

Diseño de un Laboratorio de Prácticas para Certificación de Técnicos en Instalaciones Eléctricas  
en Baja Tensión en el Área de Yondó Antioquia

Javier José Molina Cuevas y Reinaldo Santamaria De la Ossa

Práctica Social para Optar por el título de:  
Ingeniero Electricista

Director

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Doctor en Ciencias con Énfasis en Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Físico Mecánicas

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Bucaramanga

2021

### **Dedicatoria**

A mi madre querida Yenny, a ti te doy las gracias por darme a mi tanto valor, y a mi padre Javier que fue mi único amigo, a mí me dijo “*sigue pa’ lante hijo como yo*”.

A mi hermano Gonzalo, que es y será mi apoyo en esta vida, una de las personas por la cual me esfuerzo cada día, y así, lograr que el vea en mí, un buen ejemplo como hermano, persona y como profesional.

A mis abuelos José y Elcida, que, a pesar de la distancia, me han brindado su amor y confianza.

A mis amigos, Andrés, Brayan, Camilo, Carlos, Cristian, Darly, Diego, Eslendy, Johan, Juan, Karen, Laura, Mauricio, Reinaldo, Samir, Sebastián, Silvia, Tania y Yoleima, de cada uno de ustedes aprendí mucho y las experiencias vividas no pueden ser mejores.

*Javier José Molina Cuevas*

### **Dedicatoria**

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mis padres, por darme la vida y educarme con los mejores principios, sin ellos no lo habría logrado. A mi madre Rocío por brindarme su amor y estar siempre pendiente de mí. A mi padre Reinaldo por brindarme sus buenos consejos y por todo su esfuerzo por ver a su hijo un profesional.

A mis hermanas Xiomara, Yasbleidy y Andrea, por ser mi apoyo, estar siempre presente, por su amor y amistad, gracias por confiar siempre en mí.

A mis abuelos, por su gran corazón, fortaleza y por cada experiencia de vida que me han enseñado.

A toda mi familia, gracias por ser parte de mi vida y permitirme ser parte de su orgullo.

A mis Sobrinos Thomas, Evelyn y Evangeling, por cada momento de alegría y sonrisas, son mis más grandes motivaciones, inspiraciones y felicidad, gracias por estar.

A mis amigos Eslendy, Javier y Cristian, por brindarme su amistad, gracias por ser un gran apoyo durante toda mi carrera.

*Reinaldo Santamaria De la Ossa*

**Tabla de contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	12
1. Actividades formativas de un técnico en instalaciones eléctricas en baja tensión.....	12
1.1. Información general del programa de formación titulada .....	13
1.2. Competencias académicas .....	14
1.3. Certificación del programa de formación titulada.....	16
2. Requerimientos mínimos de un laboratorio para la formación de técnicos en instalaciones eléctricas en baja tensión.....	17
2.1. Características particulares del laboratorio.....	18
2.2. Área por estudiante .....	19
3. Selección de máquinas, equipos, herramientas y materiales .....	20
3.1. Simuladores del entorno.....	20
3.1.1. Simulador de máquinas eléctricas rotativas .....	20
3.1.2. Simulador de máquinas eléctricas estáticas .....	23
3.1.3. Simulador de sistemas de puesta a tierra .....	25
3.1.4. Simulador de acometidas y redes internas .....	27
3.1.5. Simulador de procesos industriales .....	29
3.1.6. Simulador de diseño eléctrico mediante software .....	33
3.2. Inventarios simuladores del entorno .....	34
4. Manual de normas de seguridad del laboratorio.....	34
4.1. Electropatología .....	35
4.1.1. Efectos causados por la energía eléctrica.....	35
4.2. Administración de riesgos en el laboratorio .....	36
4.2.1. Normas de seguridad .....	36
4.2.2. Prohibiciones.....	37

4.2.3.	Sugerencias u indicaciones .....	37
4.3.	Elementos de protección personal.....	38
5.	Diseño del laboratorio.....	42
5.1.	Arquitectura del laboratorio.....	43
5.1.1.	Visualización 2D y 3D del laboratorio .....	43
5.1.2.	Instrucciones de diseño del laboratorio .....	44
5.1.3.	Elementos de mantenimiento .....	50
5.1.4.	Equipo de emergencia .....	50
5.1.5.	Ventilación.....	52
5.1.6.	Sistema de seguridad y comunicación.....	54
5.1.7.	Almacenamiento de residuos .....	55
5.1.8.	Señalización .....	55
5.1.9.	Inventario de mobiliario del laboratorio .....	59
5.2.	Diseño eléctrico .....	59
5.2.1.	Diagrama unifilar .....	60
5.2.2.	Distribución de los aparatos eléctricos .....	61
5.2.3.	Diseño de iluminación .....	64
5.2.4.	Cuadro de cargas y regulación .....	68
5.2.5.	Selección de los alimentadores .....	70
5.2.6.	Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes .....	71
5.2.7.	Cálculo de canalizaciones y cableado.....	73
5.2.8.	Diseño del sistema de puesta a tierra.....	74
5.2.9.	Diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas.....	76
6.	Conclusiones y recomendaciones .....	85
	Referencias bibliográficas.....	87

### Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1 <i>Módulo DL OPENLAB-SA</i> .....	21
Figura 2 <i>Kit para el montaje de un motor asíncrono</i> .....	22
Figura 3 <i>Módulo DL MAC-TT_UM</i> .....	24
Figura 4 <i>Renderización del simulador de acometidas y redes internas</i> .....	27
Figura 5 <i>Banco didáctico ABB – Parte izquierda</i> .....	30
Figura 6 <i>Banco didáctico ABB – Parte derecha</i> .....	31
Figura 7 <i>Botas dieléctricas</i> .....	39
Figura 8 <i>Gafas de seguridad</i> .....	39
Figura 9 <i>Guantes de nylon</i> .....	40
Figura 10 <i>Casco de seguridad</i> .....	41
Figura 11 <i>Camisa dril</i> .....	41
Figura 12 <i>Pantalón de seguridad</i> .....	42
Figura 13 <i>Distribución del laboratorio de prácticas</i> .....	43
Figura 14 <i>Visualización 3D exterior del laboratorio</i> .....	44
Figura 15 <i>Ubicación de las puertas de acceso</i> .....	45
Figura 16 <i>Ubicación de las ventanas</i> .....	46
Figura 17 <i>Visualización 3D del mobiliario</i> .....	47
Figura 18 <i>Ubicación de los armarios</i> .....	48
Figura 19 <i>Ubicación de los simuladores</i> .....	49
Figura 20 <i>Ubicación de la estantería</i> .....	50
Figura 21 <i>Ubicación de los equipos de emergencias</i> .....	51
Figura 22 <i>Tipo de incendios y extintores</i> .....	52
Figura 23 <i>Ubicación del sistema de climatización</i> .....	53

Figura 24 <i>Ubicación rack de comunicaciones</i> .....	54
Figura 25 <i>Señal en la rutas de evacuación</i> .....	56
Figura 26. <i>Señal en las descargas de salidas</i> .....	56
Figura 27 <i>Demarcación área de prácticas</i> .....	57
Figura 28 <i>Señal visual de “obligatorio uso”</i> .....	58
Figura 29 <i>Señal visual de advertencia de peligro</i> .....	58
Figura 30 <i>Señal de riesgo eléctrico</i> .....	59
Figura 31 <i>Diagrama unifilar</i> .....	60
Figura 32 <i>Distribución de tomacorrientes en el salón multipropósito</i> .....	62
Figura 33 <i>Convenciones utilizadas en el diseño de distribución eléctrica</i> .....	63
Figura 34 <i>Isolíneas área 1</i> .....	65
Figura 35 <i>Isolíneas área 2</i> .....	65
Figura 36 <i>Isolíneas área 3</i> .....	66
Figura 37 <i>Curvas de distribución de la intensidad luminosa</i> .....	67
Figura 38 <i>Ilustración del diseño de iluminación en el software DIALux evo</i> .....	68
Figura 39 <i>Esquema de selección de las protecciones eléctricas del laboratorio</i> .....	72
Figura 40 <i>Esquema conexión TN-C-S</i> .....	76
Figura 41 <i>Diseño de apantallamiento por el método de la esfera rodante</i> .....	77
Figura 42 <i>Convenciones utilizadas en el diseño de apantallamiento</i> .....	78
Figura 43 <i>Detalles de la punta de captación</i> .....	80
Figura 44 <i>Esquema: Llegada del conductor a través del bajante hasta la caja de inspección</i> .....	82
Figura 45 <i>Esquema de unión del conductor bajante hasta la varilla de puesta a tierra</i> .....	83

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 <i>Información básica del programa de formación</i> .....	13
Tabla 2 <i>Planeación, ejecución y evaluación de una actividad formativa</i> .....	15
Tabla 3 <i>Exigencias mínimas del laboratorio</i> .....	17
Tabla 4 <i>Áreas mínimas para los ambientes C</i> .....	19
Tabla 5 <i>Niveles de iluminación</i> .....	64
Tabla 6 <i>Resumen cuadro de cargas TD-1</i> .....	69
Tabla 7 <i>Resumen cuadro de cargas TD-2</i> .....	69
Tabla 8 <i>Selección del conductor de alimentación TD-1</i> .....	70
Tabla 9 <i>Selección del conductor de alimentación TD-2</i> .....	71
Tabla 10 <i>Porcentaje de sección transversal en tubos conduit y tuberías, para el llenado de conductores</i> 73	
Tabla 11 <i>Sección transversal de cables tipo THHN, THWN, THWN-2</i> .....	74
Tabla 12 <i>Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra</i> .....	75
Tabla 13 <i>Radio de la esfera rodante según el nivel de protección</i> .....	79
Tabla 14 <i>Requerimientos para los bajantes</i> .....	80

**Lista de Apéndices**

Apéndice A. Certificación de las matrículas profesionales, CONTE.

Apéndice B. Ficha técnica para el proceso de aprendizaje.

Apéndice C. Inventario de máquinas, equipos, herramientas y materiales.

Apéndice D. Inventario de mobiliario del laboratorio.

Apéndice E. Diagrama unifilar.

Apéndice F. Configuración de los tableros de distribución.

Apéndice G. Distribución eléctrica.

Apéndice H. Diseño de iluminación.

Apéndice I. Cuadro de carga del tablero de distribución, TD-1.

Apéndice J. Cuadro de carga del tablero de distribución, TD-2.

Apéndice K. Informe del cálculo de la instalación, coordinación de protecciones.

Apéndice L. Cálculo de canalizaciones.

Apéndice M. Tramos de ductería eléctrica.

Apéndice N. Diseño de apantallamiento.

## Resumen

**Título:** Diseño de un laboratorio de prácticas para certificación de técnicos en instalaciones eléctricas en baja tensión en el área de Yondó Antioquia\*

**Autores:** Javier José Molina Cuevas & Reinaldo Santamaria de la Ossa\*\*

**Palabras Clave:** Instalaciones eléctricas, baja tensión, laboratorio, diseño, servicio educativo, puesta a tierra, riesgo eléctrico, seguridad laboral.

**Descripción:** En este trabajo de grado se abordó una de las problemáticas actuales del país, como lo es, la falta de acceso a la educación en todos sus niveles. El municipio de Yondó Antioquia no es la excepción, dado que a pesar de la importancia que ha tenido a lo largo de los años en el sector petroquímico, no se evidencia una retribución proporcional a las riquezas económicas proporcionadas por nuestros territorios. Es por eso por lo que se desarrolla este trabajo de grado buscando diseñar un laboratorio de prácticas para la certificación de técnicos en instalaciones eléctricas en baja tensión, enfocado en la formación media técnica de la Institución Educativa Rural San Miguel del Tigre, que busca generar a la comunidad un espacio moderno, para el desarrollo de competencias en electrotecnia que les permita acceder al mercado laboral del sector petroquímico de la región.

Inicialmente se describe el programa de formación para la certificación ante el Consejo Nacional de Técnicos Electricistas - CONTE. Posteriormente se elaboró la descripción e inventario de las maquinas, equipos, herramientas, materiales y mobiliario. Así mismo, se realizó el manual de normas de seguridad del laboratorio de prácticas de la institución, el cual deberá ser de obligatorio cumplimiento para preservar la vida de los educandos e instructor encargado y, por último, se diseñó un laboratorio tomando como referencia un salón proporcionado por la institución, el cual fue acondicionado desde el punto de vista del diseño para la implementación del programa de formación en articulación con el Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga. Doctorado en tecnología de la Universidad de Girona

### Abstract

**Title:** Design of a practice laboratory for certification of technicians in low voltage electrical installations in the area of Yondó Antioquia\*

**Authors:** Javier José Molina Cuevas & Reinaldo Santamaria de la Ossa\*\*

**Key words:** Electrical installations, low voltage, laboratory, design, educational service, grounding, electrical risk, occupational safety.

**Description:** In this graduate work, one of the current problems in the country was addressed, namely, the lack of access to education at all levels. The municipality of Yondó Antioquia is not an exception, given that despite the importance it has had over the years in the petrochemical sector, there is no evidence of retribution proportional to the economic wealth provided by our territories. That is why this graduate work is being developed, seeking to design a laboratory of practices for the certification of technicians in low voltage electrical installations, focused on the secondary technical training of the Rural Educational Institution of San Miguel del Tigre, which seeks to generate a modern space for the community, for the development of skills in electrical engineering that allows them to access the labor market of the petrochemical sector in the region.

Initially, the training program for certification before the National Council of Electrical Technicians - CONTE is described. Later on, the description and inventory of the machines, equipment, tools, materials and furniture was elaborated. Likewise, the manual of security norms of the laboratory of practices of the institution was made, which will have to be of obligatory fulfillment to preserve the life of the students and instructor in charge and, finally, a laboratory was designed taking as reference a room provided by the institution, which was conditioned from the point of view of the design for the implementation of the program of formation in articulation with the National Service of Learning - SENA.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physics Mechanics. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Director: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga. Doctorate in Technology from the University of Girona

## **Introducción**

Este trabajo de grado aborda el diseño eléctrico y selección de equipos necesarios para implementar el programa de formación titulada Técnico en Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión, en articulación con la media técnica de la Institución Educativa Rural San Miguel del Tigre, del corregimiento San Miguel del Tigre del municipio de Yondó, Antioquia. Esta formación está sujeta al manual de normas de seguridad elaborado en el presente trabajo de grado, con base al sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo del SENA (Resolución No. 01713, 2014).

El trabajo se enfoca en generar un ambiente de aprendizaje apropiado para el desarrollo actividades teórico-prácticas contempladas en el programa de formación para los jóvenes de la región.

Se pretende que este trabajo de grado permita generar una alternativa hacia el primer empleo formal de los jóvenes del municipio de Yondó Antioquia, enfocada en la capacitación técnica en electrotecnia debido a las frecuentes ofertas laborales hechas por el sector de los hidrocarburos presente en la región.

### **1. Actividades formativas de un técnico en instalaciones eléctricas en baja tensión**

Este capítulo describe los aspectos relevantes del programa de formación titulada Técnico en Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión, programa vigente elaborado e implementado por el Centro Industrial de Mantenimiento Integral, Regional Santander del Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA. Los programas de formación titulada del SENA tienen tres pilares fundamentales dentro de cada competencia académica los cuales son: conocimientos mínimos,

criterios de evaluación y resultados de aprendizaje, estos estructuran el proyecto de formación a un fin, facilitando la implementación de una educación de calidad e integral, estando respaldado por las herramientas disponibles en los ambientes de aprendizaje, y así los instructores desarrollen una catedra efectiva basada en los conocimientos y habilidades que deben adquirir cada uno de los aprendices, entendiendo esto, el instructor elabora unas guías de aprendizaje a su criterio sin desviarse de la estructuración ya elaborada.

### 1.1. Información general del programa de formación titulada

A continuación, se describe la información general hecha por el SENA en unos de sus diseños curriculares el cual sigue siendo ofertado a nivel nacional.

**Tabla 1**

*Información básica del programa de formación*

<b>Denominación del programa:</b>	Instalaciones eléctricas en baja tensión	
<b>Nivel de formación:</b>	Técnico	
<b>Modalidad:</b>	Presencial	
<b>Duración:</b>	<b>Etapas lectiva</b>	6 meses
	<b>Etapas productiva</b>	6 meses

El programa de instalaciones eléctricas en baja tensión se creó para brindar a la comunidad educativa una nueva opción de profundización, en donde sus estudiantes puedan desarrollar nuevas aptitudes, ámbitos y buenas prácticas relacionados con el sector eléctrico, y a su vez, entregar personas respetuosas, con alto sentido de la ética, competentes en la industria,

que contribuyan al desarrollo económico, social, tecnológico y ambiental de la región.  
(Diseño curricular #1, 2019, p.1).

## 1.2. Competencias académicas

A continuación, se nombran las competencias académicas para el proceso de aprendizaje.

