de iluminación adecuados es importante realizar un mantenimiento periódico a las luminarias para que se retrase su envejecimiento.
- Para la instalación de los dispositivos es importante que sea realizado por personal capacitado e idóneo para esta actividad.
- El diseño de las instalaciones eléctricas se realizó con base al conductor THW, con el cual se da la situación más desfavorable ya que su diámetro es mayor de los demás conductores que se encuentran en el mercado, pero el diseño se puede adecuar a los conductores de características como THWN y THHN

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, Edición Actualizada Agosto de 2008.
- [2] Código Eléctrico Colombiano, NTC 2050.
- [3] Guide for Safety in AC Substation Grounding. IEEE STD 80-2000, IEEE Power Engineering Society.
- [4] Norma Técnica Colombiana, Protección externa contra rayos, NTC 4552.
- [5] Memorias de la Norma Técnica Colombiana, NTC 4552, CIDET 2008.
- [6] Norma para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución, ESSA 2005, Electrificadora de Santander S.A.
- [7] <http://www.parrayos.org> , Página Española en la cual se presenta un estudio amplio del fenómeno del rayo, mostrando entre otros sus efectos y repercusiones.
- [8] <http://www.ingesco.com>, Compañía líder en la fabricación de los parrayos Franklin, parrayos ESE o PDC, detector de rayos, contador de rayos, y DPS.

## ANEXOS

### ANEXO 1. TABLAS DE LAS NORMAS.

**TABLA 1. NIVELES DE ILUMINANCIA ACEPTADOS PARA DIFERENTES ÁREAS Y ACTIVIDADES.**

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINANCIA (LX)		
	MIN.	MEDIO	MÁX.
<b>Colegios</b>			
<b>Salones de Clase</b>	300	500	750
Iluminación general	300	500	750
Tableros para emplear con tizas	500	750	1000
Elaboración de los planos			
<b>Salas de conferencia</b>			
Iluminación general	300	500	750
Tableros	500	750	1000
Bancos de demostración	500	750	1000
Laboratorios	300	500	750
Salas de Arte	300	500	750
Talleres	300	500	750
Salas de Asamblea	150	200	300

**TABLA 2. INDICADOR DE PARÁMETRO DE RAYO**

	ÍNDICE POR RIESGO POR RAYOS			
	labs [kA]	40<=labs	20<=labs<40	labs<20
	Riabs	1	0,65	0,3
<b>DDT</b>	<b>RDDT</b>			
<b>30&lt;=DDT</b>	<b>1</b>			
<b>15&lt;=DDT&lt;30</b>	<b>0,75</b>			
<b>5&lt;=DDT&lt;15</b>	<b>0,5</b>			
<b>DD&lt;5</b>	<b>0,25</b>			

	SEVEROS
	ALTOS
	MEDIOS
	BAJOS

**TABLA 3. SUBINDICADOR RELACIONADO CON EL USO DE LA ESTRUCTURA.**

CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA	EJEMPLOS DE ESTRUCTURA	VALOR DEL ÍNDICE
<b>A</b>	Teatros, centros educativos, iglesias, centros comerciales, áreas deportivas al aire libre, parques de diversión, aeropuertos, hospitales, prisiones.	<b>40</b>
<b>B</b>	Edificios de oficinas, hoteles, viviendas, grandes industrias, áreas deportivas cubiertas.	<b>30</b>
<b>C</b>	Pequeñas y medianas industrias, museos, bibliotecas, sitios históricos y Arqueológicos.	<b>20</b>
<b>D</b>	Estructuras no habitadas.	<b>10</b>

**TABLA 4. SUBINDICADOR RELACIONADO CON EL TIPO DE ESTRUCTURA.**

Tipo de Estructura	Valor del Índice
No metálica.	<b>40</b>
Mixta.	<b>20</b>
Metálica.	<b>0</b>

**TABLA 5. SUBINDICADOR RELACIONADO CON LA ALTURA Y EL ÁREA DE LA ESTRUCTURA**

ÁREA	ALTURA	VALOR DEL ÍNDICE
Área < 900 m <sup>2</sup>	Altura < 25 m.	<b>5</b>
	Altura => 25 m.	<b>20</b>
Área => 900 m <sup>2</sup>	Altura < 25 m.	<b>10</b>
	Altura => 25 m.	<b>20</b>

**TABLA 6. INDICADOR DE GRAVEDAD.**

Resultado de la Suma de los Subindicadores de Estructura.	Indicador de Gravedad.
0 a 35.	Leve
36 a 50.	Bajo
51 a 65.	Medio
66 a 80.	Alto
81 a 100.	Severo

**TABLA 7. MATRIZ DE NIVELES DE RIESGO**

GRAVEDAD PARAMETROS	Severo	Alto	Medio	Bajo	Leve
Severo					
Alto					
Medio					
Bajo					

