



**Diseño e instalación de redes internas, iluminación, sistemas de puesta a tierra y
apantallamiento en instalaciones eléctricas de media y baja tensión**

Deivy Rodriguez Hincapie

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Electricista

Asesor

Nicolas Muñoz Galeano, Profesor del departamento de Ingeniería Eléctrica

José Alejandro Álvarez Palomino, Ingeniero Electricista

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Eléctrica

Medellín, Antioquia, Colombia

2023

Cita	Rodríguez Hincapie [1]
Referencia Estilo IEEE (2020)	[1] D. Rodríguez Hincapie, “Diseño e instalación de redes internas, iluminación, sistemas de puesta a tierra y apantallamiento en instalaciones eléctricas de media y baja tensión”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2023.



Centro de documentación de ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Julio Cesar Saldarriaga Molina.

Jefe departamento: Noé Alejandro Mesa Quintero.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN	11
II. OBJETIVOS	12
A. Objetivo general	12
B. Objetivos específicos	12
III. MARCO TEÓRICO	13
A. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE	13
B. Código Eléctrico Nacional – NTC 2050	13
C. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP	13
D. Instalación eléctrica	13
E. Subestación eléctrica	14
F. Red interna o de uso final	14
G. Elementos de una instalación eléctrica	14
a. Acometida	14
b. Carga	14
c. Interruptor	14
d. Luminaria	14
e. Tablero de protecciones	14
f. Tomacorriente	14
H. Sistema de puesta a tierra SPT	15
I. Apantallamiento SIPRA	16
a. Sistema de puntas de captación	17
b. Sistema de conductores bajantes	17

J.	Métodos de protección aérea para descargas atmosféricas	18
a.	Método electrogeométrico	18
IV.	METODOLOGIA	19
A.	Proyecto 1 – Bloque 14 Universidad de Envigado	19
B.	Proyecto 2 – Carulla la Fe, el Retiro Antioquia	20
V.	RESULTADOS Y ANALISIS	21
A.	Proyecto 1 – Bloque 14 Universidad de Envigado	21
a.	Simulación y diseño luminotécnico	23
b.	Plano de iluminación	27
c.	Plano de tomacorrientes	32
d.	Plano de bombas	34
e.	Plano de aires acondicionados y extracción	37
f.	Cuadros de cargas	39
g.	Diagrama unifilar	44
B.	Proyecto 2 – Carulla la Fe, el Retiro Antioquía	47
a.	Ubicación del proyecto	48
b.	Datos del punto de conexión	48
c.	Plano del proyecto de redes	50
d.	Dimensionamiento de la subestación	51
e.	Sistema de puesta a tierra y apantallamiento	53
VI.	CONCLUSIONES	62
	REFERENCIAS	63

LISTA DE TABLAS

TABLA I. RADIOS DE ESFERA DE ACUERDO CON EL NIVEL DE PROTECCIÓN	17
TABLA II. NIVELES DE ILUMINACIÓN O ILUMINANCIAS Y DISTRIBUCIÓN DE LUMINANCIAS	24
TABLA III. MEDIDA DE RESISTIVIDAD	56
TABLA IV. CALCULO DE CORRIENTE DE FALLA EN EL SECUNDARIO	57
TABLA V. CALCULO DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR	57
TABLA VI. VALORES DE SIMULACIÓN DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA	57
TABLA VII. VALORES CALCULADOS PARA LA MALLA DE PUESTA A TIERRA	57
TABLA VIII. PARAMETROS DE ENTRADA	59

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Sistema de puesta a tierra. Fuente: revista constructiva.	15
Fig. 2. Sistema Integral de Protección contra rayos SIPRA. Fuente: plw ingeniería.	17
Fig. 3. Modelo de la esfera rodante. Fuente: eléctrica aplicada.	19
Fig. 4. Plano arquitectónico sótano N-2.	21
Fig. 5. Plano arquitectónico sótano N-1.	22
Fig. 6. Plano arquitectónico piso N+1.	23
Fig. 7. Simulación luminotécnica sótano N-2.	26
Fig. 8. Simulación luminotécnica sótano N-1.	26
Fig. 9. Simulación luminotécnica piso N+1.	27
Fig. 10. Plano de iluminación sótano N-2.	28
Fig. 11. Detalle de iluminación sótano N-2.	28
Fig. 12. Plano de iluminación sótano N-1.	29
Fig. 13. Detalle de iluminación sótano N-1.	30
Fig. 14. Plano de iluminación piso N+1.	31
Fig. 15. Detalle de iluminación piso N+1.	31
Fig. 16. Plano de tomacorrientes sótano N-2.	32
Fig. 17. Plano de tomacorrientes sótano N-1.	33
Fig. 18. Plano de tomacorrientes piso N+1.	34
Fig. 19. Cuarto de bombas sótano N-2.	35
Fig. 20. Cuarto de bombas RCI sótano N-2.	35
Fig. 21. Cuarto de bombas hidrosanitario y pozo eyector sótano N-2.	36
Fig. 22. Cuarto de bombas de tratamiento y recolección de aguas lluvias piso N+1.	37
Fig. 23. Cuarto de aire acondicionado y extracción sótano N-2.	38
Fig. 24. Cuarto de aire acondicionado y extracción sótano N-1.	38
Fig. 25. Cuarto de aire acondicionado y extracción piso N+1.	39
Fig. 26. Cuadro de cargas tomacorrientes sótano N-2.	40
Fig. 27. Cuadro de cargas iluminación sótano N-2.	40
Fig. 28. Cuadro de cargas aire acondicionado sótano N-2.	40
Fig. 29. Cuadro de cargas tomacorrientes sótano N-1.	41
Fig. 30. Cuadro de cargas iluminación sótano N-1.	41