### **Denominación:**

- Analizar circuitos eléctricos de acuerdo con el método requerido.
- Analizar sistemas polifásicos de corriente alterna para aplicaciones.
- Implementar la estructura de la red de acuerdo con un diseño preestablecido a partir de normas técnicas internacionales.
- Construir acometidas e instalar equipos de medida de energía eléctrica en baja tensión requeridas para el uso de instalaciones residenciales y comerciales.
- Instalar redes internas de acuerdo con el diseño eléctrico.
- Construir sistemas de puesta a tierra requeridas para la protección de personas y equipos.
- Solicitar e identificar materiales, equipos y herramientas requeridos para la ejecución de la obra.
- Ejecutar el mantenimiento de motores y generadores eléctricos en baja tensión según normatividad vigente.
- Ejecutar el mantenimiento de transformadores eléctricos serie 15 [kV], hasta 500 [kV] según normatividad vigente.
- Mejorar el funcionamiento de máquinas y procesos, buscando su eficiencia y productividad.

Cada actividad formativa se organiza de la siguiente manera. (ver Tabla 2)

**Tabla 2**

*Planeación, ejecución y evaluación de una actividad formativa*

Inicialmente, cada competencia académica tiene un tiempo establecido de duración, donde se dividen en tres (3) partes.

<b>Conocimientos</b>	<b>Resultados de Aprendizaje</b>	<b>Criterios de Evaluación</b>
Describe las temáticas acordes con la competencia académica, la cual el instructor deberá proponer las actividades a desarrollar.	Describe de manera específica los conocimientos, habilidades y actitudes, que los estudiantes deben demostrar al finalizar una experiencia de aprendizaje, estos, se caracterizan por ser claros, específicos, observables, alcanzables, evaluables y relevantes.	Estructura los pilares específicos para el control y monitorio de los conocimientos, actitudes y practica adquiridos por los aprendices a lo largo del proceso de formación.

**Planeación, ejecución y evaluación de una actividad formativa**

El instructor será el encargado de planear, ejecutar y evaluar las actividades formativas, las cuales, deberán estar acorde con lo descrito en los conocimientos, resultados de aprendizaje y criterios de evaluación.

- El instructor interpreta las temáticas establecidas por el programa de formación.
- Teniendo conocimiento de los conceptos y habilidades que se debe fomentar en los aprendices, el instructor generará una pedagogía con base a los elementos dispuestos en el laboratorio que logre el entendimiento de las temáticas expuestas en clase.
- En su etapa final, el instructor se encargará de evaluar acorde con lo fomentado en las horas de clase. Estas, se caracterizan por ser un porcentaje teórico y otro porcentaje práctico.

---

Cabe resaltar, que la calificación dada por el instructor es aprobado o reprobado, donde el aprendiz deberá demostrar sus conocimientos con al menos el 95% de aprobación de los ítems dispuestos por el instructor.

---

### **1.3. Certificación del programa de formación titulada**

El programa de formación titulada “Técnico en Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión” ofertado por el Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA, en sus diferentes sedes regionales está certificado por el Consejo Nacional de Técnicos Electricistas – CONTE (ver Apéndice A.) de acuerdo con lo establecido en el Artículo 3° de la Ley 19 de 1990 – Decreto Reglamentario 991/91 en las siguientes clases de matrículas:

- CLASE TE-1 TÉCNICO EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES.
- CLASE TE-2 TÉCNICO EN BOBINADOS ELÉCTRICOS Y ACCESORIOS.
- CLASE TE-4 TÉCNICO EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL.
- CLASE TE-6 TÉCNICO EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS ESPECIALES.

Entonces, se adapta el programa de formación titulada “Técnico en Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión” a las condiciones de la Institución Educativa Rural San Miguel del Tigre.

En el Apéndice B del presente trabajo de grado se describe de manera amplia la estructura del programa de formación.

## **2. Requerimientos mínimos de un laboratorio para la formación de técnicos en instalaciones eléctricas en baja tensión**

Para garantizar el proceso de los educandos se tienen ciertas condiciones mínimas, que la institución educativa debe cumplir, por ejemplo, el laboratorio debe estar acondicionado y tener una distribución adecuada para realizar las actividades formativas descritas en el Capítulo 1 del presente trabajo de grado.

Las exigencias mínimas para un laboratorio para técnicos en instalaciones eléctricas en baja tensión, la cual fue diseñada por el Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA. (ver Tabla 3)

**Tabla 3**

*Exigencias mínimas del laboratorio*

<b>Caracterización de ambiente mínimo</b>	Área mínima de 100 m <sup>2</sup>
<b>Perfil técnico del docente</b>	El programa requiere de uno o varios docentes, conformado por: Ingenieros electricistas, Ingenieros Electromecánicos, profesionales o tecnólogos en electricidad.
<b>Maquinaria y equipo especializado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instrumentos de medición de aislamiento, resistencia, lúmenes.</li> <li>- Detectores de fase.</li> <li>- Instrumentos de medición eléctrica, analizadores de red, medición de sistemas de puesta a tierra, medidor de revoluciones.</li> </ul>
<b>Software Especializado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Software de diseño eléctrico.</li> <li>- Software de diseño de sistemas solares.</li> </ul>
<b>Herramientas Especializadas</b>	- Kits de herramientas para mantenimiento eléctrico.

---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kits de herramientas inalámbricas (taladros, destornilladores).</li> <li>- Kits de herramientas para mantenimiento mecánico.</li> <li>- Kits de escaleras.</li> <li>- Herramienta saca huecos para prensa estopa.</li> </ul>
<b>Simuladores del entorno</b>	Simuladores de acometidas, circuitos ramales, mantenimientos eléctricos en motores, transformadores, gabinetes, puesta a tierra, accionamientos eléctricos.
<b>Muebles colaborativos</b>	Mesas, sillas, armarios, tablero.
<b>Tecnologías de la información y las comunicaciones</b>	Computadores portátiles, internet, impresora, tablero digital.
<b>Elementos de seguridad industrial</b>	Casco, guantes, gafas, botas dieléctricas, camisa manga larga de jeans, equipo para trabajo en alturas.

---

## 2.1. Características particulares del laboratorio

Este laboratorio fue diseñado de tal manera que se realicen en su totalidad las competencias académicas descritas en el Capítulo 1.2 del presente trabajo de grado, con un área de  $95,4 m^2$  (sin contar con los espacios en campo para realizar la competencia académica “Construir sistemas de puesta a tierra requeridas para la protección de personas y equipos”), con una capacidad de ocho (8) aprendices que, en comparación de los laboratorios de electricidad del Centro Industrial de Mantenimiento Integral, regional Santander están diseñados para instruir 1 o 2 competencias académicas en un área aproximada de  $40 m^2$  para una aforo máximo de treinta (30) aprendices.

## 2.2. Área por estudiante

En el Capítulo 5.3.3 de la NTC 4595, se determina el área (m<sup>2</sup>/estudiante) por ambientes tipo, en el cual el laboratorio de prácticas diseñado en el presente trabajo de grado lo catalogan como “Ambiente C” dando como ejemplo: laboratorios de ciencias y aula de tecnología, innovación y multimedia, generando la siguiente tabla. (ver Tabla 4)

**Tabla 4**

*Áreas mínimas para los ambientes C*

Ambiente	Área (m <sup>2</sup> /estudiante)
Laboratorios de Ciencias Naturales/Biología	2,2
Laboratorio de Física	2,2
Laboratorio de Química	2,2
Laboratorio Integrado <sup>1</sup>	2,5
Taller integrado <sup>2</sup> de tecnología, innovación y multimedia	2,5
Aula TIC (salón de terminales digitales)	2,2
Taller de dibujo técnico y/o artístico	3,0
Taller de cerámica, escultura y modelado	3,5

<sup>1</sup> ambiente en el que es posible desarrollar prácticas de física, química y biología.

<sup>2</sup> ambiente en el que es posible, de acuerdo con el énfasis del PEI, desarrollar distintas practicas (artes, tecnología).

*Nota.* Adaptado de NTC 4595 de 2020, Tabla 5. Áreas mínimas de ambientes C

“Ambientes con capacidades menores de cuarenta (40) estudiantes deben incrementar su área por estudiantes a razón de 0,1 m<sup>2</sup> por cada diez estudiantes menos (así, un laboratorio integrado por veinte (20) personas demandaría al menos 2,7 m<sup>2</sup> por estudiante)” (NTC 4595, 2020, p.14).

Así, el laboratorio demandaría 2,8 m<sup>2</sup> por estudiante, debido a que se acomoda a las características de un laboratorio integrado, en el cual por recomendaciones hechas en el párrafo anterior incrementaríamos 0,1 m<sup>2</sup> por cada diez estudiantes menos, llegando a 10 personas en el laboratorio de prácticas, con este valor verificamos si el laboratorio de prácticas cumple.

Ahora, la sección del laboratorio dispuesta para los simuladores de entorno cuenta con 44,4 m<sup>2</sup> casi el doble de lo obtenido al multiplicar 2,8 m<sup>2</sup> \* (8) estudiantes, que da como resultado 22,8 m<sup>2</sup> mínimos para este tipo de laboratorio.

### **3. Selección de máquinas, equipos, herramientas y materiales**

Se elaboró la descripción e inventario de las maquinas, equipos, herramientas y materiales necesarios para la implementación del programa de formación en la institución educativa.

#### **3.1. Simuladores del entorno**

La distribución del laboratorio de prácticas se realizó con base a los simuladores de entorno, que están asociados a las competencias académicas. Esta sección específica del laboratorio cuenta con 44,4 m<sup>2</sup>, en la cual podemos encontrar los siguientes simuladores:

##### ***3.1.1. Simulador de máquinas eléctricas rotativas***

###### **Máquinas:**

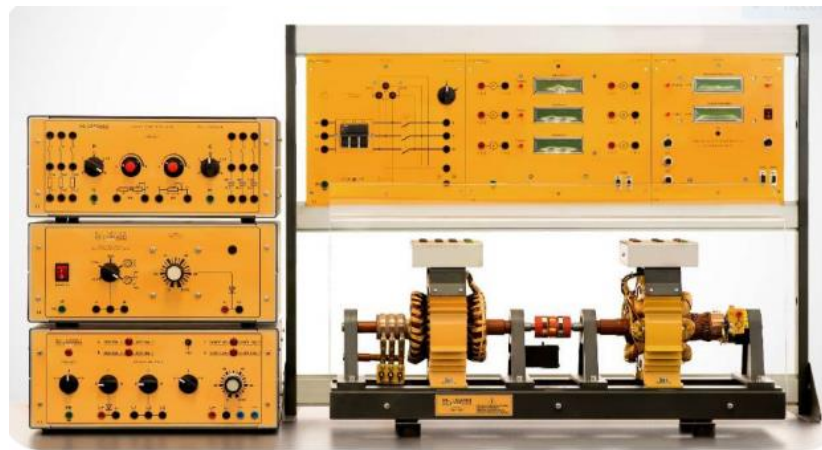
- DL OPENLAB-SA, fabricado por la marca De Lorenzo.

El entrenador DL OPENLAB-SA es una plataforma de aprendizaje práctico que proporciona un curso completo sobre máquinas. Introduce los conceptos básicos de la

construcción de máquinas eléctricas a partir de principios del electromagnetismo con el análisis de campos y flujos magnéticos, hasta experimentos más avanzados con la caracterización y el análisis de eficiencia de máquinas rotativas en diferentes condiciones de trabajo. (De Lorenzo, 2020)

### Figura 1

#### *Módulo DL OPENLAB-SA*



*Nota.* Tomado de De Lorenzo (2020). Electric Machines – Openlab - 0.2 kW

El entrenador visto anteriormente (ver Figura 1) tiene las siguientes aplicaciones: Montaje, funcionamiento y pruebas de máquinas eléctricas y, en particular: (Estudio del campo magnético; Principios de la inducción electromagnética; Motores de CC con excitación en serie y compuesta por separado; Generadores de CC excitados por separado, en serie y compuestos; Motores de inducción: anillo colector trifásico y jaula de ardilla, monofásicos de repulsión y con condensador; La conexión Dahlander; Motor trifásico síncrono, regulador de inducción y cambiador de fase, alternador, motor universal). (De Lorenzo, 2020)

- DL 2107 – De Lorenzo, Kit para el montaje de cuatro (4) motores asíncronos.

Rearme, bobinado, montaje y conexión de motores eléctricos cumpliendo con los requerimientos establecidos es una de las habilidades que deben adquirir los educandos, siendo así, el laboratorio deberá estar equipado con motores trifásicos jaula de ardilla y rotor devanado generalmente vistos en la industria.

El kit fabricado por la marca De Lorenzo consta de tres (3) motores trifásicos jaula de ardilla: (2 polos, 1000 W; 4 polos, 800 W; 6 polos, 600 W) y un (1) motor monofásico jaula de ardilla con condensador 2-4 polos, 300 W.

## Figura 2

*Kit para el montaje de un motor asíncrono*



*Nota.* Tomado de De Lorenzo (2020). Kit para el montaje de un motor asíncrono

## Equipos:

Los equipos de medida necesarios para la simulación del entorno son:

- Pinza amperimétrica
- Multímetro digital
- Medidor de aislamiento
- Tacómetro digital

#### **Herramientas:**

Las herramientas necesarias para la simulación del entorno, se recomiendan kit de herramientas manuales fabricados por las marcas Stanley, Sata o Fluke.

- Destornilladores de estrella.
- Destornilladores de punta plana.
- Alicates electricista.
- Alicates cortafrío.
- Alicates para cable.
- Alicates pinza punta larga.

#### **Materiales:**

Los materiales que se utilizan para desarrollar las actividades formativas en el simulador de máquinas eléctricas rotativas son responsabilidad del SENA (Resolución 1113, 2017).

#### **3.1.2. Simulador de máquinas eléctricas estáticas**

##### **Máquinas:**

- DL MAC-TT\_UM, fabricado por la marca De Lorenzo.

Todos los transformadores están contruidos para un funcionamiento continuo y soportan una sobrecarga de aproximadamente 20 - 30% incluso durante mucho tiempo. Además, están contruidos con mucho cuidado y tienen pérdidas tan bajas que podrían clasificarse como máquinas estáticas de texto real. Cada transformador está equipado con un exhaustivo manual de instrucciones que explica todas las pruebas que se puede realizar en él. Por tanto, nuestro manual puede considerarse un teórico y práctico "libro de texto". En definitiva, este banco permite medir, mediante métodos directos, la resistencia del devanado, la relación de transformación, las características sin carga / cortocircuito / carga, la determinación de las polaridades y el grupo de conexión. (De Lorenzo, 2020)

### Figura 3

*Módulo DL MAC-TT\_UM*



*Nota.* Tomado de De Lorenzo (2020). DL MAC-TT\_UM 1,1 [kW] – Manual 60 [Hz]

**Equipos:**

Los equipos necesarios para desarrollar las actividades formativas son los mismos descritos anteriormente en la sección de equipos (Capítulo 3.1.1) a excepción del tacómetro digital.

**Herramientas:**

En el simulador de máquinas eléctricas estáticas no son necesarias herramientas, ya que el módulo DL MAC-TT\_UM (ver Figura 3) se diseñó para análisis, manejo y conexionado de transformadores eléctricos.

**Materiales:**

Los materiales que se utilizan para desarrollar las actividades formativas en el simulador de máquinas eléctricas estáticas son responsabilidad del SENA (Resolución 1113, 2017).

**3.1.3. Simulador de sistemas de puesta a tierra**

Este simulador tiene una particularidad con respecto a los demás nombrados en el presente trabajo y es que en su mayoría se desarrolla en campo abierto, para actividades de medida, reparación e instalación de sistemas de puesta a tierra.

**Máquinas:**

El simulador de sistemas de puesta a tierra no es necesario máquinas.

**Equipos:**

Los equipos de medida necesarios para la simulación del entorno son:

- Telurómetro.
- Pinza de resistencia de tierra.
- Radios Walkie Talkie.

### **Herramientas:**

Las herramientas necesarias para la simulación del entorno son:

- Molde de grafito.
- Pinza universal para moldes de soldadura exotérmica.
- Cartucho de soldadura exotérmica, más disco soporte o moneda, más Polvo de iniciador.
- Flexómetro.
- Decámetro.
- Pica con cabo.
- Pala redonda.
- Paladruga.
- Chispero para soldadura puesta a tierra.
- Soplete o antorcha a gas.
- Caja de inspección.