	ALTOS
	MEDIOS
	BAJOS

**TABLA 8. CARACTERÍSTICAS PARA TERMINALES DE CAPTACIÓN.**

TIPO Y MATERIAL DEL TERMINAL		DIÁMETRO MÍNIMO EN (mm)	ESPESOR MÍNIMO EN (mm)	CALIBRE MÍNIMO (AWG)	ANCHO (mm)
<b>VARILLA</b>	Cobre	9.6	No aplica	No aplica	No aplica
	Bronce	8	No aplica	No aplica	No aplica
	Acero	8	No aplica	No aplica	No aplica
<b>CABLE</b>	Cobre	7.2	No aplica	2	No aplica
	Acero	8	No aplica	No aplica	No aplica
<b>TUBO</b>	Cobre	15.9	4	No aplica	No aplica
	Bronce	15.9	4	No aplica	No aplica
<b>LÁMINAS</b>	Cobre	No aplica	4	No aplica	12.7
	Acero	No aplica	4	No aplica	12.7
	Hierro	No aplica	5	No aplica	12.7

**TABLA 9. REQUERIMIENTOS PARA LOS BAJANTES.**

ALTURA DE LA ESTRUCTURA	NÚMERO MÍNIMO DE BAJANTES	CALIBRE MÍNIMO DEL CONDUCTOR DE ACUERDO AL MATERIAL DE ESTE	
		COBRE	ALUMINIO
Menor que 25m.	2	2 AWG	1/0 AWG
Mayor que 25 m.	4	1/0 AWG	2/0 AWG

**TABLA 10. CARACTERÍSTICAS DE LOS ELECTRODOS.**

TIPO DE ELECTRODO	MATERIALES	DIMENSIONES MÍNIMAS			
		DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	ESPESO R (mm)	RECUBRIMIENTO (µm)
VARILLA	Cobre	12.7			
	Acero Inoxidable	10			
	Acero Galvanizado en Caliente	16			70
	Acero con Recubrimiento Electro depositado de Cobre	14			250
TUBO	Cobre	20		2	
	Acero Inoxidable	25		2	
	Acero Inoxidable en Caliente	25		2	55
FLEJE	Cobre		50	2	
	Acero Inoxidable		90	3	
	Cobre Cincado		50	2	40
CABLE	Cobre	1.8 c/hilo	25		
	Cobre Estañado	1.8 c/hilo	25		
PLACA	Cobre		20000	1.5	
	Acero Inoxidable		20000	6	

**TABLA. 11 TENSIÓN AL IMPULSO QUE DEBEN SUPERAR LOS EQUIPOS**

NIVEL DE TENSIÓN DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS EN V.	BIL REQUERIDO EN KV			
	CONTADORES	TABLEROS, INTERRUPTORES, CABLES, ETC.	ELECTRODOMÉSTICOS, HERRAMIENTAS PORTÁTILES	EQUIPO ELECTRÓNICO
	IV	III	II	I
120/240; 120/208	4	2.5	1.5	0.8
254/440; 277/480	6	4	2.5	1.5

**TABLA. 12 CAJAS METÁLICAS**

DIMENSIONES DE LA CAJA, TAMAÑO COMERCIAL EN MM, PULGADAS O TIPO	CAPACIDAD MINIMA EN CM <sup>3</sup>	NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES		
		2,08 mm <sup>2</sup> 14 AWG	3,3 mm <sup>2</sup> 12 AWG	5,25 mm <sup>2</sup> 10 AWG
76,2x50,8x50,8 mm 3x2x2", de dispositivos	164	5	4	4
76,2x50,8x69,9 mm 3x2x2 ¾", de dispositivos	230	7	6	5
101.6x38.1 mm 4x1 ½"cuadrada	344	10	9	10

**TABLA 13. VALORES DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA SEGÚN EL RETIE**

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

**TABLA 14. FACTORES DE CORRECCIÓN PARA OTROS TIPOS DE CONEXIONES.**

TIPO DE SUBESTACIÓN.	TIPO DE RED		
	MONOFASICA (FN)	BIFILAR (FF)	TRIFILAR (FFN)
Monofásica	8	2	2
Trifásica	6	2	2.25

**TABLA 15. CONSTANTES DE REGULACIÓN PARA CONDUCTORES DE COBRE AISLADO EN DUCTO NO METÁLICO.**

TENSIÓN. Cos $\Phi$	(KG) BAJA TENSIÓN.		
	0.85	0.9	0.95
14 AWG	797,3404	842,141	886,377
12 AWG	504,4656	532,18	559,367
10 AWG	320,1481	337,154	353,67
8 AWG	207,1611	217,607	227,585
6 AWG	132,6717	138,855	144,602
4 AWG	85,7495	89,2797	92,4032
2 AWG	55,93171	57,8007	59,2879
1 AWG	45,7401	46,9888	47,8501

**TABLA 16. CAPACIDAD DE CORRIENTE PERMISIBLE EN CONDUCTORES AISLADOS PARA 0 A 2000V NOMINALES Y 60°C A 90°C. NO MÁS DE TRES CONDUCTORES PORTADORES DE CORRIENTE EN UNA CANALIZACIÓN, CABLE O TIERRA (DIRECTAMENTE ENTERRADOS) Y TEMPERATURA AMBIENTE DE 30°C.**