Fig. 31. Cuadro de cargas aire acondicionado sótano N-1.	41
Fig. 32. Cuadro de carga tomacorrientes piso N+1.	42
Fig. 33. Cuadro de cargas iluminación piso N+1.	42
Fig. 34. Cuadro de cargas aire acondicionado piso N+1.	43
Fig. 35. Cuadro de cargas bombas aguas lluvias.	43
Fig. 36. Cuadro de cargas bombas tanque de abastos.	43
Fig. 37. Cuadro de cargas bombas hidrosanitario y pozo evector.	44
Fig. 38. Diagrama unifilar primera etapa.	45
Fig. 39. Detalle diagrama unifilar.	45
Fig. 40. Diagrama unifilar gabinete principal 1.	46
Fig. 41. Diagrama unifilar gabinete principal 2.	46
Fig. 42. Diagrama unifilar gabinete principal 3.	47
Fig. 43. Ubicación del mall comercial.	48
Fig. 44. Respuesta de factibilidad del punto de conexión.	49
Fig. 45. Nivel de corto circuito en el punto de conexión.	50
Fig. 46. Diseño de redes mall comercial.	51
Fig. 47. Gabinetes de la subestación.	52
Fig. 48. Plano de redes completo.	53
Fig. 49. Método de Wenner.	54
Fig. 50. Terreno donde se mide la resistividad.	54
Fig. 51. Resistividad vs separación de electrodos.	55
Fig. 52. Modelo de la red de distribución.	56
Fig. 53. Corrientes de falla.	56
Fig. 54. Vista en planta de la malla de puesta a tierra.	58
Fig. 55. Modelo para apantallar.	60
Fig. 56. Estructura apantallada con el método de la esfera rodante.	60
Fig. 57. Isométrico apantallado.	61

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
NTC	Código Eléctrico Colombiano
RETILAP	Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público
SPT	Sistema de Puesta a Tierra
SIPRA	Sistema Integral de Protección Contra Rayos
MEG	Método Electrogeométrico
MER	Método de la esfera rodante
GFCI	Ground Fault Circuit Interrupter
EMT	Electrical Metallic Tubing
RCI	Red Contra Incendios
UPS	Uninterruptable Power Supply

RESUMEN

En este documento se describen diversas actividades que se realizaron durante el periodo de prácticas académicas en la empresa Energizando Ingeniería y construcción SAS, las cuales estuvieron enfocadas al diseño e instalación de redes internas, iluminación, sistemas de puesta a tierra y apantallamientos, tanto en media como baja tensión. Inicialmente, estas actividades fueron realizadas al proyecto bloque 14 de la Universidad de Envigado, en el cual se iba a construir la primera etapa que constaba de los pisos sótano N-2, sótano N-1 y piso N+1. Para iniciar con el proyecto, lo primero que se hizo fue conocer los planos de los pisos mencionados con su respectivo mobiliario, esto con el fin de saber y dimensionar las cargas que lo componen y así realizar un correcto diseño, tanto de redes como de iluminación. También fue de vital importancia el plano en 3D de la construcción, para realizar el apantallamiento y la puesta a tierra de forma segura y eficiente.

Como segundo proyecto, se realizó el diseño del mall Carulla la Fe, ubicado en el retiro Antioquia, en el cual inicialmente se diseñó el proyecto de redes para solicitar al operador de red el cambio del nivel de tensión a 13.2 kV, para alimentar el transformador de 400 kVA ubicado en la subestación del Carulla la Fe y así mismo el punto de conexión. Posteriormente se conocieron los planos y render del proyecto para realizar un correcto diseño eléctrico y comenzar su ejecución.

***Palabras clave* — Apantallamiento, diseño eléctrico, iluminación, instalación eléctrica, red, tensión, subestación.**

ABSTRACT

This document describes various activities that were carried out during the academic internship at the company Energizando Ingeniería y Construcción SAS, which were focused on the design and installation of internal networks, lighting, grounding and screening systems, both in medium and low voltage. Initially, these activities were carried out to the project block 14 of the University of Envigado, in which the first stage was to be built, consisting of the basement floors N-2, basement N-1 and floor N+1. To begin with the project, the first thing that was done was to know the plans of the floors mentioned with their respective furniture, this in order to know and size the loads that compose it and so make a correct design, both networks and lighting. Also of vital importance was the 3D plane of the construction, to perform the screening and grounding in a safe and efficient way.

As a second Project, the design of the Carulla la Fe mall, located in El Retiro Antioquia, was carried out, in which initially the network project was designed to request the network operator to change the voltage level to 13.2 kV, to power the 400 kVA transformer located in the substation of Carulla la Fe and also the connection point. Later, the plans and render of the project were known to make a correct electrical design and begin its execution.

***Keywords* — Screening, electrical design, lighting, electrical installation, network, voltage, substation.**

I. INTRODUCCIÓN

Las redes eléctricas han sido de vital importancia para un correcto desarrollo humano a lo largo del tiempo, más específicamente en infraestructura y remodelación de nuevas edificaciones, es por esto, que hacer un uso adecuado de las redes eléctricas es indispensable para trabajar y aprovechar de forma acertada la energía eléctrica. Para tener un correcto uso de dicha energía, es muy importante conocer a fondo todos y cada uno de los elementos de un diseño eléctrico, esto con el fin de manipular, reparar, evaluar y poner en marcha los proyectos que requieren energía eléctrica, con el objetivo de garantizar eficiencia, seguridad y economía en toda la instalación [1].

Existen varias razones por las cuales son importantes las instalaciones eléctricas. Una de ellas es la seguridad, ya que una buena instalación eléctrica se vuelve crucial para garantizar la seguridad de las personas que la utilizan, evitando riesgos como cortocircuitos, sobrecargas y electrocuciones. La confiabilidad es otra razón importante, ya que esta es vital en lugares o entornos donde se necesita alimentación eléctrica confiable y estable como hospitales y centro de datos. Por último, la eficiencia energética termina siendo otro de los aspectos relevantes en las instalaciones eléctricas, siendo esta la que ayude a reducir utilización de energía y eliminar pérdidas innecesarias y así mismo reducir costos de consumo [2][3].