### **Materiales:**

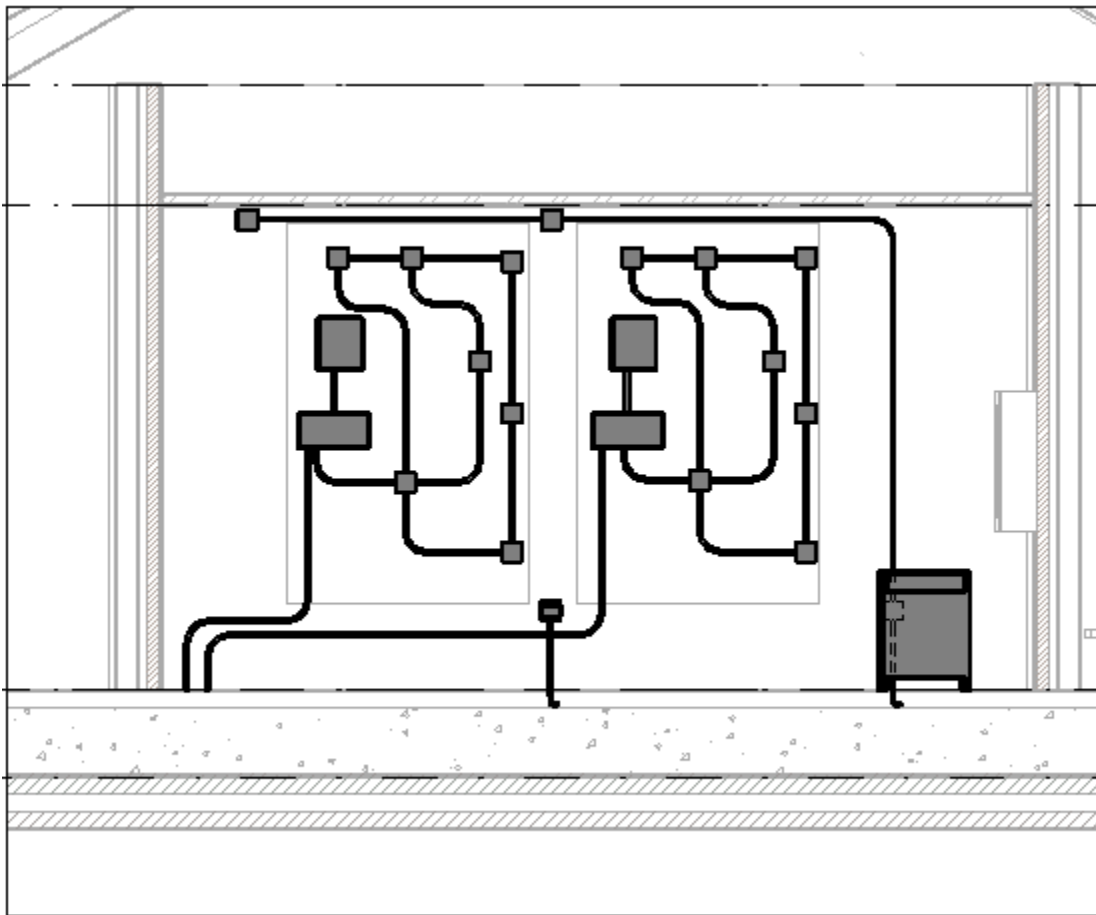
Los materiales que se utilizan para desarrollar las actividades formativas en el simulador de sistemas de puesta a tierra son responsabilidad del SENA (Resolución 1113, 2017).

### 3.1.4. *Simulador de acometidas y redes internas*

El simulador de acometidas y redes internas consta de la visualización de un apartamento modelo a escala desde la vista superior, por ende, los aparatos eléctricos como interruptores, tomacorriente, luminarias, tablero de distribución, medidor de energía estarán distribuidos en la superficie de madera prensada, ajustada sobre una de las paredes del laboratorio. Además, consta de la caracterización desde el lado secundario del transformador hasta la varilla de puesta a tierra usualmente utilizada para zonas residenciales.

#### **Figura 4**

*Renderización del simulador de acometidas y redes internas*



**Máquinas:**

- Medidor electrónico monofásico - Clase 1.
- Medidor electrónico bifásico - Clase 1.
- Medidor electrónico trifásico - Clase 1.
- Medidor de precisión multifuncional, Semidirecta.

**Equipos:**

Los equipos de medida necesarios para la simulación del entorno son:

- Multímetro digital.
- Transformadores de medida.

**Herramientas:**

Las herramientas necesarias para la simulación del entorno, se recomiendan kit de herramientas manuales fabricados por las marcas Stanley, Sata o Fluke.

- Destornilladores de estrella.
- Destornilladores de punta plana.
- Alicata electricista.
- Alicata cortafrío.
- Alicata pela cable.
- Alicata pinza punta larga.
- Comprobador eléctrico.

- Ponchadora.

**Materiales:**

Los materiales que se utilizan para desarrollar las actividades formativas en el simulador de acometidas y redes internas son responsabilidad del SENA (Resolución 1113, 2017). Sin embargo, para este simulador se recomienda adquirir los siguientes elementos:

- Interruptor.
- Tomacorriente.
- Pulsador de timbre.
- Tablero eléctrico, certificación RETIE.
- Plafón.
- Cajas de derivación.
- Tubería conduit.
- Grapas.
- Curvas conduit.
- Conectores conduit.
- Uniones conduit.

**3.1.5. *Simulador de procesos industriales***

El simulador de procesos industriales consta de ensamblar, reparar o mejorar automatismos en beneficio a la reducción de tiempo, costo y riesgo eléctrico.

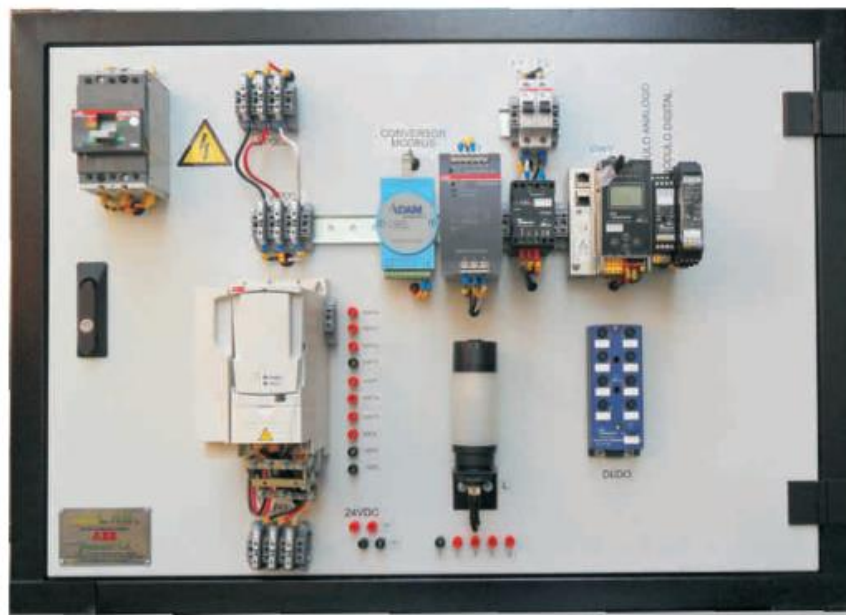
**Máquinas:**

- Aprende con ABB, Banco didáctico de procesos industriales.

Cada banco didáctico cuenta con un PLC ABB de la línea AC500 que, con ayuda de sus módulos de entradas y salidas, digitales y analógicas, permite al usuario tener una gran cantidad de posibilidades para recibir y enviar señales desde y hacia el proceso que se está simulando. Con ayuda del panel CP600 se tendrá una visualización de las variables más representativas del proceso y se tendrá la posibilidad de controlarlas de manera táctil. Dependiendo de la aplicación y/o el proceso implementado, cada banco tendrá la posibilidad de realizar el arranque de los motores con un variador de velocidad, un arrancador suave o una UMC. Estos bancos cuentan con todas las protecciones necesarias para una operación segura. (Aprende con ABB, 2020, p.9)

**Figura 5**

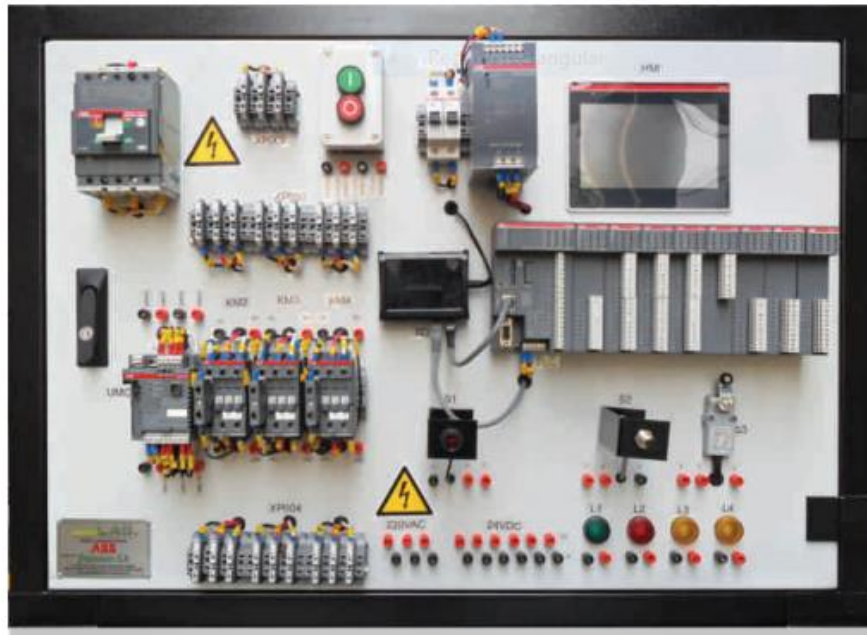
*Banco didáctico ABB – Parte izquierda*



*Nota.* Tomado de Aprende con ABB (2020). Banco didáctico de procesos industriales

**Figura 6**

*Banco didáctico ABB – Parte derecha*



*Nota.* Tomado de Aprende con ABB (2020). Banco didáctico de procesos industriales

- Montaje de gabinetes eléctricos.

Presentar alternativas de solución que respondan en su totalidad con cada una de las funciones del automatismo, es uno de los resultados de aprendizaje que tiene la competencia académica “MEJORAR EL FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS Y PROCESOS, BUSCANDO SU EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD”, en resumen, es el ensamble, ajuste y verificación de gabinetes eléctricos que controlan procesos industriales, son habilidades importantes que los educandos de la Institución Educativa deben capacitarse.

#### **Equipos:**

- Multímetro digital Fluke 179.

**Herramientas:**

Las herramientas necesarias para la simulación del entorno son:

- Destornillador especial.
- Destornillador especial fino.
- Alicata electricista.
- Alicata cortafrío.
- Alicata pela cable.
- Alicata pinza punta larga.
- Comprobador eléctrico.
- Ponchadora.

**Materiales:**

Los materiales que se utilizan para desarrollar las actividades formativas en el simulador de procesos industriales son responsabilidad del SENA (Resolución 1113, 2017). Sin embargo, para este simulador se recomienda adquirir los siguientes elementos:

- Tablero eléctrico, certificación RETIE.
- Contactor.
- Termomagnético.
- Interruptor de potencia.
- Temporizador.
- Pulsador.

- Bombillo guía.
- Regleta.
- Relés.
- Guarda motor.
- Borneras.

### ***3.1.6. Simulador de diseño eléctrico mediante software***

Este simulador se realiza mediante software de simulación y herramientas ofimáticas, donde el aprendiz tendrá las herramientas para buscar información necesaria o plasmar en los programas de simulación la labor que será realizada posteriormente.

#### **Máquinas:**

El simulador de diseño eléctrico mediante software no es necesario maquinas.

#### **Equipos:**

Los equipos de medida necesarios para la simulación del entorno son:

- Tablero digital
- Computador de mesa
- Computador portátil
- Mouse

**Herramientas:**

Las herramientas necesarias para la simulación del entorno son:

- Windows 10 – Microsoft
- Microsoft office
- AutoCAD 2020 – Autodesk
- ETAP u otro programa similar
- DIALux Evo
- CAdE SIMU

**Materiales:**

No son necesarios materiales para este simulador.

**3.2. Inventarios simuladores del entorno**

El inventario detallado de las maquinas, equipos, herramientas y materiales necesarios para desarrollar las actividades formativas de los simuladores de entorno están disponibles en el Apéndice C del presente trabajo de grado.

**4. Manual de normas de seguridad del laboratorio**

En este capítulo se realizó el manual de normas de seguridad del laboratorio de prácticas de la Institución Educativa Rural San Miguel del Tigre, el cual deberá ser de obligatorio cumplimiento para preservar la vida de los educandos e instructor encargado.

#### **4.1. Electropatología**

Esta disciplina estudia los efectos de corriente eléctrica, potencialmente peligrosa, que puede producir lesiones en el organismo, así como el tipo de accidentes que causa. Las consecuencias del paso de la corriente por el cuerpo humano pueden ocasionar desde una simple molestia hasta la muerte, dependiendo del tipo de contacto; sin embargo, debe tenerse en cuenta que en general la muerte no es súbita. (RETIE, 2013, p.42)

El RETIE en su Capítulo 9.1 recopila unos conceptos básicos que debemos tener presentes.

- Los accidentes con origen eléctrico pueden ser producidos por: contactos directos (bipolar o fase- fase, fase-neutro, fase-tierra), contactos indirectos (inducción, contacto con masa energizada, tensión de paso, tensión de contacto, tensión transferida), impactos de rayo, fulguración, explosión, incendio, sobrecorrientes y sobretensiones. (p.42)
- Debido a que los umbrales de soportabilidad de los seres humanos, tales como el de paso de corriente (1,1 mA), de reacción a soltarse (10 mA) y de rigidez muscular o de fibrilación (25 mA) son valores muy bajos; la superación de dichos valores puede ocasionar accidentes como la muerte o la pérdida de algún miembro o función del cuerpo humano. (p.43)
- El paso de corriente por el cuerpo puede ocasionar el estado fisiopatológico de shock, que presenta efectos circulatorios y respiratorios simultáneamente. (p.43).

##### ***4.1.1. Efectos causados por la energía eléctrica***

A continuación, se describe los efectos del paso de la energía eléctrica por el cuerpo humano, los cuales están ligado al tiempo de exposición de la persona.

- “La fibrilación ventricular consiste en el movimiento anárquico del corazón, el cual no sigue su ritmo normal y deja de enviar sangre a los distintos órganos” (RETIE, 2013, p.43).
- “La tetanización muscular es la anulación de la capacidad del control muscular, la rigidez incontrolada de los músculos como consecuencia del paso de una corriente eléctrica” (RETIE, 2013, p.43).
- “La asfixia se produce cuando el paso de la corriente afecta al centro nervioso que regula la función respiratoria, ocasionando el paro respiratorio. Casi siempre por contracción del diafragma” (RETIE, 2013, p.43).
- “Las quemaduras o necrosis eléctrica se producen por la energía liberada al paso de la corriente (calentamiento por efecto Joule) o por radiación térmica de un arco eléctrico” (RETIE, 2013, p.43).
- “El bloqueo renal o paralización de la acción metabólica de los riñones, es producido por los efectos tóxicos de las quemaduras o mioglobinuria” (RETIE, 2013, p.43).

## **4.2. Administración de riesgos en el laboratorio**

En la mayoría de los espacios existe riesgo eléctrico, y aún más para un laboratorio de electricidad industrial, por eso, se deben acatar las recomendaciones y normas dispuestas para el uso del laboratorio de prácticas, y así, evitar eventualidades por el mal uso o imprudencia. A continuación, se describe las normas de seguridad del laboratorio.

### **4.2.1. Normas de seguridad**

- Ingresar al laboratorio en el horario establecido por la institución.
- Ingresar de manera ordenada, evitando aglomeraciones en las entradas.

- Portar la identificación estudiantil durante el horario de formación.
- Portar los elementos de protección personal al ingreso del laboratorio.
- Evitar mover las maquinas, equipos o herramientas sin autorización del docente.
- Tener presentes la ubicación de las vías de evacuación y elementos contraincendios.
- Mantener limpio y organizado el salón multipropósito, salón de simulación de entorno y bodega.

#### **4.2.2. *Prohibiciones***

- Se prohíbe el uso de celulares, reproductores de música a excepción que tengan un fin académico.
- Portar en el salón de simulación de entornos manillas, brazaletes, reloj, anillos, cadenas, auriculares alámbricos etc.
- Ingresar o permitir el ingreso de mascotas o elementos extraños al laboratorio.
- Ingerir o expender alimentos, bebidas dentro del laboratorio.
- Colocar elementos ajenos como: bolsos, carpetas, maquetas u otros elementos de otras asignaturas fuera del sitio asignado.
- Tomar cualquier elemento perteneciente al laboratorio y sacarlo sin autorización del docente.

#### **4.2.3. *Sugerencias u indicaciones***

- No almacenar basura, trapos, material no reciclable etc.
- Utilizar los elementos adecuados y necesarios para el desarrollo de la actividad formativa del simulador en práctica.