SECCION TRANSVERSAL mm <sup>2</sup>	TEMPERATURA NOMINAL DEL CONDUCTOR 75°C	
	TIPO THW*	
	COBRE	ALUMINIO
2,08	20*	14
3,30	25*	12
5,25	35*	10
8,36	50	8
13,29	65	6
21,14	85	4
53,5	150	1/0
67,44	175	2/0

**TABLA 17. CONDUCTOR DE CONTINUIDAD DE PUESTA A TIERRA EN DUCTOS Y EQUIPOS EN B.T.**

CAPACIDAD NOMINAL O AJUSTE DEL DISPOSITIVO AUTOMÁTICO DE SOBRECORRIENTE ANTES DEL EQUIPO, ETC. NO MAYOR DE: (AMPERIOS)	CALIBRE DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA.	
	Alambre de Cu	Alambre de Al
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8

**TABLA 18. NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES Y ALAMBRES DE APARATOS EN TUBO CONDUIT METÁLICO INTERMEDIO-TIPO IMC (SEGÚN TABLA 1, CAPÍTULO 9).**

LETRAS DE TIPO	SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR		TAMAÑO COMERCIAL				
	mm <sup>2</sup>	AWG	mm PULGADAS				
THW			16 ½	21 ¾	27 1	35 1 ¼	78 3
	2,08	14	6	11	18	31	151
	3,30	12	5	9	14	25	122
	5,25	10	4	7	11	19	95
	8,36	8	2	4	7	12	57
	13,29	6	1	3	5	9	43
	21,14	4	1	2	4	6	32
53,50	1/0	1	1	1	3	14	

**TABLA 19. CORRIENTE A PLENA CARGA DE MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA.**

Kw	HP	Motores de inducción de jaula de ardilla y rotor devanado. (A)	
		200 V	208 V
1,119	1 ½	6,9	6,6
1,492	2	7,8	7,5
2,238	3	11,0	10,6

**TABLA 20. CAPACIDAD NOMINAL MÁXIMA O AJUSTE DE DISPARO DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN PARA CIRCUITOS RAMALES DE MOTORES CONTRA CORTOCIRCUITO Y FALLA A TIERRA.**

TIPO DE MOTOR	EN PORCENTAJE DE LA CORRIENTE A PLENA CARGA			
	Fusible sin retardo de tiempo	Fusible con retardo de tiempo (elemento dual)	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tiempo inverso
De jaula de ardilla				
Todos menos los de diseño E	300	175	800	250

**TABLA 21. NIVELES DE ILUMINANCIA ACEPTADOS PARA DIFERENTES ÁREAS Y ACTIVIDADES.**

	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
	Min.	Medio	Máx.
<b>Áreas generales en las edificaciones</b>			
Áreas de circulación, corredores	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	100	150	200
Vestidores, baños.	100	150	200
Almacenes, bodegas.	100	150	200
<b>Almacenes</b>			
<i>Iluminación general:</i>			
En grandes centros comerciales	500	750	
Ubicados en cualquier parte	300	500	
Supermercados	500	750	
<b>Colegios</b>			
<i>Salones de clase</i>			
Iluminación general	300	500	750
Tableros para emplear con tizas	300	500	750
Elaboración de planos	500	750	1000
<i>Salas de conferencias</i>			
Iluminación general	300	500	750
Tableros	500	750	1000
Bancos de demostración	500	750	1000
<i>Laboratorios</i>	300	500	750
<i>Salas de arte</i>	300	500	750
<i>Talleres</i>	300	500	750
<i>Salas de asamblea</i>	150	200	300

**TABLA 22. TRANSFORMADORES DE MÁS DE 600 V.**

CORRIENTE NOMINAL MÁXIMA O AJUSTE DE DISPARO DEL DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE (PORCENTAJES)					
Impedancia nominal del Transformador	Primario		Secundario		
	De más de 600 V		De más de 600 V		Hasta 600 V
	Ajuste del Interruptor Automático	Corriente nominal del fusible	Ajuste del Interruptor Automático	Corriente nominal del fusible	Ajuste del Interruptor Automático o Corriente nominal del fusible
Hasta 6%	600%	300%	300%	250%	125%

## TABLA 23. FACTORES DE AJUSTE

### MÁS DE TRES CONDUCTORES PORTADORES DE CORRIENTE EN UN CABLE O CANALIZACIÓN.

Cuando el número de conductores portadores de corriente en un cable o canalización pasa de tres, la capacidad de corriente; se debe reducir como se indica en la siguiente tabla.