Una de las primeras aproximaciones que se tiene en un proyecto, es el diseño eléctrico, por lo tanto, es importante contar con un plan de trabajo y una correcta planeación, teniendo disponibilidad y conocimiento del espacio de construcción y planos arquitectónicos, para así definir cuál sería la mejor forma de realizar el diseño eléctrico. Esta correcta planeación permitirá realizar una buena implementación del proyecto, cumpliendo con los requerimientos que solicita la norma, los reglamentos y el cliente, es por esto que se debe contar con una alta responsabilidad y conocimientos tanto de diseño eléctrico, como de la normativa que lo rige.

El diseño eléctrico de redes internas y externas es un campo que está en constante crecimiento debido a la expansión y desarrollo de infraestructura que se vive en el país. Por lo dicho anteriormente, este trabajo se basará en el diseño y construcción de diferentes proyectos de redes de media y baja tensión, cumpliendo y respetando las normas que estipula el operador de red y los reglamentos colombianos para las instalaciones eléctricas como RETIE, NTC 2050 y RETILAP.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Realizar en los softwares AutoCAD y DIALux 4.13, diseños e instalación de redes internas y externas, iluminación, sistemas de puesta a tierra y apantallamientos contra descargas atmosféricas en instalaciones de media y baja tensión, respetando y cumpliendo el reglamento RETIE, NTC 2050, RETILAP y demás normativa del operador de red, en la empresa Energizando Ingeniería y Construcción SAS.

B. Objetivos específicos

- Conocer y analizar los planos iniciales del proyecto y sus cargas, para una correcta realización del diseño eléctrico.
- Realizar el diseño y simulación de la iluminación, utilizando el software DIALux 4.13, cumpliendo con lo establecido en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP.
- Elaborar planos con diseños de iluminación y demás salidas eléctricas en el software AutoCAD.
- Apoyar el diseño de redes externas, con base a lo establecido en la norma del operador de red EPM y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.
- Realizar el diseño de apantallamientos y sistemas de puesta a tierra, de acuerdo con los requerimientos del RETIE y la NTC 2050.
- Realizar y entregar las respectivas memorias de cálculo y diagramas unifilares de los diseños realizados, tanto al cliente como al operador de red.

III. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan algunas definiciones y temas claves que ayudaran a entender de manera clara el presente trabajo

A. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE

Es un reglamento de alcance nacional y es de obligatorio cumplimiento en el territorio nacional, bajo condiciones normales de operación de los sistemas eléctricos y con un alcance definido en el anexo técnico del mismo reglamento. En el encontramos los parámetros más importantes que deben ser tenidos en cuenta al momento de diseñar, construir, mantener y modificar una instalación eléctrica en Colombia de la manera más segura posible [2].

B. Código Eléctrico Nacional – NTC 2050

Es una norma técnica de aplicación en Colombia desde el año 1998, se basa en una traducción del Código Eléctrico de los Estados Unidos de Norteamérica, NEC-NFPA 70, su contenido es de obligatorio cumplimiento en Colombia. Esta norma constituye, fundamentalmente el marco normativo que regula el diseño y la construcción de las instalaciones eléctricas en Colombia [3].

C. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP

Reglamento que establece los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, tendientes a garantizar los niveles de calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente [4].

D. Instalación eléctrica

Es el conjunto de elementos y componentes eléctricos que se interconectan entre sí y se instalan en viviendas, edificios, locales comerciales, etc., Con el fin de proporcionar energía eléctrica a los equipos y dispositivos que allí se utilizan.

Las instalaciones eléctricas están compuestas por diferentes elementos como cables, tomacorrientes, interruptores, transformadores y sistemas de protección. Estos elementos se instalan según las normativas y reglamentaciones vigentes de cada país, en este caso el RETIE, con el objetivo de garantizar la seguridad de las personas y la protección de los equipos y dispositivos eléctricos conectados a la red eléctrica [5].

E. Subestación eléctrica

Es el conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante transformación de potencia. Una subestación eléctrica tiene como función principal transformar, distribuir y controlar la energía eléctrica ya sea de alta o medio tensión, es decir, reciben energía eléctrica y la transforman a una tensión más baja para poder distribuirla a los usuarios finales.

Las subestaciones están compuestas por transformadores, interruptores, seccionadores, sistemas de protección y sistemas de control.

F. Red interna o de uso final

Es el conjunto de conductores, canalizaciones y equipos que llevan la energía eléctrica desde la frontera del operador de red, hasta los puntos de uso final [2].

G. Elementos de una instalación eléctrica

a. Acometida

Es la parte de la instalación eléctrica que conduce la energía desde la fuente de suministro, hasta el punto de consumo, es decir, es el conjunto de elementos que conectan la red eléctrica de distribución con una vivienda, edificio o local comercial donde se requiera suministro eléctrico [2].

b. Carga

Potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito [2].

c. Interruptor

Dispositivo para abrir y cerrar o para conmutar la conexión de un circuito, diseñado para ser operado manualmente, cumple funciones de control y no de protección [2].

d. Luminaria

Aparato que sirve para distribuir, filtrar o transformar la luz por una o varias lámparas [2].

e. Tablero de protecciones

Gabinete metálico que se encuentra al interior de la infraestructura, contiene elementos de protección, distribución y control de la corriente eléctrica [2].

f. Tomacorriente

Dispositivo con contactos hembra. Diseñado para instalación fija en estructura o parte de un equipo, cuyo propósito es establecer conexión eléctrica con una clavija [2].