- Procurar normalizar el buen uso de las instalaciones, máquinas, equipos y herramientas.
- Mantener el respeto, buena comunicación entre compañeros y docente encargado.
- Utilizar de manera adecuada la iluminación artificial del laboratorio, evitando el uso injustificado de la energía eléctrica.
- Reportar de manera oportuna daños, averías y peligros dentro del laboratorio.
- Acatar las indicaciones hechas por el docente y manuales de uso de las máquinas, equipos o herramientas.

#### **4.3. Elementos de protección personal**

Durante el desarrollo de las actividades formativas dentro del salón de simulación de entorno, es obligatorio el uso de los elementos de protección personal, esto con el fin de caracterizar completamente un entorno laboral, además de evitar peligros dentro de las instalaciones del laboratorio.

**Botas dieléctricas:** Calzado de seguridad que tiene como objetivo proteger a las personas de impactos ocasionado por caídas de objetos, además de la protección ante descargas eléctricas, ya que estas cuentan con un aislamiento adecuado para laborar en zonas de riesgo eléctrico, este elemento de protección personal está reglamentado en la NTC 2396.

**Figura 7***Botas dieléctricas*

*Nota.* Tomado de Caterpillar. Catálogo, Botines. <https://www.catlifestyle.co/>

**Gafas de seguridad:** Las gafas generan una protección frontal, lateral y superior de los ojos, evitando el ingreso de fragmentos, arena, entre otras partículas de dimensiones pequeñas que en el peor de los casos ocasiona la pérdida total del ojo, este elemento de protección personal está reglamentado en la NTC 1771.

**Figura 8***Gafas de seguridad*

*Nota.* Tomado de Décimo Dotaciones S.A.S. Catálogo, línea EPP. <https://www.dotacionesenbogota.com/>

**Guantes de nylon:** Destinado a la protección de las manos frente a riesgos mecánicos como: desgarró, corte y abrasión. Este tipo de guante es categoría II, especialmente requerido para realizar labores en tableros de control.

### Figura 9

*Guantes de nylon*



*Nota.* Tomado de la muela S.A.S. Catálogo, Seguridad Industrial. <https://www.lamuela.com.co/>

**Casco de seguridad:** Destinado especialmente a proteger la cabeza contra impactos, salpicaduras de sustancias y efectos de las llamas, este elemento de protección personal está reglamentado en la NTC 1523.

**Figura 10**

*Casco de seguridad*



*Nota.* Tomado de Red Suministros. Catálogo, Equipos de protección personal. <https://redsuministros.com/>

**Camisa dril:** Destinado a la protección de la zona media del cuerpo humano de salpicaduras, cortes, contacto directo con zonas de alta temperatura.

**Figura 11**

*Camisa dril*



*Nota.* Tomado de Valente. Catálogo, Operativo e industrial. <https://www.valente.com.co/>

**Pantalón jean:** Destinado a la protección de la zona baja del cuerpo humano de salpicaduras, cortes, contacto directo con zonas de alta temperatura.

### Figura 12

*Pantalón de seguridad*



*Nota.* Tomado de Fagy, Catalogo, Protección corporal. <https://www.fagy.com.pe/>

## 5. Diseño del laboratorio

La elaboración del diseño del laboratorio de prácticas está apoyada en los laboratorios de electricidad industrial del Centro Industrial de Mantenimiento Integral, Regional Santander.

A diferencia del centro regional este laboratorio tiene unas características particulares que nos permite visionar en el diseño, una implementación del modelo educativo del SENA a través de una articulación con una interacción más personalizada “Aprendiz – Instructor”, además de

contar con las herramientas didácticas de última generación ya seleccionadas en el presente trabajo, esto genera un sistema de educación de calidad, gratuita y descentralizada.

## 5.1. Arquitectura del laboratorio

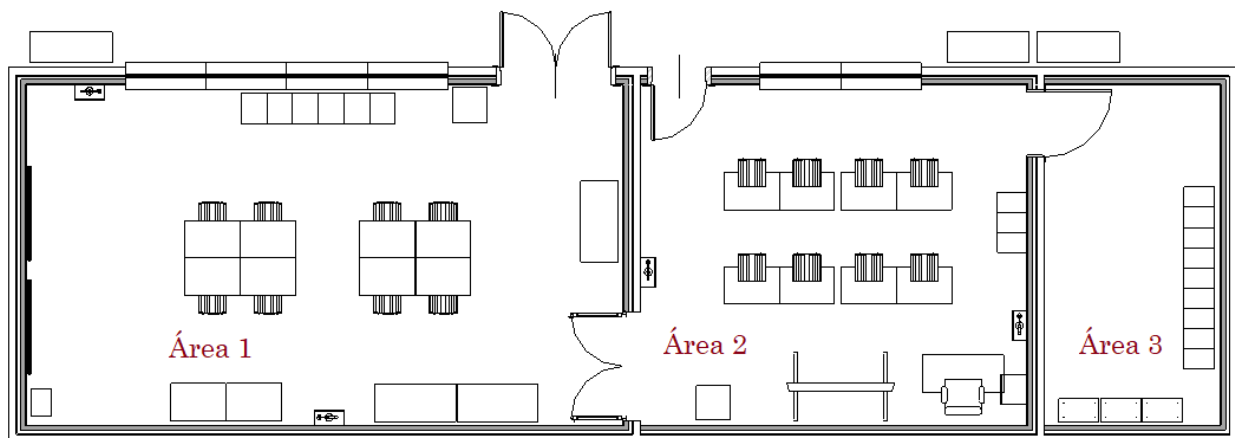
La creación de los nuevos laboratorios va orientada hacia la flexibilidad, comodidad y seguridad, donde la mayoría de sus elementos brinden estas características.

### 5.1.1. Visualización 2D y 3D del laboratorio

La distribución del laboratorio consta de las áreas uno (1), dos (2) y tres (3), que corresponden a el salón de simulación del entorno, salón multipropósito y la bodega respectivamente. (ver Figura 13)

**Figura 13**

*Distribución del laboratorio de prácticas*



**Figura 14**

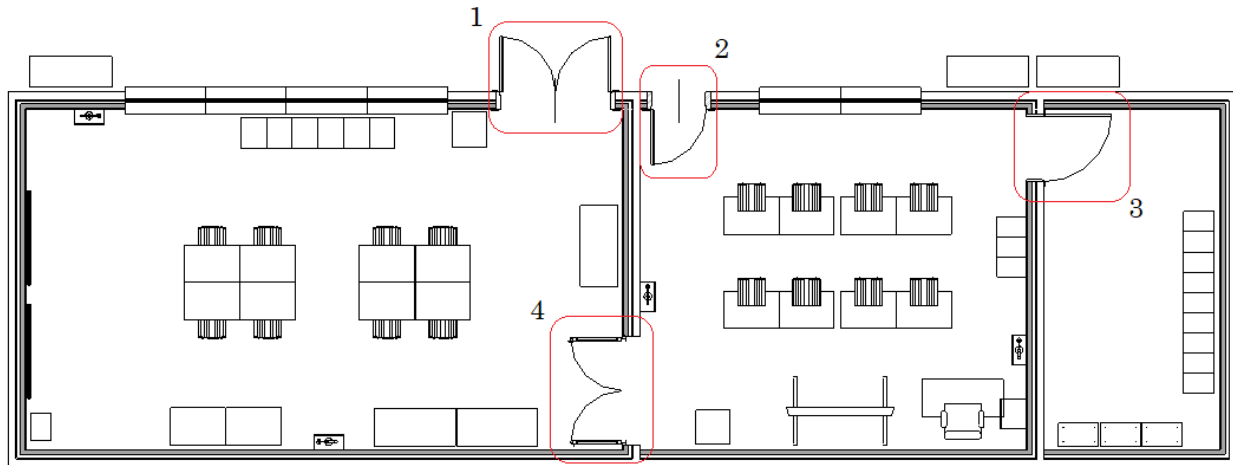
*Visualización 3D exterior del laboratorio*

**5.1.2. Instrucciones de diseño del laboratorio**

**Puertas:** Las puertas deben tener un ancho útil no inferior a 0,80 m y una altura libre mínima de 2,05 m. En caso de ser doble hoja, una de estas debe tener mínimo un ancho útil de 0,80 m y en las salidas de evacuación, cuando la puerta se subdivide en dos o más hojas, el ancho mínimo de cada una de estas no debe ser menor de 0,70 m. (NTC 4595, 2020, p.30)

**Figura 15**

*Ubicación de las puertas de acceso*



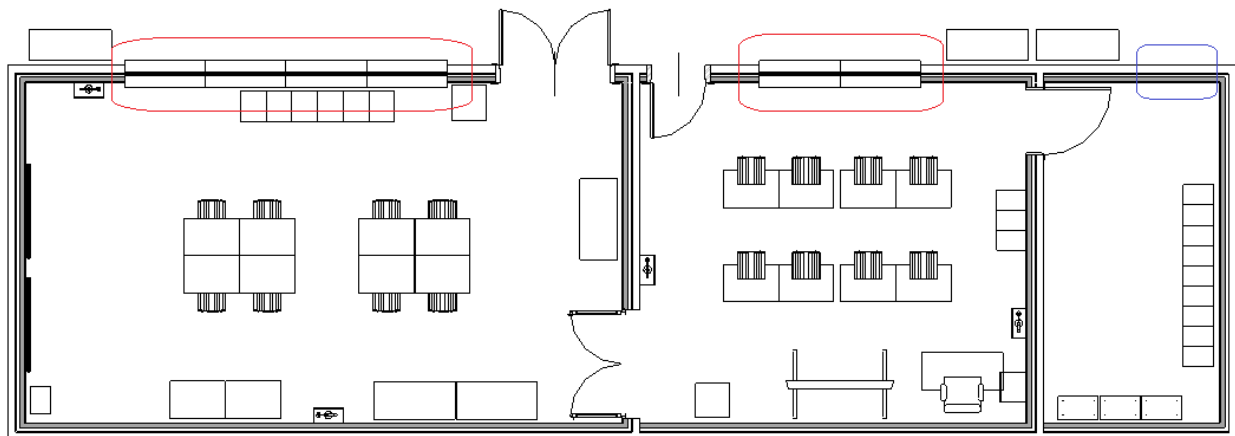
- La puerta principal del salón de simulación del entorno numerada con el uno (1) cuenta con una altura de 2,05 m y un ancho de 1,65 m, esta puerta es doble hoja, que gira en dirección a la salida exterior del laboratorio. (ver Figura 15)
- La puerta principal del salón multipropósito numerada con el dos (2) cuenta con una altura de 2,05 m y un ancho de 0,825 m, esta puerta es una solo hoja, que gira hacia el interior del área dos (2). (ver Figura 15)
- La puerta principal de la bodega numerada con el tres (3) cuenta con una altura de 2,10 m y un ancho de 1 m, esta puerta es una solo hoja, que gira hacia el interior del área tres (3). (ver Figura 15)
- La puerta de unión entre el área uno (1) y el área dos (2) del laboratorio numerada con el cuatro (4) cuenta con una altura de 2,20 m y un ancho de 1,60 m, esta puerta es de dos hojas tipo vaivén, el componente de mayor extensión de la puerta es el vidrio, que permite tener un ángulo de visión amplio desde la ubicación del escritorio del instructor. (ver Figura 15)

**Techo:** El techo debe ser resistente al desgaste, calor intenso, manteniendo una buena inclinación minimizando las posibilidades de fugas de aguas lluvias. El cielo raso se dispone a una altura de 2,8 m debido a las condiciones térmicas del corregimiento San Miguel del Tigre.

**Ventanas:** Las ventanas del laboratorio que se encuentran ubicadas en el área uno (1) y dos (2) tienen 1,2 m de largo, 1,2 m de ancho, y una altura de 1 m, estas ventanas son de una hoja, que se desliza hacia un costado. Además, cuenta con un deflector de ventilación ubicado en el área tres (3) de  $0,37 \text{ m}^2$  a una altura de 2 m.

### Figura 16

*Ubicación de las ventanas*



**Piso:** El suelo debe ser uniforme de una sola pieza antideslizante, esto disminuye la posibilidad de acumulación de desechos o polvo, fácil de limpiar.

**Pared:** La pared debe ser uniforme color blanco, fácil de limpiar, con buenas propiedades térmicas.

**Superficies de las mesas:** Debe ser impermeable, resistente a desinfectantes, al calor moderado, corrosión y al impacto.

**Mobiliario:** “El mobiliario debe ser robusto y debe quedar espacio entre mesas, armarios y otros muebles, así como debajo de los mismos, a fin de facilitar la limpieza” (Directiva Ministerial No.67, 2015).

### Figura 17

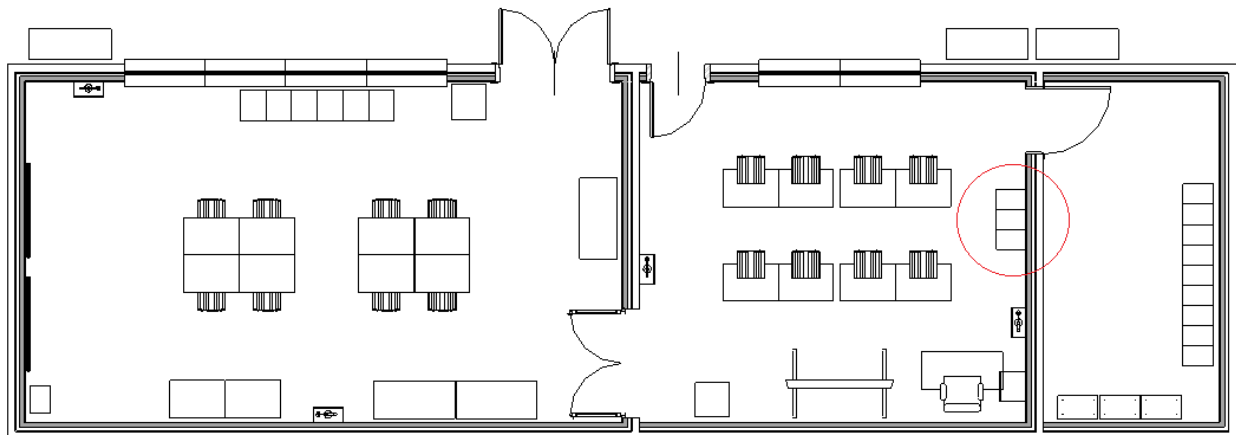
*Visualización 3D del mobiliario*



- Las mesas de los aprendices tienen una altura de 0,7 m, una anchura de 0,82 m y una profundidad de 0,56 m.
- Las sillas tienen una altura 0,42 m, una anchura de 0,43 m y una profundidad de 0,4 m con respecto a la base del asiento.
- La mesa del instructor tiene una altura de 0,8 m, una anchura de 1,20 m y una profundidad de 0,56 m.
- Los armarios son el sitio indicado para que los aprendices de la Institución Educativa guarden sus cosas que no estén relacionadas con las actividades que se realizan en el laboratorio de prácticas.

### Figura 18

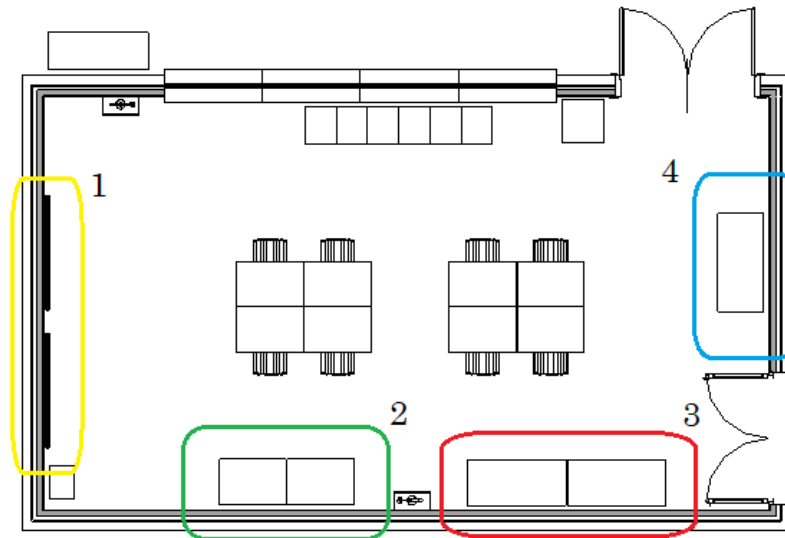
#### *Ubicación de los armarios*



**Simuladores del entorno:** Los simuladores cuentan con las medidas de seguridad necesarias para desarrollar las actividades formativas previstas en el programa de formación titulada.