NÚMERO DE CONDUCTORES PORTADORES DE CORRIENTE	PORCENTAJE DEL VALOR DE LAS TABLAS, AJUSTADO PARA LA TEMPERATURA AMBIENTE SI FUERA NECESARIO.
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45

NÚMERO DE CONDUCTORES PORTADORES DE CORRIENTE	PORCENTAJE DEL VALOR DE LAS TABLAS, AJUSTADO PARA LA TEMPERATURA AMBIENTE SI FUERA NECESARIO.
De 31 a 40	40
41 y mas	35

**TABLA 24 DIMENSIONES Y PORCENTAJE DE LA SECCIÓN DE TUBOS Y TUBERÍAS. (TAMAÑO DE LOS TUBOS Y TUBERÍAS OCUPADAS POR LAS COMBINACIONES DE CABLES PERMITIDAS)**

TAMAÑO COMERCIAL		TUBO CONDUIT DE PVC RÍGIDO TIPO A.				
in	mm	Diámetro interior (mm)	Sección total 100% mm <sup>2</sup>	Dos hilos, 31% mm <sup>2</sup>	Más de dos hilos, 40% mm <sup>2</sup>	Un hilo, 53% mm <sup>2</sup>
½	21	17,78	248,39	76,77	99,35	131,61
¾	26	23,11	419,35	130,32	167,74	222,58
1	33	29,85	699,35	216,77	280,0	370,97
1 ¼	42	38,10	1140,00	353,55	456,13	604,51
1 ½	48	43,69	1499,35	464,51	599,35	794,19
2	60	54,74	2352,9	729,68	941,28	1247,1
2 ½	73	66,93	3518,1	1090,32	1407,1	1864,51
3	88	82,04	5286,44	1638,71	2114,83	2801,93

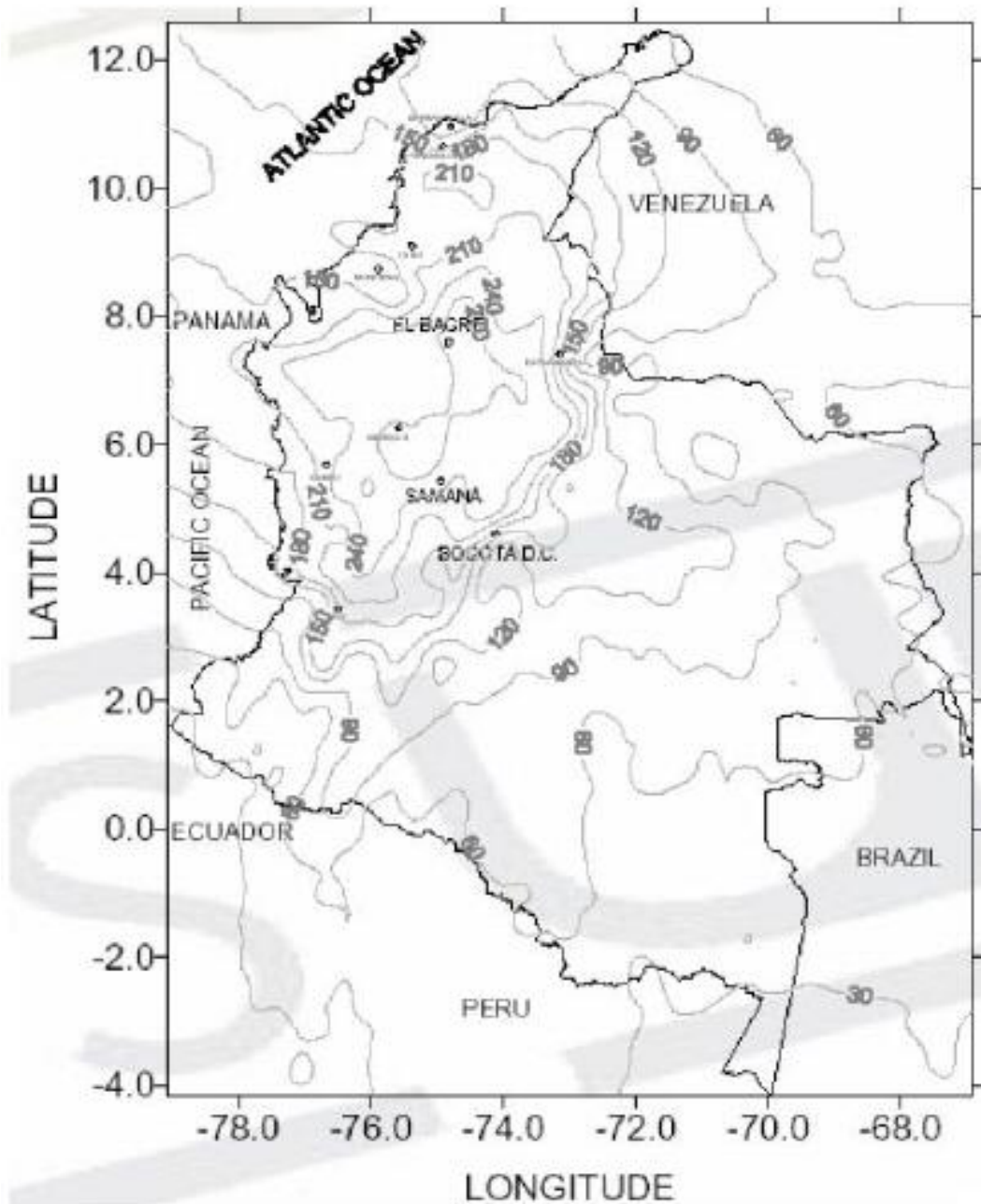
**TABLA 25. NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES Y ALAMBRES DE APARATOS EN TUBO CONDUIT RÍGIDO DE PVC, TIPO.**