H. Sistema de puesta a tierra SPT

Es el conjunto de elementos y conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que conectan conductores, canalizaciones y equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica, que es a lo se le llama malla de puesta a tierra, esta malla comprende una red equipotencial de cables que normalmente no conducen la corriente.

La malla de puesta a tierra es el grupo de conductores equipotenciales que se encuentran en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que lo que hace es distribuir las corrientes de falla hacia el suelo o la masa. Esta también está compuesta por electrodos, conexiones y cables enterrados [6].

El sistema de puesta tierra al permitir la conexión de los conductores de todos los equipos eléctricos hacia un mismo punto común, asegura que estos aparatos y estructuras estén en la misma condición equipotencial, proporcionando un camino de baja impedancia para rayos, reduciendo el ruido en las telecomunicaciones y sirviendo como camino de retorno en los circuitos eléctricos. El SPT es una parte de vital importancia en el sistema de protección contra rayos, que es el que garantiza la seguridad en el personal de la instalación y de los equipos en caso de que ocurra una descarga o incidencia de rayos, permitiendo la dispersión y disipación de la corriente del rayo en el terreno que este puesto a tierra [7].

Los principales aspectos que se deben tener en cuenta para el diseño de un sistema de puesta a tierra son:

- La resistividad del suelo
- La acidez del suelo (pH)
- La estructura física del suelo (rocas, arcilla, arena)
- La interconexión con otras puestas a tierra y los sistemas de protección contra corrosión
- Los efectos adicionales en otros sistemas eléctricos y de comunicaciones



Fig. 1. Sistema de puesta a tierra. Fuente: revista constructiva.

Método de Wenner

Este método es la técnica más usada para la medición de resistividad, además, es la metodología sugerida por el RETIE, consiste en cuatro electrodos de prueba dispuestos de manera rectilínea con distancias de separación iguales a , y enterrados una profundidad b . La tensión entre los dos electrodos internos (de potencial) se mide y se divide entre la corriente que circula por los dos electrodos externos (de corriente) para dar un valor de resistencia R , que es el que se lee en el telurómetro.

La ecuación exacta para el cálculo de la resistividad a partir de la lectura es:

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

En donde:

- ρ = Resistividad aparente del suelo [Ωm]
- a = Distancia entre electrodos adyacentes [m]
- b = Profundidad de enterramiento de los electrodos [m]
- R = Resistencia eléctrica medida [Ω], calculada por el equipo de medición como V/I

Cuando la separación entre los electrodos a es bastante mayor (mas de 10 veces) que su profundidad de enterramiento b , se obtiene la resistividad según la expresión:

$$\rho = 2\pi a R \quad (2)$$

I. Apantallamiento SIPRA

Se considera que el Sistema Integral de Protección contra rayos denominado SIPRA, es la medida más efectiva para proteger las estructuras contra los posibles daños físicos causados por las descargas eléctricas atmosféricas. En Colombia, la Norma Técnica NTC 4552 establece el desarrollo de un SIPRA para garantizar una protección eficaz y minimizar los efectos directos e indirectos causados por los rayos.

Los efectos directos incluyen el impacto de la corriente del rayo en el sistema de captación, mientras que los efectos indirectos incluyen las tensiones inducidas en las instalaciones debido a la alta corriente producida por el rayo.

Aunque un sistema de apantallamiento no es inequívoco, se puede lograr un alto nivel de seguridad si se diseña y se construye en combinación con los demás sistemas de protección y los elementos necesarios para la prevención de riesgos [7].

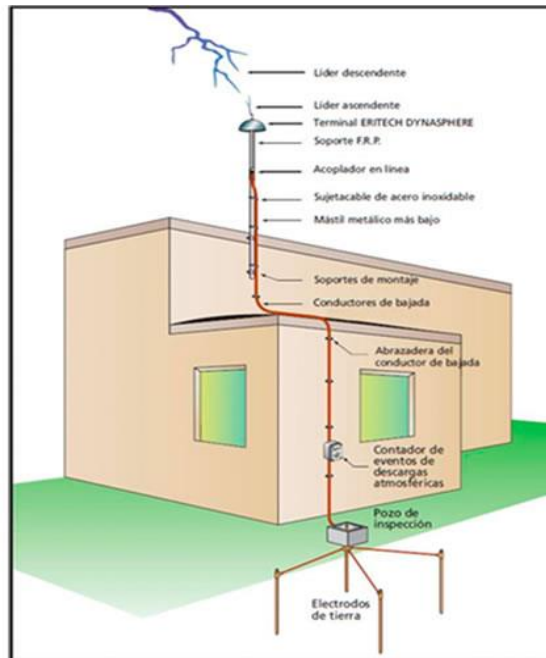


Fig. 2. Sistema Integral de Protección contra rayos SIPRA. Fuente: plw ingeniería.

El sistema de protección externo es una parte importante del SIPRA, este consta de las siguientes partes:

a. Sistema de puntas de captación

Su función principal es capturar los rayos que pueden golpear directamente la instalación que se quiere proteger. Es importante considerar que los terminales de captación deben ser varillas solidas o tubulares con una altura por encima de las partes altas de la estructura no menor a 0.25 m, para intervalos máximos de 6m entre puntas, ni menor a 0.6m para intervalos de 8m.

Toda edificación que cuente con un sistema de protección contra descargas atmosféricas debe contar con un anillo de apantallamiento en la parte superior de la estructura. Si la instalación cuenta con puntas de captación estas deben estar conectadas al anillo, así como cualquier otra estructura metálica que no tenga como función interceptar rayos, pero que están dentro de la zona de influencia de la estructura [7].

b. Sistema de conductores bajantes

El propósito de los sistemas de bajantes es dirigir la corriente eléctrica generada por un rayo que impacta en una estructura y llega a los terminales de captación. El diseño de estos sistemas de bajantes refleja la necesidad de protección de la estructura, considerando tanto la adecuación técnica como el costo económico.