**Figura 19**

*Ubicación de los simuladores*

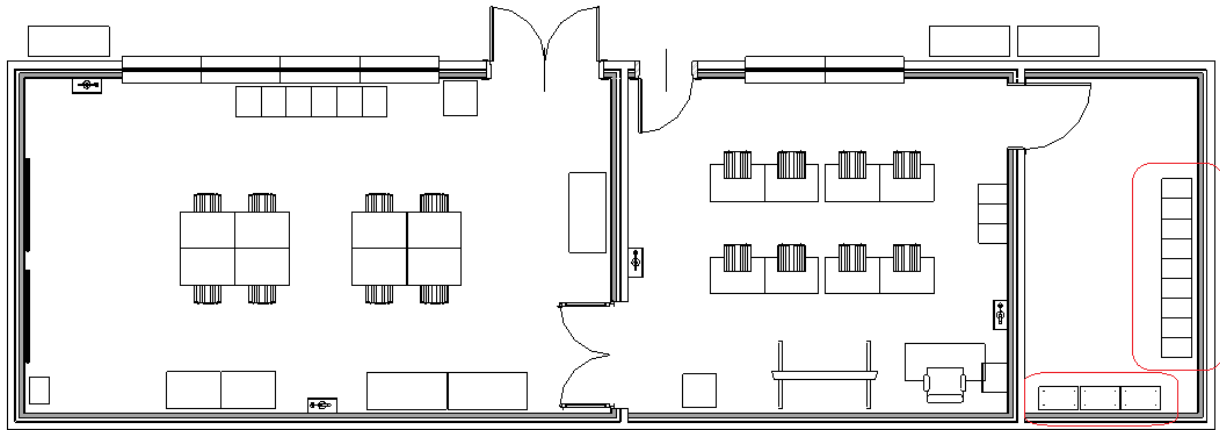


- La enumeración número uno (1) de la figura anterior, hace referencia a el simulador de acometidas y redes internas. (ver Capítulo 3.1.4)
- La enumeración número dos (2) de la figura anterior, hace referencia a el simulador de máquinas eléctricas rotativas (ver Capítulo 3.1.1)
- La enumeración número tres (3) de la figura anterior, hace referencia a el simulador de procesos industriales. (ver Capítulo 3.1.5)
- La enumeración número cuatro (4) de la figura anterior, hace referencia a el simulador de máquinas eléctricas estáticas. (ver Capítulo 3.1.2)

**Estantería:** La estantería está ubicada en el área tres (3), allí se destinan la mayoría de las herramientas, materiales y equipos del laboratorio.

**Figura 20**

*Ubicación de la estantería*



### **5.1.3. Elementos de mantenimiento**

Los elementos de mantenimiento son aquellos equipos y herramientas necesarios para realizar una adecuación, mejora o simplemente facilitar la ejecución de una labor, incluso para el desarrollo de las actividades formativas.

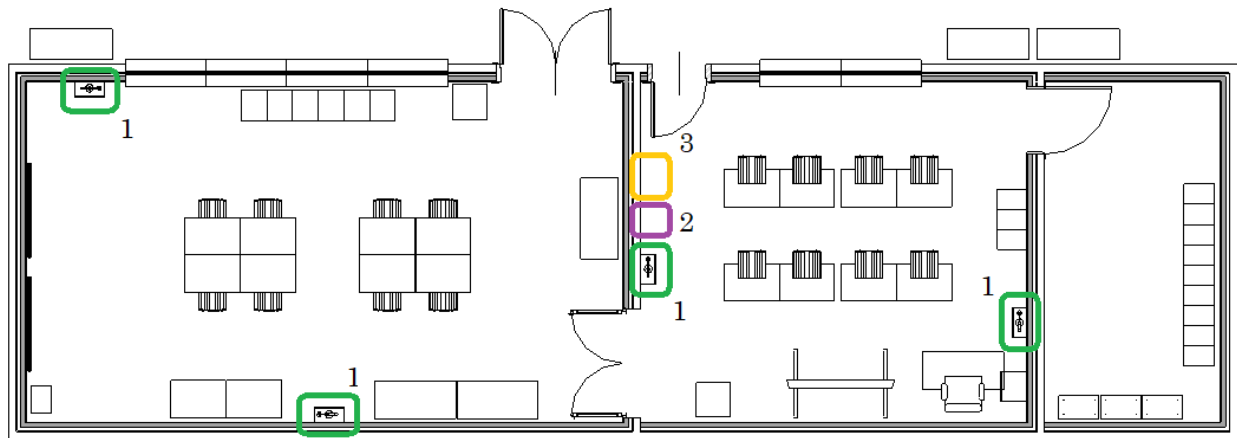
- Taladro percutor
- Pulidora
- Escaleras
- Destornillador de impacto
- Arco de sierra

### **5.1.4. Equipo de emergencia**

El laboratorio de prácticas tendrá disponible los siguientes elementos y estarán ubicados de la siguiente manera:

**Figura 21**

*Ubicación de los equipos de emergencias*



- Botiquín de primeros auxilios

El botiquín de primeros auxilios está ubicado con la numeración número dos (2) de la figura anterior. (ver Figura 21)

- Camilla

La camilla está ubicada con la numeración número tres (3) de la figura anterior. (ver Figura 21)

- Extintores de incendios

El equipo contra incendios del laboratorio de prácticas está ubicado estratégicamente con la numeración número uno (1) de la figura anterior (ver Figura 21), Los extintores deben ser de polvo ABC, además de ser inspeccionados periódicamente. Este tipo de extintor es eficiente para tipos de fuegos ocasionados por: sólidos, líquidos inflamables y energía eléctrica.

**Figura 22**

*Tipo de incendios y extintores*



*Nota.* Tomado de Grupo de incendios. Catálogo, Extintores. <http://blog.grupoincendios.com/>

**5.1.5. Ventilación**

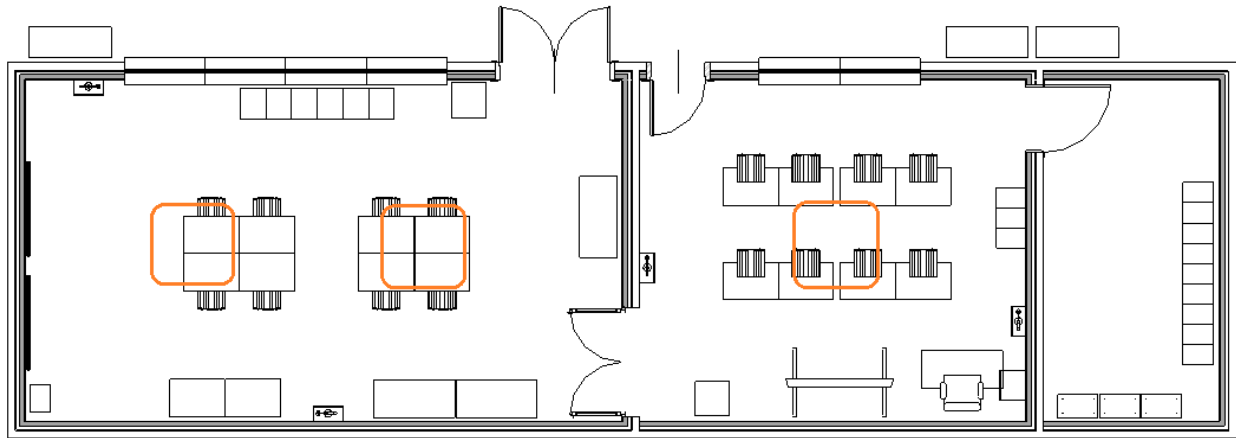
Una adecuada ventilación del laboratorio permite su acondicionamiento ambiental en lo que respecta a temperatura, humedad, dilución y evacuación de contaminantes. Es deseable contar con un sistema mecánico de ventilación que introduzca aire del exterior sin recirculación, de no ser posible, las ventanas deben poder abrirse. Para la renovación constante del aire es fundamental considerar una superficie de ventanas mayor al 20% del área del piso del salón (Directiva Ministerial No.67, 2015).

De acuerdo con la temperatura registrada en Yondó Antioquia de treinta y tres grados Celsius (33°C), donde está ubicada la Institución Educativa Rural San Miguel del Tigre, es necesario la instalación del sistema de climatización artificial, que conta de tres (3) aires

acondicionados tipo cassette situados de la siguiente manera (ver Figura 23). Cada uno de esto tendrá una capacidad de 24.000 BTU.

### Figura 23

*Ubicación del sistema de climatización*



Ahora, por situaciones de mantenimiento correctivo o preventivo del sistema de climatización artificial es necesario que el salón de simulador del entorno cuente con entradas de aire natural, asegurándose de cumplir con las disposiciones echas por la Directiva Ministerial No.67 del Ministerio de Educación Nacional. Siendo así, el área uno (1) cuenta con unas medidas de  $44,4 \text{ m}^2$ , según este dato las entradas de ventilación deben tener unas medidas superiores a  $8,88 \text{ m}^2$ , las entradas de ventilación están compuestas de dos (2) ventanas de  $1,44 \text{ m}^2$  c/u y dos puertas de  $3,38 \text{ m}^2$  y  $3,52 \text{ m}^2$ . La suma de las medidas anteriores da un resultado de  $9,78 \text{ m}^2$ , valor que cumple con lo dicho anteriormente.

### 5.1.6. Sistema de seguridad y comunicación

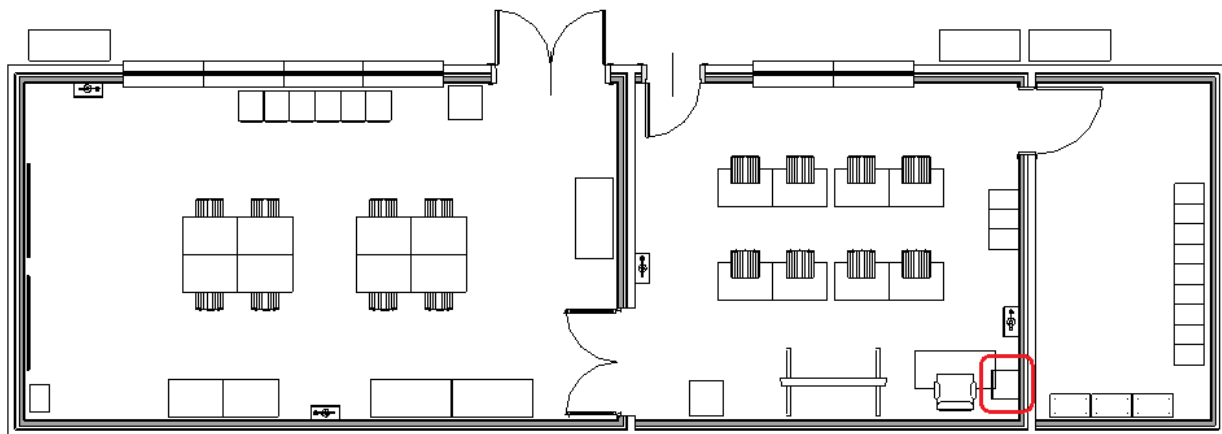
El laboratorio de prácticas cuenta con cinco (5) cámaras de seguridad, conectadas a un Digital Video Recorder – DVR, esto permite monitorear las personas que visitan el laboratorio.

Las comunicaciones por medio de la conexión a internet generan la posibilidad de visualizar en tiempo real las actividades que se están realizando en las instalaciones, además de permitirle al aprendiz interactuar con la información disponible en la nube, para ello, este servicio se sugiere sea satelital.

Este sistema es organizado en un rack, el cual permite proteger los elementos como el DVR y modem de golpes, derrames u otros riesgos que afecten el funcionamiento del sistema.

### Figura 24

*Ubicación rack de comunicaciones*



### **5.1.7. Almacenamiento de residuos**

Los recipientes tanto desechables como retornables deberían: proporcionar seguridad e higiene, permitir el aislamiento de los residuos con el entorno, tener una capacidad y volumen proporcional al peso, volumen y características de los residuos contenidos, ser de material resistente, preferiblemente reciclable, reutilizable o ambos y facilitar su cierre o amarre (GTC 24, 2009).

### **5.1.8. Señalización**

La NTC 4596 (1999) estableció que en “Ambientes C” donde se desarrollan actividades con altas exigencias de seguridad deben incluir ciertas señales como:

- Señal visual rutas de evacuación

Señales claramente visibles ubicadas a no más de 30 m entre sí, que indiquen las rutas de evacuación a las descargas de salida y a los lugares seguros, En estas señales debe figurar la palabra “SALIDA”, acompañada de una flecha que indique la dirección correcta de evacuación. (NTC 4596, 1999, p.2)

Estas tienen estas características: letras legibles no menos a 150 [mm] de alto y un trazo no menos a 20 [mm].

**Figura 25**

*Señal en la rutas de evacuación*



*Nota.* Tomado de NTC 4596, Señalización para instalaciones y ambientes escolares

- Señal en las descargas de salidas

Esta señal o pictograma tiene una persona en acción de salir, acompañado de flecha y la palabra “SALIDA”, en colores de alto contraste, con las mismas características a la anterior. (ver Figura 26)

**Figura 26.**

*Señal en las descargas de salidas*



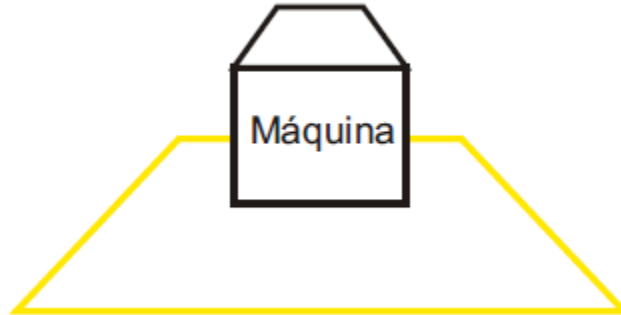
*Nota.* Tomado de NTC 4596, Señalización para instalaciones y ambientes escolares

- Señal visual para demarcación de área de trabajo

Esta demarcación debe hacerse con una franja de 50 [mm], de color amarillo cubriendo todo el área de trabajo donde los aprendices realizaran sus prácticas.

**Figura 27**

*Demarcación área de prácticas*



*Nota.* Tomado de NTC 4596, Señalización para instalaciones y ambientes escolares

- Señal visual de “obligatorio uso”

La señalización de los elementos de obligatorio uso en el laboratorio (Capítulo 4.3) deben tener se describe así: “Placa más pictograma y/o texto en colores de alto contraste y texto con sistema Braille, adosados a una superficie del interior del recinto o señal con texto en colores de alto contraste”. (NTC 4596, 1999, p.9)

**Figura 28**

*Señal visual de “obligatorio uso”*



*Nota.* Tomado de NTC 4596, Señalización para instalaciones y ambientes escolares

- Señal visual de advertencia de peligro

“Placa con fondo en color blanco y triangulo con fondo amarillo, borde en línea color rojo, signo de admiración y texto en color negro” (NTC 4596, 1999, p.9).

**Figura 29**

*Señal visual de advertencia de peligro*



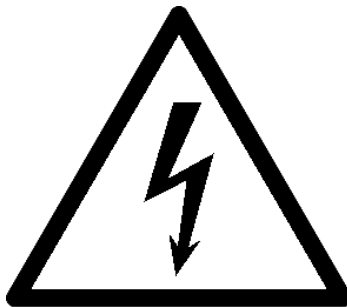
*Nota.* Tomado de NTC 4596, Señalización para instalaciones y ambientes escolares

- Señal de riesgo eléctrico

Este tipo de señalización (ver Figura 30) debe estar a plena vista para equipos o zonas de riesgo eléctrico, por ende, cada uno de los simuladores y tableros de distribución o control ubicados en el laboratorio de prácticas, contemplado así en el Capítulo 6.2.2 del RETIE.

### Figura 30

*Señal de riesgo eléctrico*



*Nota.* Tomado del RETIE, Clasificación de la señales de seguridad

#### 5.1.9. *Inventario de mobiliario del laboratorio*

El inventario detallado de los mobiliarios, equipos adicionales, etc. necesarios para desarrollar las actividades formativas del laboratorio están disponibles en el Apéndice D del presente trabajo de grado.