LETRAS DE TIPO	SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR		TAMAÑO COMERCIAL MM PULGADAS				
	mm <sup>2</sup>	AWG	16 ½	21 ¾	27 1	35 1 ¼	78 3
THW	2,08	14	7	12	20	34	157
	3,03	12	6	10	16	27	126
	5,25	10	4	8	13	21	98
	8,36	8	2	4	8	12	59
	13,29	6	1	3	6	9	45
	21,14	4	1	2	4	7	33
	53,5	1/0	1	1	1	3	14

**TABLA 26. NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES POR DUCTO (TABLA C11 DE NTC 2050).**

Tabla 3												
Número Máximo de Conductores por Ducto (Tabla C11 de NTC 2050)												
CALIBRE	1/2 "		3/4 "		1"		1,5"		2"		3"	
	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN
14 AWG	11	16	18	27	31	44						
12 AWG	8	11	14	19	24	32						
10 AWG	6	7	10	12	18	20	38	44				
8 AWG	3	4	6	7	10	12	21	25	33	40		
6 AWG	1	3	3	5	6	8	13	18	20	28	45	64
4 AWG	1	1	2	3	4	5	9	11	15	17	33	39
2 AWG	1	1	1	1	3	3	7	8	11	12	24	28
1 AWG	1	1	1	1	1	2	5	6	7	9	17	21
1/0 AWG	1	1	1	1	1	2	4	5	6	8	14	17
2/0 AWG	0	1	1	1	1	1	3	4	5	6	12	14
3/0 AWG			1	1	1	1	3	3	4	5	10	12
4/0 AWG			1	1	1	1	2	3	4	4	9	10
250 kcmil					1	1	1	2	3	3	7	8
300 kcmil					1	1	1	1	2	3	6	7
350 kcmil					1	1	1	1	2	2	5	6
400 kcmil					1	1	1	1	1	2	5	5
500 kcmil					0	0	1	1	1	1	4	4
750 kcmil					0	0	1	1	1	1	3	3
1000 kcmil					0	0	1	1	1	1	1	2

### ANEXO 2 MAPA DEL NIVEL CERÁUNICO DE COLOMBIA



## ANEXO 3. CÁLCULOS Y PLANOS

## CUADROS DE CARGA Y REGULACIÓN

1. CUADRO DE CARGAS.

CIRC.	LUCES		TOMAS		CARGA (W)	FASES			FP	CARGA. (VA)	CORR. (A)	COND. AWG	PROT. (A)	OBSERVACIONES
	COM.	2x58w	COM.	ESP.		A	B	C						
<b>TA-TABLERO DE DISTRIBUCIÓN LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS.</b>														
1		6			686,88	686,88			0,9	763,2	7	12	1x15	Iluminación laboratorios.
2		6			686,88		686,88		0,9	763,2	7	12	1x15	Iluminación laboratorios.
3		6			686,88			686,88	0,9	763,2	7	12	1x15	Iluminación laboratorios.
4		6			686,88	686,88			0,9	763,2	7	12	1x15	Iluminación laboratorios.
5			8				1296		0,9	1440	12	12	1x15	Tomas 120 V uso general.
<b>TOTAL</b>		<b>24</b>	<b>8</b>		<b>2747,52</b>	<b>1373,76</b>	<b>1982,88</b>	<b>686,88</b>		<b>4492,8</b>				
<b>TB-TABLERO DE DISTRIBUCIÓN LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS.</b>														
1		6			686,88	686,88			0,9	763,2	7	12	1x15	Iluminación laboratorios.
2		6			686,88		686,88		0,9	763,2	7	12	1x15	Iluminación laboratorios.
3		6			686,88			686,88	0,9	763,2	7	12	1x15	Iluminación laboratorios.
4		6			686,88	686,88			0,9	763,2	7	12	1x15	Iluminación laboratorios.
5			8				1296		0,9	1440	12	12	1x15	Tomas 120 V uso general.
<b>TOTAL</b>		<b>24</b>	<b>8</b>		<b>2747,52</b>	<b>1373,76</b>	<b>1982,88</b>	<b>686,88</b>		<b>4492,8</b>				
<b>TC-TABLERO DE DISTRIBUCIÓN LABORATORIO DE ELECTRÓNICA.</b>														
1		6			686,88	686,88			0,9	763,2	7	12	1x15	Iluminación laboratorios.
2		6			686,88		686,88		0,9	763,2	7	12	1x15	Iluminación laboratorios.
3		6			686,88			686,88	0,9	763,2	7	12	1x15	Iluminación laboratorios.
4		6			686,88	686,88			0,9	763,2	7	12	1x15	Iluminación laboratorios.
5			8				1296		0,9	1440	12	12	1x15	Tomas 120 V uso general.
<b>TOTAL</b>		<b>24</b>	<b>8</b>		<b>2747,52</b>	<b>1373,76</b>	<b>1982,88</b>	<b>686,88</b>		<b>4492,8</b>				
<b>TD-TABLERO DE DISTRIBUCIÓN UBICADO EN EL CUARTO ELÉCTRICO.</b>														
1		2	5		1038,96	1038,96			0,9	1154,4	9,62	14	1x15	Tomas e iluminación.
2		2	4		876,96		876,96		0,9	974,4	8,12	14	1x15	Tomas e iluminación.
3				1	8699,877	8699,877	8699,877	8699,877	0,9	9666,53	26,8316	8	3x50	Toma aire acondicionado.
4				1	8699,877	8699,877	8699,877	8699,877	0,9	9666,53	26,8316	8	3x50	Toma aire acondicionado.
5				1	8699,877	8699,877	8699,877	8699,877	0,9	9666,53	26,8316	8	3x50	Toma aire acondicionado.
6				1	8699,877	8699,877	8699,877	8699,877	0,9	9666,53	26,8316	8	3x50	Toma aire acondicionado.
7				1	8699,877	8699,877	8699,877	8699,877	0,9	9666,53	26,8316	8	3x50	Toma aire acondicionado.
8				1	8699,877	8699,877	8699,877	8699,877	0,9	9666,53	26,8316	8	3x50	Toma aire acondicionado.
<b>TOTAL</b>		<b>4</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>54115,18</b>	<b>53238,22</b>	<b>53076,18</b>	<b>52199,22</b>		<b>60127,98</b>				