Aumentar el número de bajantes disminuye la cantidad de corriente eléctrica que fluye por

cada uno y reduce las inducciones magnéticas en los cables metálicos del sistema, así como las diferencias de potencial en relación con la tierra. El propósito de los sistemas de bajantes es dirigir la corriente eléctrica generada por un rayo [7].

J. Métodos de protección aérea para descargas atmosféricas

El objetivo del método de protección aérea contra descargas atmosféricas es reducir los daños y efectos causados por las descargas a las estructuras. Este método se compone del método electrogeométrico MEG, el cual se divide en tres métodos de captación y conductores conectados a tierra para proteger cada zona expuesta de la estructura y asegurar su completa protección mediante la aplicación del apantallamiento [8].

a. Método electrogeométrico

El método se diseñó originalmente para proteger líneas de transmisión eléctrica de rayos, pero sus principios pueden aplicarse a cualquier estructura que necesite protección contra ellos. El objetivo es hacer que los objetos a proteger sean menos atractivos para los rayos que los elementos de protección externa, como las varillas tipo Franklin.

Para lograr una correcta aplicación del método se instalan puntas de captación en las esquinas, puntos sobresalientes y bordes de la estructura.

El método más utilizado a este tipo de aplicaciones es el método de la esfera rodante MER, el cual es aplicable para estructuras con altura menos a 55m. Este método se utiliza para establecer el área de protección de las puntas de captación, consiste en hacer rodar una esfera imaginaria alrededor y sobre la instalación o cualquier otro objeto en contacto con la tierra para actuar como punto de intercepción de la corriente de rayo. La esfera imaginaria se desplaza desde el nivel del suelo hacia la estructura a proteger y se debe colocar una terminal aérea en el punto de contacto entre la esfera y la estructura [8].

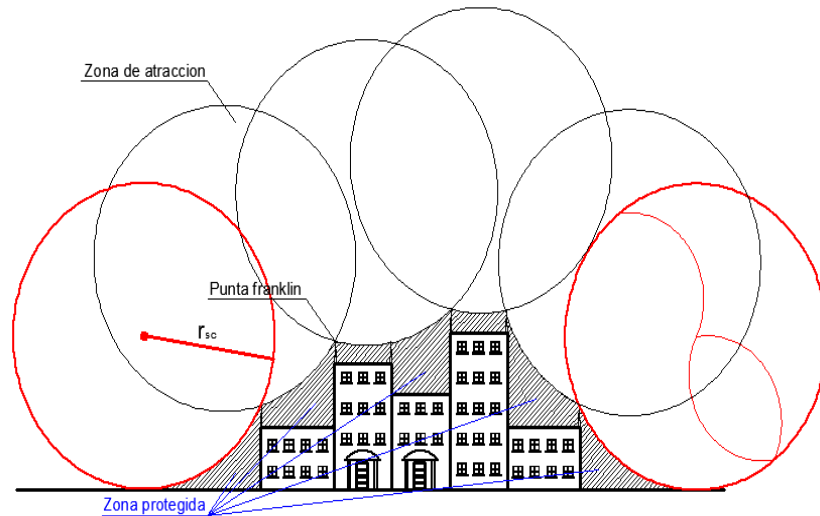


Fig. 3. Modelo de la esfera rodante. Fuente: eléctrica aplicada.

El radio de la esfera rodante se puede escoger a partir del nivel de protección de la estructura, estos datos se pueden observar en la siguiente tabla.

TABLA I
RADIOS DE ESFERA DE ACUERDO CON EL NIVEL DE PROTECCIÓN

Nivel de protección	Radio de la esfera [m]
Nivel I	35
Nivel II	40
Nivel III	50
Nivel IV	55

Nota: tabla tomada de NTC 4552.

IV. METODOLOGIA

A continuación, se enumeran y se plantean las actividades en los proyectos desarrollados, con el propósito de cumplir los objetivos mencionados anteriormente.

A. Proyecto 1 – Bloque 14 Universidad de Envigado

En este proyecto se pretende construir un nuevo bloque de siete pisos, en el cual inicialmente se construirá la primera etapa que consta del sótano 2 (N-2), sótano 1 (N-1) y piso 1 (N+1).

- Actividad 1: recopilar y reunir la información acerca del proyecto como planos arquitectónicos y equipos a utilizar en la instalación, esto con el fin de dimensionar la carga a alimentar.

-
- Actividad 2: realizar el levantamiento de los planos en el software DIALux 4.13, para posteriormente realizar el diseño de iluminación con informe de iluminancia y uniformidad, de acuerdo con los requerimientos del RETILAP.
 - Actividad 3: realizar el plano en AutoCAD, con la ubicación de las luminarias que cumple con los niveles requeridos encontrados en la actividad anterior y también ubicación de tomacorrientes.
 - Actividad 4: realizar el cuadro de cargas con el número de circuitos de la instalación, que cumpla con calibre, regulación y su debida protección, adicionalmente el cálculo del totalizador y la acometida.
 - Actividad 5: en el software AutoCAD, alambrear el plano con cada una de las salidas eléctricas establecidas, de acuerdo con cada uno de los circuitos encontrados en el cuadro de cargas.
 - Actividad 6: realizar el diagrama unifilar del proyecto.
 - Actividad 7: entregar el diseño propuesto, con sus respectivas memorias de cálculo y poner en marcha el proyecto.

B. Proyecto 2 – Carulla la Fe, el Retiro Antioquia

Para este proyecto se pretende cambiar el nivel de tensión de la red de distribución a 13.2 kV, para alimentar el transformador de 400 kVA que estará ubicado en la subestación del Carulla.