### 5.2. **Diseño eléctrico**

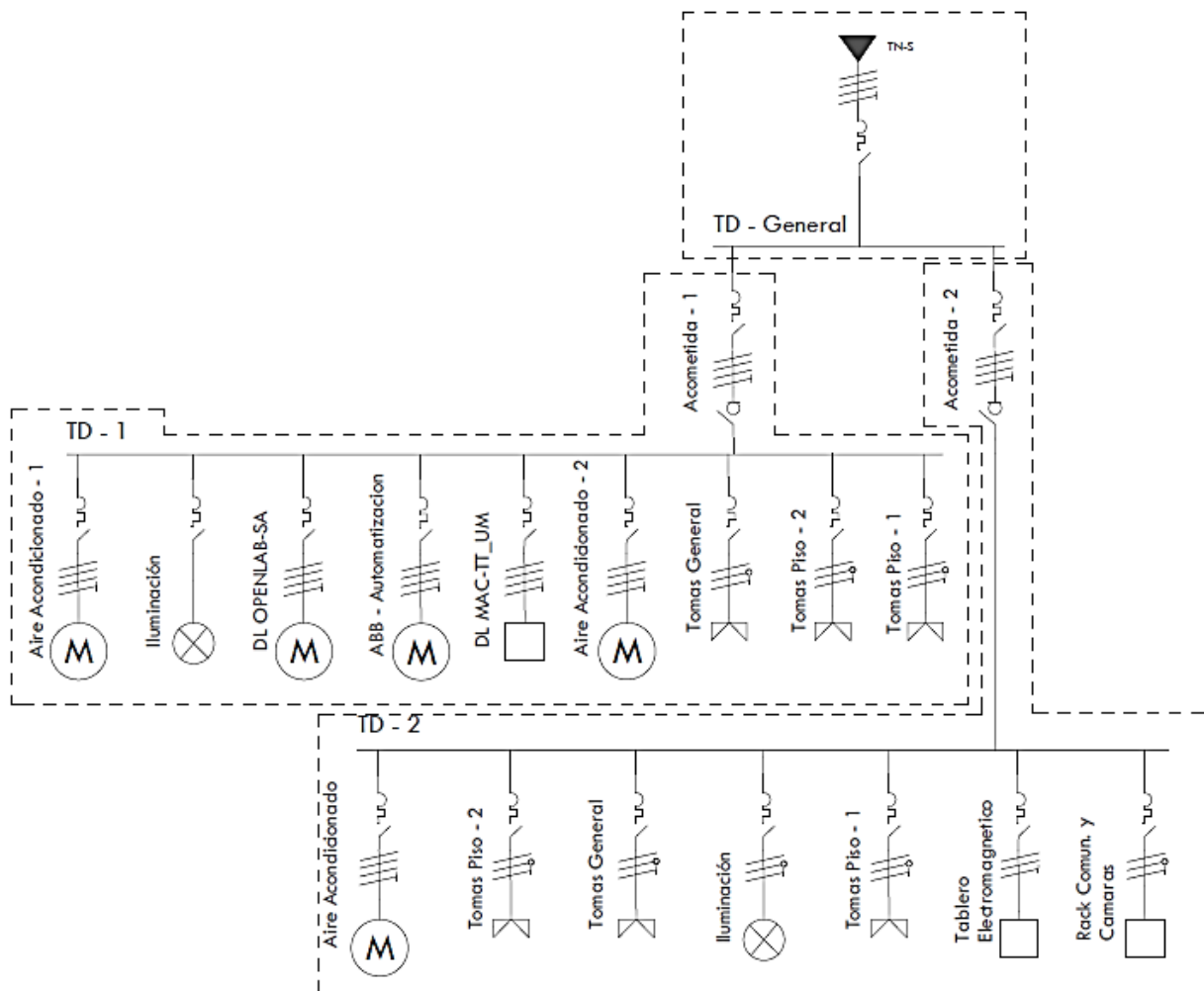
La elaboración del diseño eléctrico se da bajo las condiciones arquitectónicas y ambientales de la Institución Educativa Rural San Miguel del Tigre, contemplando un entorno de formación académica cuyo propósito principal es la formación de técnicos en instalaciones eléctricas en baja tensión.

5.2.1. Diagrama unifilar

La distribución de la red interna del laboratorio se dividió en dos (2), la zona del salón de simulación del entorno y la zona del salón multipropósito en conjunto con la bodega, estas cuentan con un tablero de distribución de veinticuatro (24) puestos trifásicos y dieciséis (16) puestos bifásicos respectivamente, dejando un 30% sin ocupación dentro del tablero de distribución debido a futuros ajustes de las redes internas.

Figura 31

Diagrama unifilar

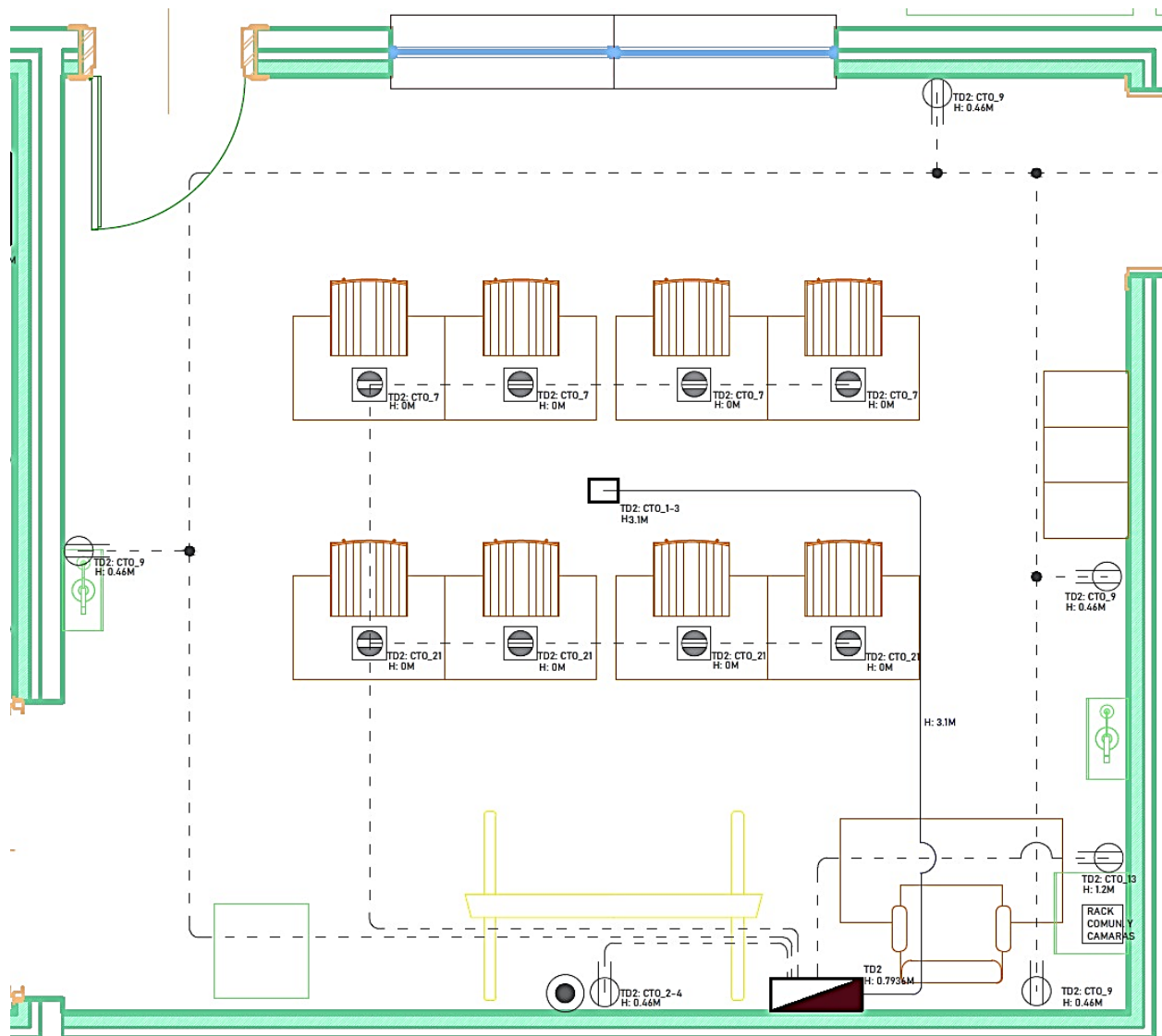


El diagrama unifilar con sus convenciones se ilustra en el Apéndice E del presente trabajo de grado.

Los tableros de distribución de baja tensión son representados en la imagen anterior (ver Figura 31) como TD-1 y TD-2, estos cuenta con una capacidad de 225 [A] y 125 [A] respectivamente los cuales serán detallados en el Apéndice F del presente de trabajo de grado.

### ***5.2.2. Distribución de los aparatos eléctricos***

Cumpliendo con los lineamientos hechos por la NTC 2050 en el diseño de instalaciones eléctricas en baja tensión, se elaboró mediante el software AutoCAD una instalación confiable, que permite al aprendiz emprender su formación de manera segura.

**Figura 32***Distribución de tomacorrientes en el salón multipropósito*

En la figura anterior se ilustra la distribución estratégica para el salón multipropósito, cabe resaltar que el espacio de trabajo asignado al instructor cuenta con ciertas disposiciones técnicas la cual le permite tener el control total del área frente a cualquier eventualidad que ponga en riesgo la integridad de los aprendices, instructor o visitantes.

## Simbología

**Figura 33**

*Convenciones utilizadas en el diseño de distribución eléctrica*

SÍMBOLO	NOMBRE	SÍMBOLO	NOMBRE
	Tomacorriente		Luminaria
	Tablero de distribución		Tomacorriente de piso
	Interruptor doble conmutable		Interruptor doble
	Interruptor triple conmutable		Ductería iluminación
	Ductería tomacorriente		Salida para proyector
	Rack comun. y camaras		Tierra
	Retorno		Neutro
	Viajera		Salida eléctrica sin tomacorriente

La distribución total del laboratorio se encuentra en el Apéndice G del presente trabajo de grado.

### 5.2.3. *Diseño de iluminación*

La iluminación artificial del laboratorio fue diseñada en el software DIALux evo, basándonos en el capítulo 410.1 del RETILAP, el cual nos indica que para “Colegios y centros educativos” son requeridos los siguientes valores. (ver Tabla 5)

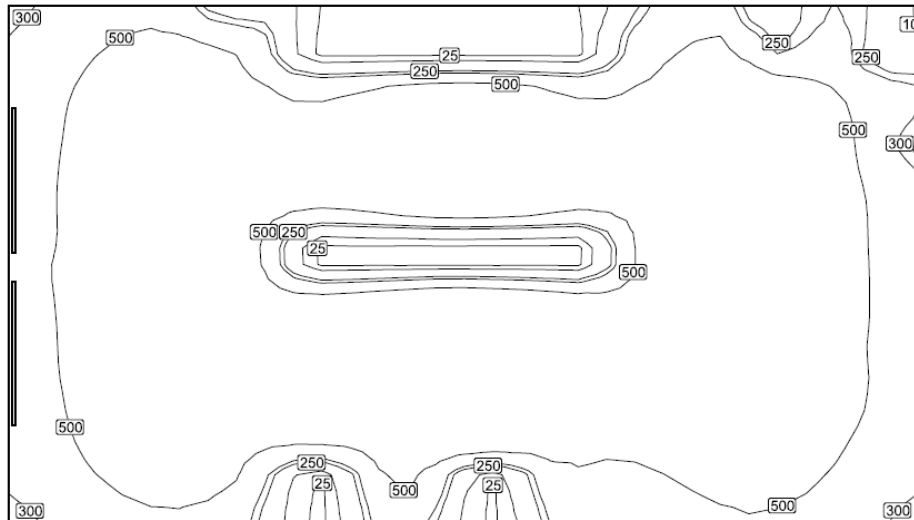
**Tabla 5**

#### *Niveles de iluminación*

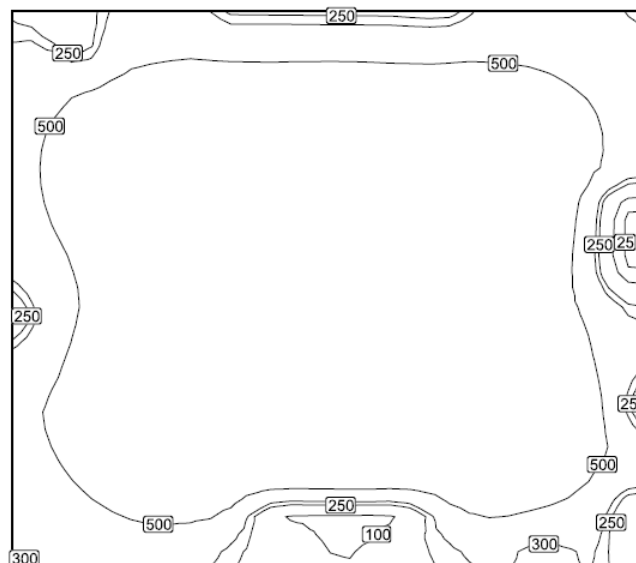
TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR	NIVELES DE ILUMININANCIA (lx)		
		Mínimo	Medio	Máximo
<b>Colegios y centros educativos</b>	19	300	500	750
Laboratorios				

*Nota.* Tomado del RETILAP, Niveles de iluminación o luminancias y distribución de luminancias

Para cumplir con lo exigido por la norma, se destinaron nueve (9) luminarias en el salón de simulación de entorno, Obteniendo un resultado medio de 507 lx del entorno completo (mobiliario, simuladores, etc.). (ver Figura 34)

**Figura 34***Isolíneas área 1*

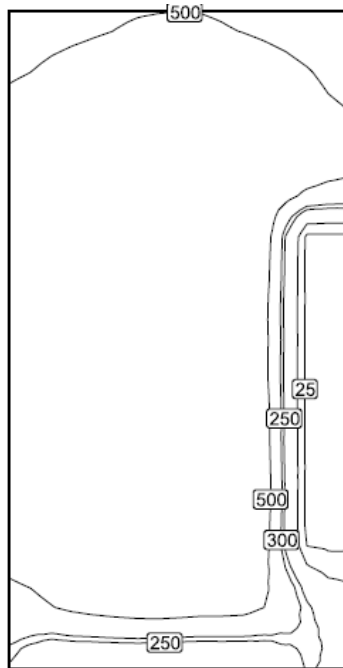
Seis (6) en el salón multipropósito, obteniendo un resultado medio de 528 lx del entorno completo. (ver Figura 35)

**Figura 35***Isolíneas área 2*

Y, por último, cuatro (4) en la bodega, obteniendo un resultado medio de 554 lx del entorno completo. (ver Figura 36)

### Figura 36

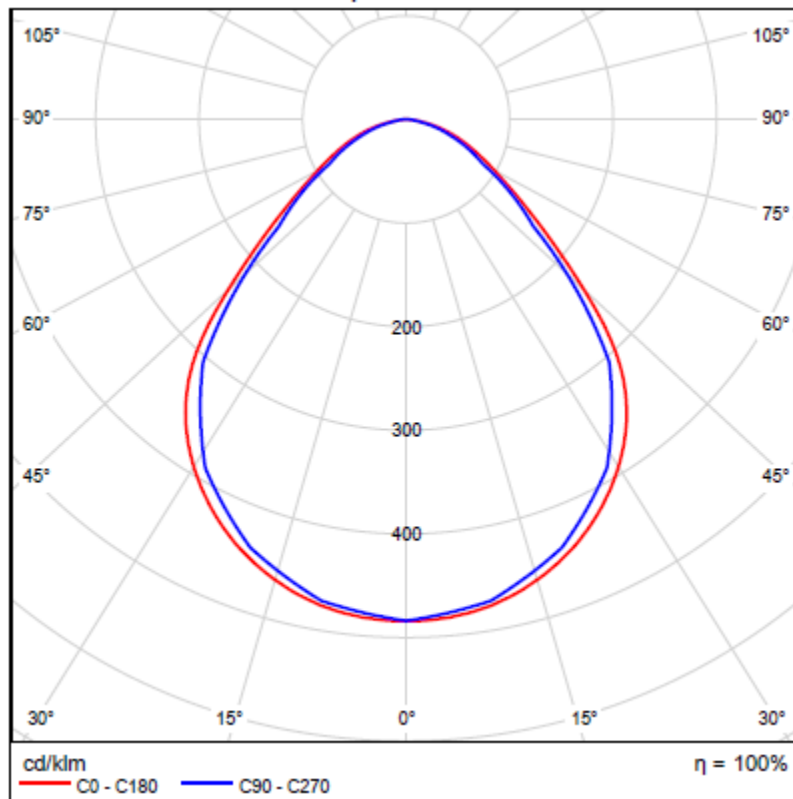
*Isolíneas área 3*



Las luminarias seleccionadas en el diseño son la marca SYLVANIA, estos paneles led, tienen una potencia de 43 [W] y un rendimiento lumínico de 93,0 [lm/W], además de unas curvas de distribución de la intensidad luminosa. (ver Figura 37)

**Figura 37**

*Curvas de distribución de la intensidad luminosa*



La ampliación de las características técnicas del diseño podrá verse en el Apéndice H del presente trabajo de grado.

**Figura 38**

*Ilustración del diseño de iluminación en el software DIALux evo*

**5.2.4. Cuadro de cargas y regulación**

El cuadro de cargas Apéndice I y Apéndice J del presente trabajo de grado reúne de manera concreta las características principales de la distribución eléctrica del laboratorio. Además, contiene la regulación de tensión, que, en nuestro diseño no excede el 1,874% en ningún circuito, tomando como referencia el Capítulo 2.1.4 de la Norma Técnica de la ESSA que reglamenta como porcentaje máximo un 2% en redes internas.