CIRC.	LUCES		TOMAS		CARGA (W)	FASES			FP	CARGA. (VA)	CORR. (A)	COND. AWG	PROT. (A)	OBSERVACIONES
	COM.	2x58w	COM.	ESP.		A	B	C						
<b>TE-TABLERO DE DISTRIBUCIÓN BANCOS DE TRABAJO LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS.</b>														
1				4	864	864			0,9	960	8	14	1x15	Tomas bancos de trabajo.
2				4	864		864		0,9	960	8	14	1x15	Tomas bancos de trabajo.
3				4	864			864	0,9	960	8	14	1x15	Tomas bancos de trabajo.
4				4	864	864			0,9	960	8	14	1x15	Tomas bancos de trabajo.
5				4	864		864		0,9	960	8	14	1x15	Tomas bancos de trabajo.
6				4	864			864	0,9	960	8	14	1x15	Tomas bancos de trabajo.
<b>TOTAL</b>				<b>24</b>	<b>5184</b>	<b>1728</b>	<b>1728</b>	<b>1728</b>		<b>5760</b>				
<b>TF-TABLERO DE DISTRIBUCIÓN BANCOS DE TRABAJO LABORATORIO ELÉCTRONICA.</b>														
1				4	864	864			0,9	960	8	14	1x15	Tomas bancos de trabajo.
2				4	864		864		0,9	960	8	14	1x15	Tomas bancos de trabajo.
3				4	864			864	0,9	960	8	14	1x15	Tomas bancos de trabajo.
4				4	864	864			0,9	960	8	14	1x15	Tomas bancos de trabajo.
5				4	864		864		0,9	960	8	14	1x15	Tomas bancos de trabajo.
6				4	864			864	0,9	960	8	14	1x15	Tomas bancos de trabajo.
<b>TOTAL</b>				<b>24</b>	<b>5184</b>	<b>1728</b>	<b>1728</b>	<b>1728</b>		<b>5760</b>				
<b>TM-TABLERO DE DISTRIBUCIÓN BANCOS DE TRABAJO LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS.</b>														
1				1	1729,28	1729,28	1729,28	1729,28	0,8	2161,6	6	12	3x15	Toma motor trifásico.
2				1	1729,28	1729,28	1729,28	1729,28	0,8	2161,6	6	12	3x15	Toma motor trifásico.
3				1	1729,28	1729,28	1729,28	1729,28	0,8	2161,6	6	12	3x15	Toma motor trifásico.
4				1	1729,28	1729,28	1729,28	1729,28	0,8	2161,6	6	12	3x15	Toma motor trifásico.
5				1	1729,28	1729,28	1729,28	1729,28	0,8	2161,6	6	12	3x15	Toma motor trifásico.
6				1	1729,28	1729,28	1729,28	1729,28	0,8	2161,6	6	12	3x15	Toma motor trifásico.
7				1	1407,6	1407,6			0,8	2161,6	7	12	1x30	Toma motor monofásico.
8				1	1407,6		1407,6		0,8	2161,6	7	12	1x30	Toma motor monofásico.
9				1	1407,6			1407,6	0,8	2161,6	7	12	1x30	Toma motor monofásico.
10				1	1407,6	1407,6			0,8	2161,6	7	12	1x30	Toma motor monofásico.
11				1	1407,6		1407,6		0,8	2161,6	7	12	1x30	Toma motor monofásico.
12				1	1407,6			1407,6	0,8	2161,6	7	12	1x30	Toma motor monofásico.
13				1	6800	6800	6800	6800	0,85	8000	23	10	3x30	Clavija contactos hembra para transformadores
14				1	6800	6800	6800	6800	0,85	8000	23	10	3x30	Clavija contactos hembra para transformadores
15				1	6800	6800	6800	6800	0,85	8000	23	10	3x30	Clavija contactos hembra para transformadores
16				1	6800	6800	6800	6800	0,85	8000	23	10	3x30	Clavija contactos hembra para transformadores