- Actividad 1: recopilar y reunir la información del proyecto, como planos arquitectónicos y ubicación del mall.
- Actividad 2: solicitar punto de conexión y derivación al operador de red, en este caso a EPM.
- Actividad 3: realizar el diseño eléctrico de red de nivel 2 en el software AutoCAD, con sus respectivos equipos y elementos, de acuerdo con las normas y convenciones de EPM.
- Actividad 4: realizar el diseño y ubicación de los equipos de la subestación del Carulla la Fe.
- Actividad 5: realizar el diseño del sistema de puesta a tierra y apantallamiento del Carulla la Fe
- Actividad 6: enviar el diseño de redes al operador de red para su aprobación y ejecución del proyecto.

V. RESULTADOS Y ANALISIS

A continuación, se observan los resultados de cada una de las actividades que se realizaron para desarrollar los proyectos y cumplir con cada uno de los objetivos propuestos.

A. Proyecto 1 – Bloque 14 Universidad de Envigado

El proyecto de La Universidad de Envigado está ubicado en Carrera 27b, Cl. 39a Sur #57 #, Envigado, Antioquia. Como se mencionó anteriormente el proyecto consiste en realizar el diseño eléctrico de un nuevo bloque (bloque 14) que construirá la institución, este constará de una etapa inicial que comprende el sótano 2, sótano 1 y piso 1.

Inicialmente, se obtuvieron los planos arquitectónicos del proyecto y las cargas y especificaciones de la instalación, esto con el fin de realizar el diseño más acertado y próximo a lo que se requiere.

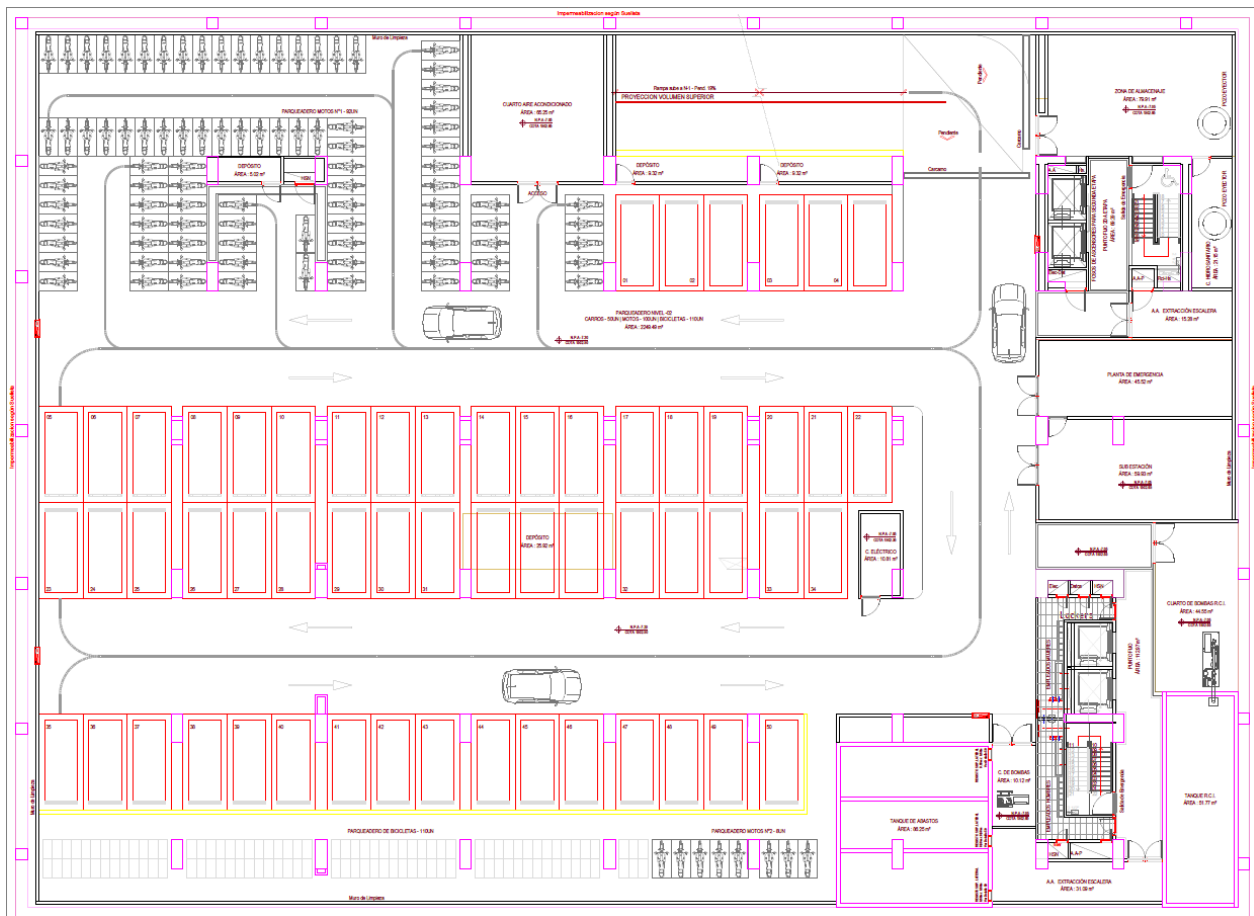


Fig. 4. Plano arquitectónico sótano N-2.