A continuación, se describe algunos datos importantes de la composición de los circuitos ramales como: conexión, potencia, regulación etc. (ver Tabla 6 y 7)

**Tabla 6***Resumen cuadro de cargas TD-1*

Nombre	Conexión	Número de salidas	Potencia [VA]	Cableado [AWG]	Regulación %
<b>Aire Acondicionado - 1</b>	Bifásico	1	1920	2x12F + 12N + 14T	0,116
<b>Iluminación</b>	Monofásico	9	387	12F + 12N + 14T	0,338
<b>DL OPENLAB-SA</b>	Trifásico	1	200	3x12F + 12N	0,017
<b>ABB - Automatización</b>	Trifásico	1	3728	3x10F + 10N	0,073
<b>DL MAC-TT_UM</b>	Trifásico	1	1100	3x10F + 10N	0,023
<b>Aire Acondicionado - 2</b>	Bifásico	1	1920	2x12F + 12N + 14T	0,174
<b>Tomas General</b>	Monofásico	8	1440	12F + 12N + 14T	1,701
<b>Tomas Piso – 2</b>	Monofásico	4	720	12F + 12N + 14T	0,396
<b>Tomas Piso – 1</b>	Monofásico	4	720	12F + 12N + 14T	0,396

**Tabla 7***Resumen cuadro de cargas TD-2*

Nombre	Conexión	Número de salidas	Potencia [VA]	Cableado [AWG]	Regulación %
<b>Aire Acondicionado</b>	Bifásico	1	1920	2x12F+ 12N + 14T	0,096
<b>Tomas Piso – 2</b>	Monofásico	4	720	12F + 12N + 14T	0,267
<b>Tomas General</b>	Monofásico	7	1260	12F + 12N + 14T	1,874
<b>Rack de comunicaciones</b>	Monofásico	1	1500	12F + 12N + 14T	0,354
<b>Iluminación</b>	Monofásico	10	430	12F + 12N + 14T	0,488
<b>Tomas Piso – 1</b>	Monofásico	4	720	12F + 12N + 14T	0,267
<b>Tablero Electromagnético</b>	Bifásico	1	480	2x12F + 12N + 14T	0,017

### 5.2.5. Selección de los alimentadores

La selección de los conductores de la acometida interna del TD-1 y TD-2 deben cumplir con la NTC 2050 en los capítulos 430.24 y 440.33, para ello, se suma las corrientes nominales de las cargas adicionando un 25% a la corriente del motor de mayor potencia, esto teniendo en cuenta que el factor de utilización “Ku” es considerable dado que, las cargas serán energizadas diariamente sean continuas o no continuas, sin embargo, el laboratorio no utilizará todas las cargas en simultaneo, ya que esto no corresponde a las características de las actividades propias a realizar según lo establecido en el programa de formación titulada, por ende, atendiendo la Nota 1 del Artículo 10.1 del RETIE como diseñadores exceptuamos ciertas cargas del cálculo.

**Tabla 8**

*Selección del conductor de alimentación TD-1*

<b>Nombre</b>	<b>Potencia [VA]</b>	<b>Corriente nominal [A]</b>	<b>Factor multiplicador</b>	<b>Corriente [A]</b>
<b>Aire acondicionado - 1</b>	1920	9,230	100%	9,230
<b>Iluminación</b>	387	3,225	125%	4,031
<b>ABB - Automatización</b>	3728	10,347	125%	12,933
<b>Aire acondicionado - 2</b>	1920	9,230	100%	9,230
<b>Tomas generales</b>	1440	12,000	100%	12,000
<b>Suma total de las corrientes requeridas para la selección del calibre del alimentador</b>				<b>47,424</b>

**Tabla 9***Selección del conductor de alimentación TD-2*

<b>Nombre</b>	<b>Potencia [VA]</b>	<b>Corriente nominal [A]</b>	<b>Factor multiplicador</b>	<b>Corriente [A]</b>
<b>Aire acondicionado</b>	1920	9,230	125%	11,537
<b>Tomas piso - 2</b>	720	6,000	100%	6,000
<b>Tomas generales</b>	1260	10,500	100%	10,500
<b>Rack de comunicaciones y cámaras</b>	1500	12,500	100%	12,500
<b>Iluminación</b>	430	3,583	125%	4,478
<b>Tomas piso - 1</b>	720	6,000	100%	6,000
<b>Tablero electromagnético</b>	480	2,308	100%	2,308
<b>Suma total de las corrientes requeridas para la selección del calibre del alimentador</b>				<b>53,323</b>

El conductor indicado para la alimentación al tablero general de distribución debe ser de 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) XHHW-2. Ahora, la sección transversal requerida para el conductor del TD-1 y TD-2 con base a la suma de corrientes y al Capítulo 215.2 (3) de la NTC 2050 debe ser de 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) SINTOX HF LS CT, haciendo referencia a los conductores elaborados por la marca CENTELSA.

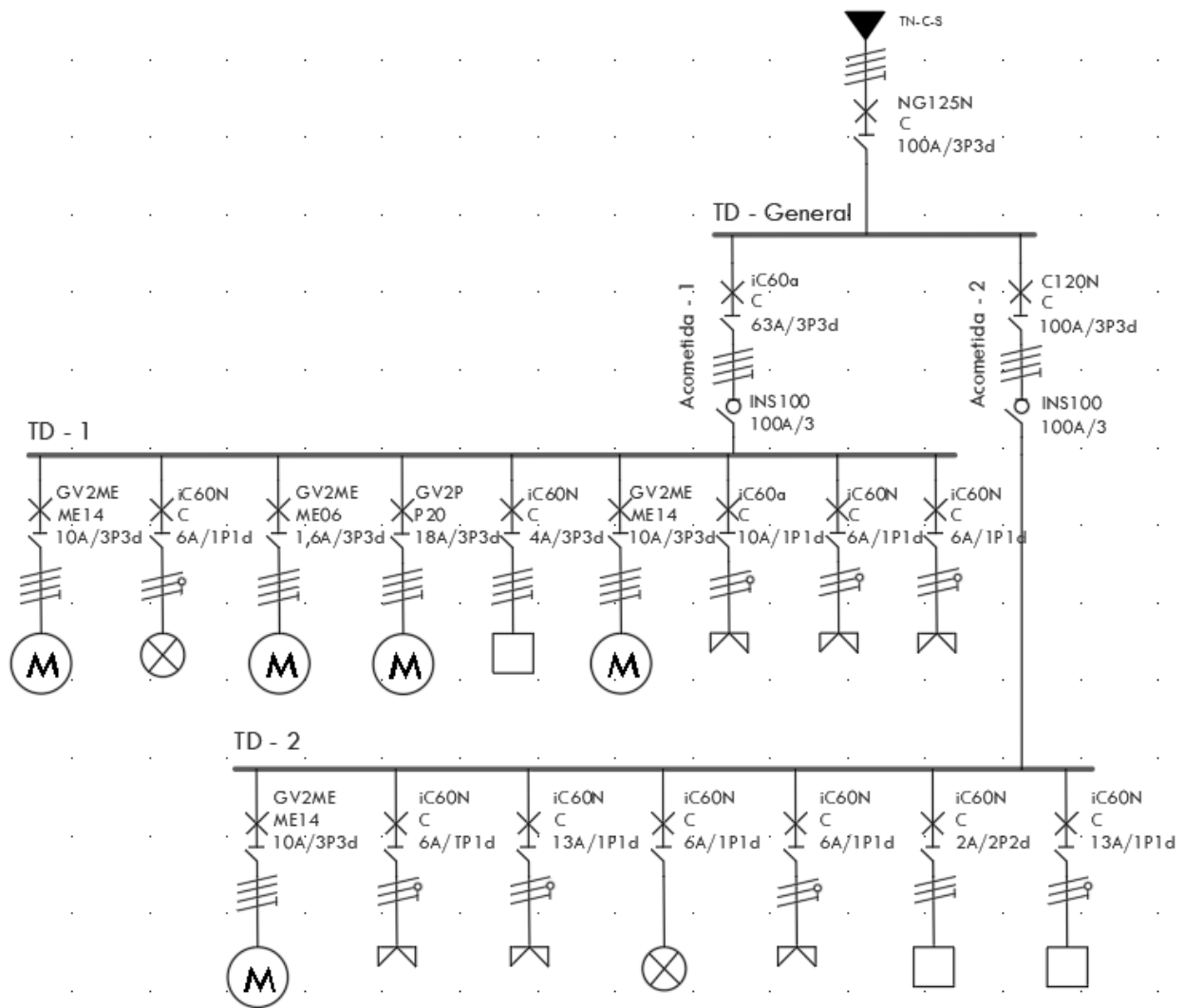
### **5.2.6. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes**

La coordinación de protecciones se hace con el objetivo de mantener la integridad de la red interna del laboratorio de prácticas, buscando la menor afectación en la continuidad del servicio ante circunstancias desfavorables en uno de los simuladores o salón multipropósito del laboratorio.

Para ello, se realizó el cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes en el software Ecodial Advance Calculation desarrollado por la empresa Schneider Electric. (Apéndice K)

**Figura 39**

*Esquema de selección de las protecciones eléctricas del laboratorio*



La imagen anterior (ver Figura 39), se basó bajo las convecciones del programa Ecodial Advanced Calculation.

### 5.2.7. *Cálculo de canalizaciones y cableado*

La NTC 2050, en su tabla C.12 lista el número máximo de conductores por tubería PVC rígida, además, la norma técnica de la ESSA en su tabla 3.9 genera los porcentajes de ocupación. (ver Tabla 10)

**Tabla 10**

*Porcentaje de sección transversal en tubos conduit y tuberías, para el llenado de conductores*

<b>Número de conductores</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>Más de 2</b>
<b>Todos los tipos de conductores</b>	53%	31%	40%

*Nota.* Tomado de la Norma técnica de la ESSA, Tabla 3.9 Porcentaje de sección transversal en tubos conduit y tuberías, para el llenado de conductores

Basándonos en la tabla anterior, se realizó el cálculo de canalizaciones (Apéndice L), mediante una nomenclatura alfanumérica, la cual consiste en sectorizar las distribuciones de las canalizaciones a través del laboratorio de prácticas (Apéndice M), en cada tramo se visualiza el cableado que consta de conductores de tipo THWN, THWN-2. Los cuales tienen las siguientes medidas:

**Tabla 11***Sección transversal de cables tipo THHN, THWN, THWN-2*

Tipo	Calibre (AWG)	Sección Transversal	Sección Transversal	Diámetro
			mm <sup>2</sup>	mm
THHN, THWN, THWN-2	14	2,08	6,258	2,819
	12	3,03	8,581	3,302
	10	5,25	13,61	4,166
	8	8,36	23,61	5,486

Los resultados obtenidos en el diseño de canalizaciones indican que el tubo PVC ½” conduit tipo pesado es el óptimo para la distribución interna del laboratorio en cada uno de sus tramos.

Uno de los factores que influyo fue la buena distribución de los elementos eléctricos, canalizaciones y cableado, el cual permitió mantener un bajo índice de ocupación en cada uno de los tramos.

#### **5.2.8. Diseño del sistema de puesta a tierra**

El laboratorio de prácticas de la Institución Educativa Rural San Miguel del Tigre fue diseñado en su sistema de puesta a tierra bajo una conexión solida (TN-C-S), la cual permite la conexión del barraje de puesta a tierra con el barraje del neutro de los tableros de distribución, estos a su vez están conectados con la línea del neutro que llega del lado secundario del transformador de distribución.

Este transformador de distribución cuenta con un sistema de puesta a tierra que cumple con las especificaciones hechas por el capítulo 15.4 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas -RETIE, del 2013. (ver Tabla 12)

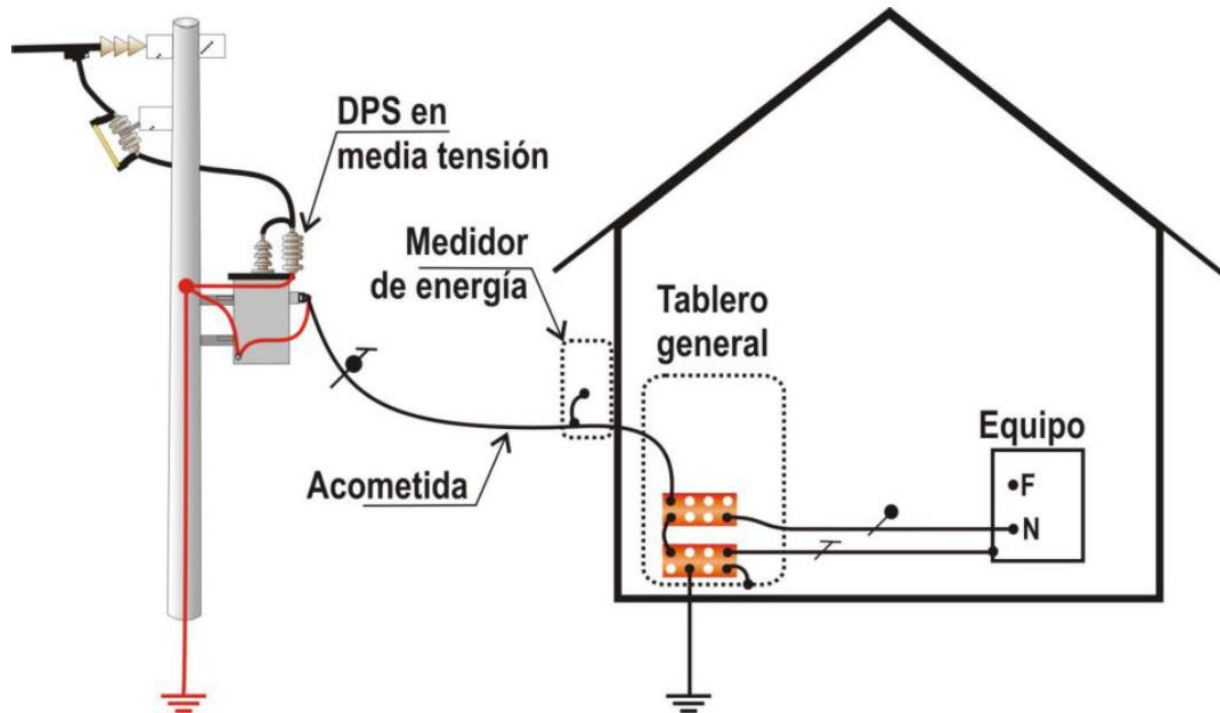
**Tabla 12**

*Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra*

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

*Nota.* Tomado del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, Tabla 15.4 Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra

El valor máximo de resistencia de puesta a tierra visto anteriormente (ver Tabla 12) es de 10  $\Omega$ , apropiado a las condiciones de seguridad eléctrica del laboratorio, garantizando la integridad de los aprendices, docentes y personas dentro de las instalaciones.

**Figura 40***Esquema conexión TN-C-S*

*Nota.* Tomado del RETIE, Figura 27.1 Esquema indicativo del régimen de conexión a tierra TN-C-S

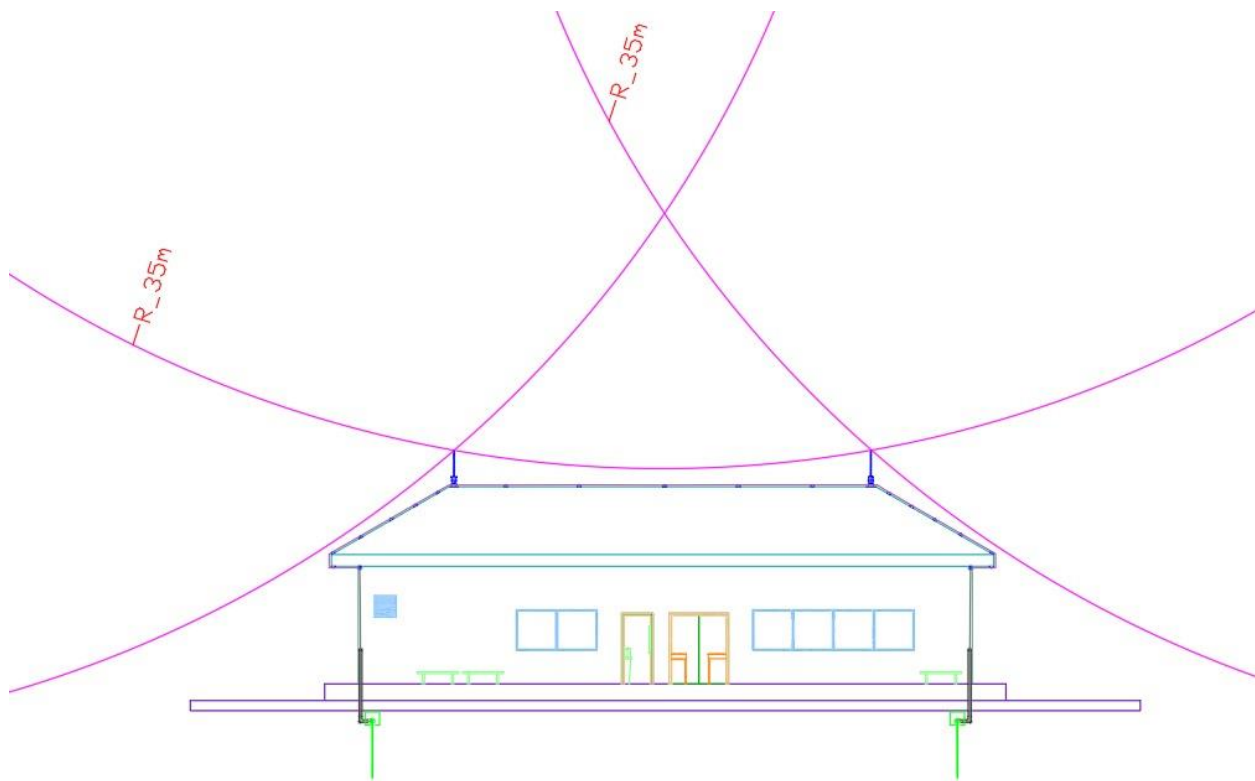
Viendo la figura anterior (ver Figura 40) los tableros de distribución TD-1 y TD-2 cuentan con la conexión directa a una varilla de puesta a tierra de 2,4 m de 5/8", siendo esta mayor al 97% de su estructura en cobre.