CIRC.	LUCES		TOMAS		CARGA	FASES			FP	CARGA.	CORR.	COND.	PROT.	OBSERVACIONES
	COM.	2x58w	COM.	ESP.	(W)	A	B	C	(VA)	(A)	AWG	(A)		
<b>TDM 1-CUADRO DE DISTRIBUCIÓN MÁQUINAS ELÉCTRICAS (LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS)</b>														
17				1	6800	6800	6800	6800	0,85	8000	23	10	3x30	Clavija contactos hembra para transformadores
18				1	6800	6800	6800	6800	0,85	8000	23	10	3x30	Clavija contactos hembra para transformadores
19				1	6800	6800	6800	6800	0,85	8000	23	10	3x30	Clavija contactos hembra para transformadores
20				1	6800	6800	6800	6800	0,85	8000	23	10	3x30	Clavija contactos hembra para transformadores
21				1	6800	6800	6800	6800	0,85	8000	23	10	3x30	Clavija contactos hembra para transformadores
22				1	6800	6800	6800	6800	0,85	8000	23	10	3x30	Clavija contactos hembra para transformadores
23				1	6800	6800	6800	6800	0,85	8000	23	10	3x30	Clavija contactos hembra para transformadores
24				1	6800	6800	6800	6800	0,85	8000	23	10	3x30	Clavija contactos hembra para transformadores
25			12		1944	1944			0,9	2160	18	12	1x20	Tomas 120 V uso general.
<b>TOTAL</b>			<b>12</b>	<b>24</b>	<b>102365,3</b>	<b>96734,88</b>	<b>94790,88</b>	<b>100421,3</b>		<b>124099,2</b>				
<b>TOTAL</b>		<b>76</b>	<b>45</b>	<b>78</b>	<b>175091</b>	<b>157550,4</b>	<b>157271,7</b>	<b>158137,2</b>		<b>209225,6</b>				

## 2. CALCULO DE REGULACIÓN.

TABLERO	DISTANCIA			DEMANDA (KVA)	MOMENTO (KVA*m)	KG	REGULACIÓN		CTE (A)	PROT (A)	COND. (THW)	DUCTO	CONTADOR
	Vert	Horiz	Total				Parcial	Total					
TRF-TG	7	3,7	10,710	150	1605	18,28	0,67	0,67	416,35	3x400	Cu #250 Kcmil	3''	3F -5A
TG-TA	3	22	25	3,6288	90,72	217,607	0,456	1,12	10,07	3x20	Cu #8	3/4''	
TG-TB	3	19,42	22,42	3,6288	81,3577	217,607	0,409	1,079	10,07	3x30	Cu #8	3/4''	
TG-TC	3	9,70	16,7	3,6288	60,60	217,607	0,304	0,974	10,07	3x30	Cu #8	3/4''	
TG-TD	0	0,43	0,43	36,85799	15,84	57,80	0,0211	0,6911	102,30	3x110	Cu #2	1 1/4''	
TG-TE	3	24,77	27,77	5,544	153,95	217,607	0,774	1,44	15,388	3x20	Cu #8	3/4''	
TG-TF	3	18	21	5,544	116,424	217,607	0,585	1,25	15,388	3x20	Cu #8	3/4''	
TG-TM	3	37,5	40,5	68,160	2760,48	25,5898	1,63	2,302	189,19	3x225	Cu #3/0	2''	

**CALCULO DE REGULACIÓN CARGAS ESPECIALES AIRES ACONDICIONADOS.**

TD- AIRES ACONDICIONADOS	DISTANCIA			DEMANDA	MOMENTO	KG	REGULACIÓN	COND.	DUCTO
	Vert	Horiz	Total	(KVA)	(KVA*m)			(THW)	
TD-Aire Acondicionado 1 Circuito 3D	5.5	2.68	8.18	9,66653	79,072	217,607	0,397	#8	1''
TD-Aire Acondicionado 2 Circuito 4D	5.5	5.78	11.28	9,66653	109,038	217,607	0,5484	#8	1''
TD-Aire Acondicionado 3 Circuito 5D	5.5	11,28	16,78	9,66653	162,20	217,607	0,8158	#8	1''
TD-Aire Acondicionado 4 Circuito 6D	5.5	15,38	20,88	9,66653	201,83	217,607	1,01	#8	1''
TD-Aire Acondicionado 5 Circuito 7D	5.5	23,18	28,68	9,66653	277,23	217,607	1,394	#8	1''
TD-Aire Acondicionado 6 Circuito 8D	5.5.	26,6	32,1	9,66653	310,29	217,607	1,56	#8	1''

**CALCULO DE REGULACIÓN CARGAS ESPECIALES MOTORES M1-M6**

TM- MOTORES	DISTANCIA			DEMANDA (KVA)	MOMENTO (KVA*m)	KG	REGULACIÓN	COND. (THW)	DUCTO
	Vert	Horiz	Total						
TM-M1	7,5	6,7	14,2	2,1616	30,694	476,467	0,338	#12	1/2"
TM-M2	7,5	9,9	17,4	2,1616	37,61	476,467	0,414	#12	1/2"
TM-M3	7,5	9,9	17,4	2,1616	37,61	476,467	0,414	#12	1/2"
TM-M4	7,5	6,5	14	2,1616	30,2624	476,467	0,333	#12	1/2"
TM-M5	7,5	3,76	11,26	2,1616	24,33	476,467	0,268	#12	1/2"
TM-M6	7,5.	7,16	14,66	2,1616	31,689	476,467	0,3489	#12	1/2"