TABLA II
NIVELES DE ILUMINACIÓN O ILUMINANCIAS Y DISTRIBUCIÓN DE LUMINANCIAS

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR.	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo.	Medio	Máximo
Áreas generales en las edificaciones				
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños.	25	100	150	200
Almacenes, bodegas.	25	100	150	200
Talleres de ensamble				
Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada	25	200	300	500
Trabajo intermedio, ensamble de motores, ensamble de carrocerías de	22	300	500	750
Trabajo fino, ensamble de maquinaria electrónica y de oficina	19	500	750	1000
Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	16	1000	1500	2000
Procesos químicos				
Procesos automáticos	--	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	28	100	150	200
Áreas generales en el interior de las fábricas	25	200	300	500
Cuartos de control, laboratorios.	19	300	500	750
Industria farmacéutica	22	300	500	750
Inspección	19	500	750	1000
Balanceo de colores	16	750	1000	1500
Fabricación de llantas de caucho	22	300	500	750
Fábricas de confecciones				
Costura	22	500	750	1000
Inspección	16	750	1000	1500
Prensado	22	300	500	750
Industria eléctrica				
Fabricación de cables	25	200	300	500
Ensamble de aparatos telefónicos	19	300	500	750
Ensamble de devanados	19	500	750	1000
Ensamble de aparatos receptores de radio y TV	19	750	1000	1500
Ensamble de elementos de ultra precisión componentes electrónicos	16	1000	1500	2000
Industria alimenticia				
Áreas generales de trabajo	25	200	300	500
Procesos automáticos	--	150	200	300
Decoración manual, inspección	16	300	500	750
Fundición				
Pozos de fundición	25	150	200	300
Moldeo basto, elaboración basta de machos	25	200	300	500
Moldeo fino, elaboración de machos, inspección	22	300	500	750
Trabajo en vidrio y cerámica				
Zona de hornos	25	100	150	200
Recintos de mezcla, moldeo, conformado y estufas	25	200	300	500
Terminado, esmaltado, envidriado	19	300	500	750
Pintura y decoración	16	500	750	1000
Afilado, lentes y cristalería, trabajo fino	19	750	1000	1500
Trabajo en hierro y acero				
Plantas de producción que no requieren intervención manual	-	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	28	100	150	250
Puestos de trabajo permanentes en plantas de producción	25	200	300	500
Plataformas de control e inspección	22	300	500	750
Industria del cuero				
Áreas generales de trabajo	25	200	300	500
Prensado, corte, costura y producción de calzado	22	500	750	1000
Clasificación, adaptación y control de calidad	19	750	1000	1500
Taller de mecánica y de ajuste				
Trabajo ocasional	25	150	200	300
Trabajo basto en banca y maquinado, soldadura	22	200	300	500
Maquinado y trabajo de media precisión en banco, máquinas generalmente automáticas	22	300	500	750
Maquinado y trabajo fino en banco, máquinas automáticas finas, inspección y ensayos	19	500	750	1000
Trabajo muy fino, calibración e inspección de partes pequeñas muy complejas	9	1000	1500	2000
Talleres de pintura y casetas de rociado				
Inmersión, rociado basto	25	200	300	500
Pintura ordinaria, rociado y terminado	22	300	500	750
Pintura fina, rociado y terminado	19	500	750	1000
Retoque y balanceo de colores	16	750	1000	1500
Fábricas de papel				
Elaboración de papel y cartón	25	200	300	500
Procesos automáticos	--	150	200	300
Inspección y clasificación	22	300	500	750
Trabajos de impresión y encuadernación de libros				
Recintos con máquinas de impresión	19	300	500	750
Cuartos de composición y lecturas de prueba	19	500	750	1000
Pruebas de precisión, retoque y grabado	16	750	1000	1500
Reproducción del color e impresión	19	1000	1500	2000
Grabado con acero y cobre	16	1500	2000	3000
Encuadernación	22	300	500	750
Decoración y estampado	19	500	750	1000

Talleres de madera y fábricas de muebles				
Aserraderos	25	150	200	300
Trabajo en banco y montaje	25	200	300	500
Maquinado de madera	19	300	500	750
Terminado e inspección final	19	500	750	1000
Oficinas				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000
Salas de conferencia	19	300	500	750
Centros de atención médica				
<i>Salas</i>				
Iluminación general	22	50	100	150
Examen	19	200	300	500
Lectura	16	150	200	300
Circulación nocturna	22	3	5	10
<i>Salas de examen</i>				
Iluminación general	19	300	500	750
Inspección local	19	750	1000	1500
<i>Terapia intensiva</i>				
Cabecera de la cama	19	30	50	100
Observación	19	200	300	500
Estación de enfermería	19	200	300	500
<i>Salas de operación</i>				
Iluminación general	19	500	750	1000
Iluminación local	19	10000	30000	100000
<i>Salas de autopsia</i>				
Iluminación general	19	500	750	1000
Iluminación local	--	5000	10000	15000
<i>Consultorios</i>				
Iluminación general	19	300	500	750
Iluminación local	19	500	750	1000
<i>Farmacia y laboratorios</i>				
Iluminación general	19	300	400	750
Iluminación local	19	500	750	1000
Almacenes				
<i>Iluminación general:</i>				
En grandes centros comerciales	19	500	750	1000
Ubicados en cualquier parte	22	300	500	750
Supermercados	19	500	750	1000
Colegios y centros educativos.				
<i>Salones de clase</i>				
Iluminación general	19	300	500	750
Tableros	19	300	500	750
Elaboración de planos	16	500	750	1000
<i>Salas de conferencias</i>				
Iluminación general	22	300	500	750
Tableros	19	500	750	1000
Bancos de demostración	19	500	750	1000
Laboratorios	19	300	500	750
Salas de arte	19	300	500	750
Talleres	19	300	500	750
Salas de asamblea	22	150	200	300