### 5.2.9. Diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas

Cumpliendo con los lineamientos hechos por la NTC 4552-3, se elaboró el diseño de apantallamiento externo que permite proteger al laboratorio de prácticas contra descargas atmosféricas.

**Figura 41**

*Diseño de apantallamiento por el método de la esfera rodante*



**Corrido de la esfera rodante vista frontal**

En la figura anterior (ver Figura 41) se ilustra la distribución estratégica de los terminales de captación ubicados en el techo del laboratorio, las curvas de las esferas rodantes, sus bajantes, y la conexión de los electrodos de puesta a tierra. Los procedimientos aplicados para el diseño se encuentran especificados en la NTC 4552-3, numeral 5.2, el cual se basa en la aplicación del método electro geométrico o esfera rodante.

## Simbología

**Figura 42**

*Convenciones utilizadas en el diseño de apantallamiento*



### **Método electro geométrico “esferas rodantes”**

El diseño de protección contra las descargas atmosféricas se realizó por el método de la esfera rodante, debido a que el tamaño del laboratorio de prácticas es menor a cincuenta y cinco (55) metros, por lo tanto, el nivel de protección seleccionado se estable de acuerdo con la NTC 4552-1, y el radio de la esfera se determinó de la Tabla 2 de la NTC 4552-3.

**Tabla 13***Radio de la esfera rodante según el nivel de protección*

<b>Nivel de protección</b>	<b>Radio de la esfera <math>r_{sc}</math> (m)</b>
<b>Nivel I</b>	35
<b>Nivel II</b>	40
<b>Nivel III</b>	50
<b>Nivel IV</b>	55

*Nota.* Tomado de NTC 4552-3, Tabla 2, “Radio de la esfera rodante según el nivel de protección”

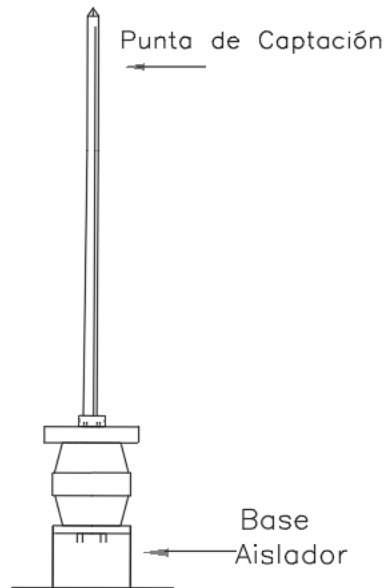
Para el diseño fue seleccionado el radio de treinta y cinco (35) metros para el nivel I de protección.

### **Terminales de captación**

Siguiendo las recomendaciones de la NTC 4552-3, Art. 5.2, los terminales de captación utilizados en el diseño del apantallamiento fueron las varillas tipo Franklin o bayonetas de una asta, con las siguientes especificaciones:

- Terminales de captación tipo franklin de acero sólido galvanizado en caliente o de acero sólido inoxidable de 5/8” x 1.0 m, con soporte de fijación vertical en el techo del laboratorio
- Los terminales de captación se deben interconectar mediante alambión de aluminio de 8 mm o cable de aluminio 2/0 o AWG.

Una vez analizado gráficamente a través del software AutoCAD, se ubicaron las puntas captadoras de forma tal que la esfera no toque la estructura en ningún punto. Se implementaron dos (2) terminales de captación de un (1) metro en las esquinas del techo.

**Figura 43***Detalles de la punta de captación***Bajantes**

El objetivo de los bajantes es derivar la corriente del rayo que incide sobre la estructura e 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 bajante y su ruta de ascenso; Por razones eléctricas, mecánicas y térmicas los conductores de los bajantes del sistema equipotencial y derivaciones deben estar de acuerdo con la siguiente tabla. (ver Tabla 14)

**Tabla 14***Requerimientos para los bajantes*

Altura de la estructura	Número mínimo de bajantes	Calibre mínimo del conductor de acuerdo con el material de este	
		Cobre	Aluminio

<b>Menor que 25 m</b>	2	2 AWG	1/0 AWG
<b>Mayor que 25 m</b>	4	1/0 AWG	2/0 AWG

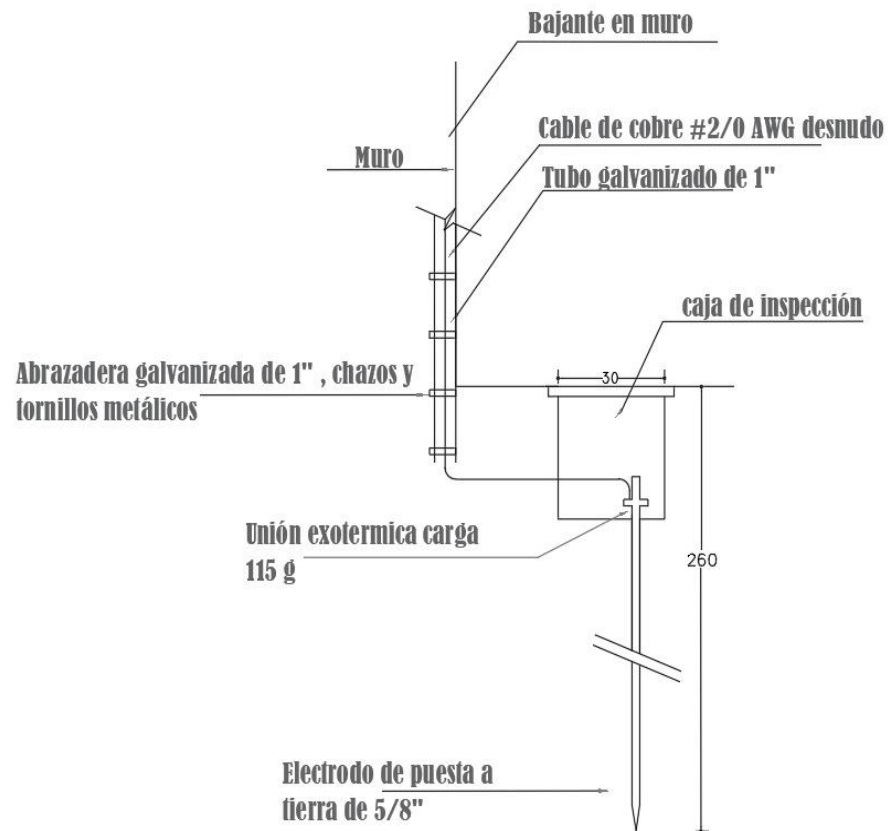
*Nota.* Tomado de NTC 4552-3, Art. 5.3 “Requerimientos para los bajantes”

Siguiendo las recomendaciones de la NTC 4552-3, Art. 5.3, se seleccionó los conductores bajantes para el laboratorio de prácticas con las siguientes características:

- El calibre del conductor del bajante es de cobre 2/0 AWG, protegida con tubería metálica galvanizada de 1”, fijada con abrazaderas galvanizadas de 1” con tornillos y chazos metálicos de expansión cada metro.
- La ubicación de estas bajantes se muestra en el Apéndice N, evitando la formación de lazos o curvaturas en la trayectoria de la bajante.

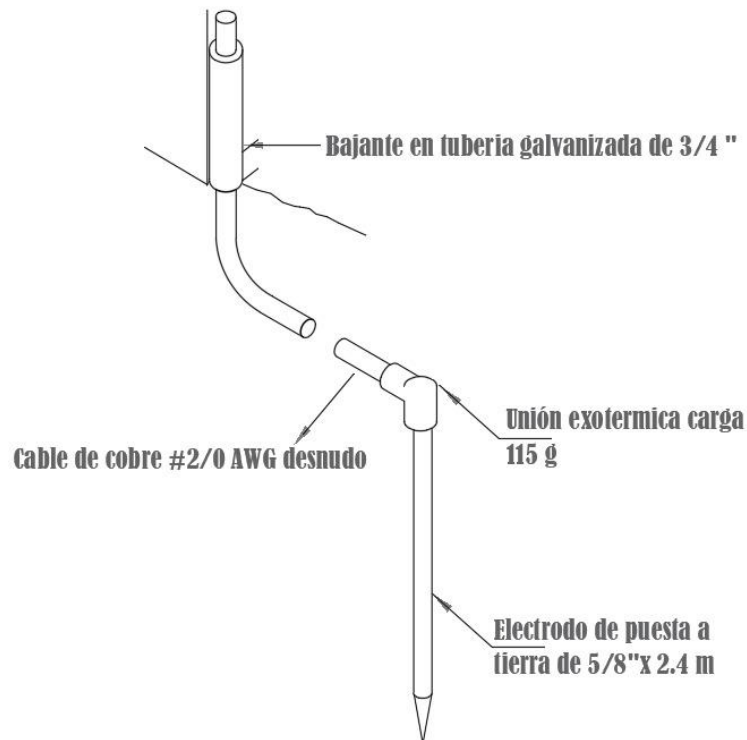
**Figura 44**

*Esquema: Llegada del conductor a través del bajante hasta la caja de inspección*



**Figura 45**

*Esquema de unión del conductor bajante hasta la varilla de puesta a tierra*



### **Equipotencialización de puesta a tierra**

Para la equipotencialización entre las varillas de puesta a tierra se deben considerar las siguientes especificaciones:

- La varilla de cobre deberá ser de 5/8" x 2.4 metros, cada varilla contará con una caja de inspección de 30 x 30 cm señalada con el símbolo de tierra.
- La conexión de la bajante al sistema de puesta a tierra deberá hacerse mediante soldadura exotérmica de 115 g.

- Los electrodos y/o conductores del sistema de puesta a tierra deben estar enterrados a una profundidad mínima de 0.5 m.

#### **Materiales utilizados en el diseño**

- Electrodos
- Varilla de cobre 5/8" x 2.4 metros.
- Soporte-unión
- Ducto galvanizado
- Varilla y electrodo de puesta a tierra con caja de inspección
- Abrazadera galvanizada de 1" con chazos metálicos y tornillos
- Unión exotérmica
- Cable de cobre 2/0 AWG

## 6. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo de grado se planteó como una práctica social considerando las oportunidades del fortalecimiento de la infraestructura educativa de la comunidad del oriente antioqueño y sus alrededores, en especial de la Institución Educativa Rural San Miguel Del Tigre, en donde es posible generar espacios educativos que ayuden al surgimiento económico, social y ambiental de nuestras comunidades.

Se observó la necesidad de crear nuevos espacios de aprendizaje centrados hacia un entorno industrial, fortaleciendo los saberes en electrotecnia de la comunidad, teniendo como resultado mano de obra competente hacia la oferta laboral de las empresas que operan en el sector.

Se describió el procedimiento, recursos, personal e infraestructura para desarrollar el programa de formación titulada “TÉCNICOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN” en articulación con el Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA.

Se diseño el laboratorio de prácticas teniendo en cuenta la normatividad colombiana e internacional, las cargas, el factor de utilización y el personal que interactuara con los bancos de prácticas. Desde el lado secundario del transformador de potencia hasta los tableros de distribución se obtiene que el calibre indicado es el #8 AWG a través de una acometida trifásica mediante un cable encauchetado, la acometida energiza dos tableros de distribución en baja tensión, los cuales están debidamente coordinados para la protección del sistema mediante el cálculo de protecciones eléctricas realizado en el software de simulación Ecodial Advance Calculation, el cual nos arrojó las características técnicas de los termomagnéticos ilustrado en un diagrama unifilar, diagrama que

nos permite distribuir internamente los ductos, a partir de esto, se realiza el cálculo de canalizaciones y se concluye que para todo el laboratorio se usara una ducteria conduit PVC de ½” que llevará el cableado eléctrico en su mayoría mediante canalización independiente, disminuyendo el riesgo de calentamiento en los circuitos. Por otro lado, la iluminación del laboratorio fue simulada en el software DIALux evo manteniendo una luminosidad media de 500 lx, ideal para el entorno, la cual está acorde con el capítulo 410.1 del RETILAP. También se indicó la conexión del sistema de puesta a tierra con el régimen TN-C-S, y por último se diseñó la protección contra descargas atmosféricas que consta de dos terminales captadoras, posicionados en la zona exterior alta del laboratorio, con sus respectivos bajantes y su conductor de cobre 2/0 AWG.

**Referencias bibliográficas**

ABB (2020). Aprende con ABB (pp. 9)

ABB (2020). Aprende con ABB, Banco didáctico de procesos industriales.

Artículo 3, Ley 19 (1990), Decreto reglamentario 991 de 1991, Régimen legal de los técnicos electricistas.

De Lorenzo (2020). Kit para el montaje de un motor asíncrono.

De Lorenzo (2020). DL-MAC-TT\_UM 1,1 [kW] – Manual 60 [Hz].

De Lorenzo (2020). Electric machines, Open Lab – 0,2 kW

Directiva Ministerial No.67, (2015). Orientaciones para la construcción o ajustes en los establecimientos educativos del manual de normas de seguridad en los laboratorios de química y física.

Diseño curricular #1 (2019). Red tecnológica, tecnologías de producción industrial, Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA.

Diseño curricular #3 (2017). Red de conocimiento en energía eléctrica, Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA.

GTC 24, (2009). Gestión Ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente.

Ministerio de educación nacional (2020). NTC 4595, Planteamiento y diseño de instalaciones y ambientes escolares.

Norma técnica de la ESSA. Porcentaje de sección transversal en tubos Conduit y tuberías, para el llenado de conductor (pp. 38)

Norma técnica de la ESSA. Porcentajes de regulación de tensión (pp. 12)

NTC 2050, (2020). Capítulo 215.2 Valor nominal y calibres mínimos (pp.70)

NTC 2050, (2020). Motocompresor(es) con o sin cargas adicionales de motores (pp. 431)

NTC 2050, (2020). Varios motores o un(os) motor(es) y otras cargas(s) (pp. 399)

NTC 4552-3, (2008). Capítulo 5.2 Sistemas de captación (pp. 5)

NTC 4552-3, (2008). Capítulo 5.3 Requerimientos para los bajantes (pp. 13)

NTC 4552-3, (2008). Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos)

NTC 4552-3, (2008). Tabla 2 Valores máximos del radio de la esfera rodante según el nivel de protección (pp. 7)

NTC 4595 (2020). Planteamiento y diseño de instalaciones y ambientes escolares (pp. 21)

NTC 4596, (1999). Señalización. Señalización para instalaciones y ambientes escolares (pp. 2)

NTC 4596, (1999). Señalización. Señalización para instalaciones y ambientes escolares (pp. 8-10)

Resolución 1113 (2017). Manual para la articulación del SENA con la educación medio.

Resolución No. 01713 (2014). Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo del Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA.

RETIE (2013). Artículo 10.1 Diseño de las instalaciones eléctricas (pp. 47)

RETIE (2013). Artículo 9.1, Electropatología (pp. 42)

RETIE (2013). Capítulo 6.2.2 Clasificación de las señales de seguridad (pp. 37)

RETIE (2013). Figura 27.1 Esquema indicativo del régimen de conexión a tierra TN-C-S (pp. 159)

RETIE (2013). Tabla 15.4 Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra (pp. 70)

RETILAP (2010). Capítulo 410.1 Niveles de iluminación o luminancias y distribución de luminancias (pp.77)