**CALCULO DE REGULACIÓN CARGAS ESPECIALES MOTORES M7-M12**

TM- MOTORES	DISTANCIA			DEMANDA (KVA)	MOMENTO (KVA*m)	KG	REGULACIÓN	COND. (THW)	DUCTO
	Vert	Horiz	Total						
TM-M7	7,5	7,63	15,13	0,84	12,70	476,467	0,8398	#12	3/4"
TM-M8	7,5	11,02	18,52	0,84	15,55	476,467	1,02796	#12	3/4"
TM-M9	7,5	7,43	14,93	0,84	12,54	476,467	0,8287	#12	3/4"
TM-M10	7,5	10,82	18,32	0,84	15,38	476,467	1,016	#12	3/4"
TM-M11	7,5	4,69	12,19	0,84	10,23	476,467	0,67661	#12	3/4"
TM-M12	7,5.	8,08	15,58	0,84	13,08	476,467	0,864	#12	3/4"

**CALCULO DE REGULACIÓN CARGAS ESPECIALES MOTORES M13-M18**

TM- MOTORES	DISTANCIA			DEMANDA (KVA)	MOMENTO (KVA*m)	KG	REGULACIÓN	COND. (THW)	DUCTO
	Vert	Horiz	Total						
TM-M13	7,5	7,63	15,13	0,84	9,078	476,467	0,59	#12	3/4"
TM-M14	7,5	11,55	19,05	0,84	11,43	476,467	0,75	#12	3/4"
TM-M15	7,5	7,43	14,93	0,84	8,958	476,467	0,59	#12	3/4"
TM-M16	7,5	11,55	19,05	0,84	11,43	476,467	0,75	#12	3/4"
TM-M17	7,5	5,27	12,77	0,84	7,662	476,467	0,50	#12	3/4"
TM-M18	7,5.	8,56	16,06	0,84	9,636	476,467	0,63	#12	3/4"

**CALCULO DE REGULACIÓN CARGAS ESPECIALES TRANSFORMADORES M19-M24**

TM- TRASFORMADORES	DISTANCIA			DEMANDA (KVA)	MOMENTO (KVA*m)	KG	REGULACIÓN	COND. (THW)	DUCTO
	Vert	Horiz	Total						
TM-M19	7,5	3,76	11,21	8	90,08	320,1481	0,66	#10	3/4"
TM-M20	7,5	7,13	14,63	8	117,04	320,1481	0,86	#10	3/4"
TM-M21	7,5	8,21	15,71	8	125,68	320,1481	0,93	#10	3/4"
TM-M22	7,5	11,51	19,01	8	152,08	320,1481	1,12	#10	3/4"
TM-M23	7,5	8,21	15,71	8	125,68	320,1481	0,93	#10	3/4"
TM-M24	7,5.	11,61	19,11	8	152,88	320,1481	1,13	#10	3/4"

**CALCULO DE REGULACIÓN CARGAS ESPECIALES AUTOTRANSFORMADORES M25-M30**

TM- AUTOTRF	DISTANCIA			DEMANDA (KVA)	MOMENTO (KVA*m)	KG	REGULACIÓN	COND. (THW)	DUCTO
	Vert	Horiz	Total						
TM-M25	7,5	4,69	12,19	4	48,76	320,1481	0,361	#10	3/4"
TM-M26	7,5	8,08	15,58	4	62,32	320,1481	0,461	#10	3/4"
TM-M27	7,5	9,14	16,64	4	66,56	320,1481	0,493	#10	3/4"
TM-M28	7,5	12,53	20,03	4	80,12	320,1481	0,593	#10	3/4"
TM-M29	7,5	9,14	16,64	4	66,56	320,1481	0,493	#10	3/4"
TM-M30	7,5.	12,53	20,03	4	80,12	320,1481	0,593	#10	3/4"

**CALCULO DE REGULACIÓN CARGAS ESPECIALES TRANSFORMADORES M31-M36**

TM- TRANSFORMADORES	DISTANCIA			DEMANDA (KVA)	MOMENTO (KVA*m)	KG	REGULACIÓN	COND. (THW)	DUCTO
	Vert	Horiz	Total						
TM-M31	7,5	5,22	12,72	2	25,44	320,1481	1,13	#10	3/4"
TM-M32	7,5	8,94	16,44	2	32,88	320,1481	1,46	#10	3/4"
TM-M33	7,5	9,63	17,13	2	34,26	320,1481	1,52	#10	3/4"
TM-M34	7,5	13,06	20,56	2	41,12	320,1481	1,82	#10	3/4"
TM-M35	7,5	9,63	17,13	2	34,26	320,1481	1,52	#10	3/4"
TM-M36	7,5.	13,06	20,56	2	41,12	320,1481	1,826	#10	3/4"