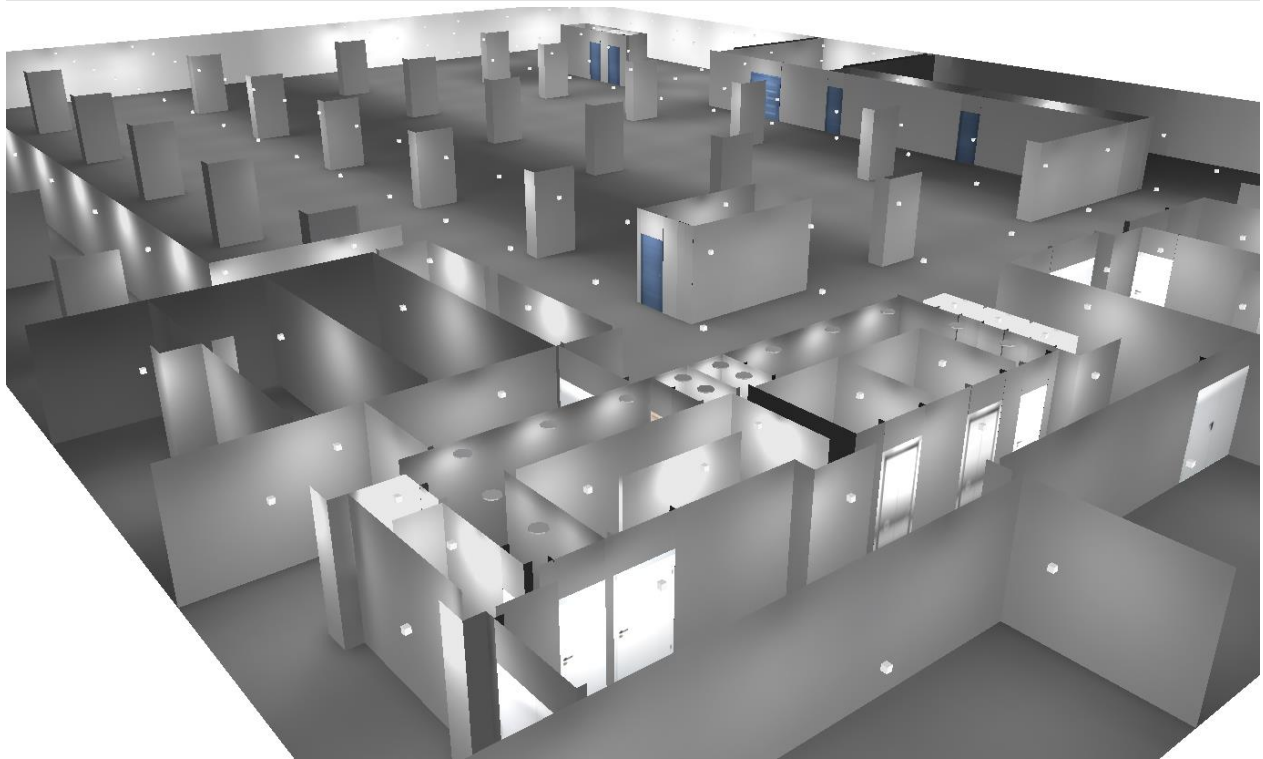


Fig. 7. Simulación luminotécnica sótano N-2.

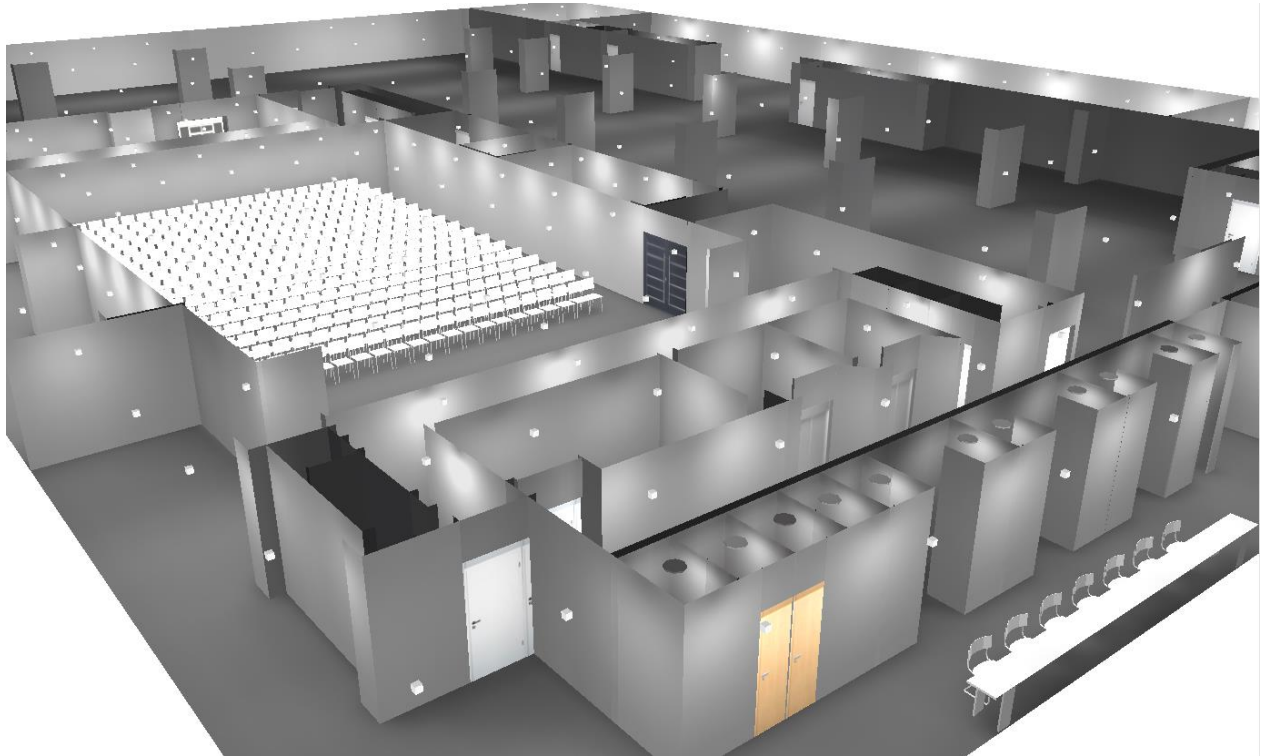


Fig. 8. Simulación luminotécnica sótano N-1.

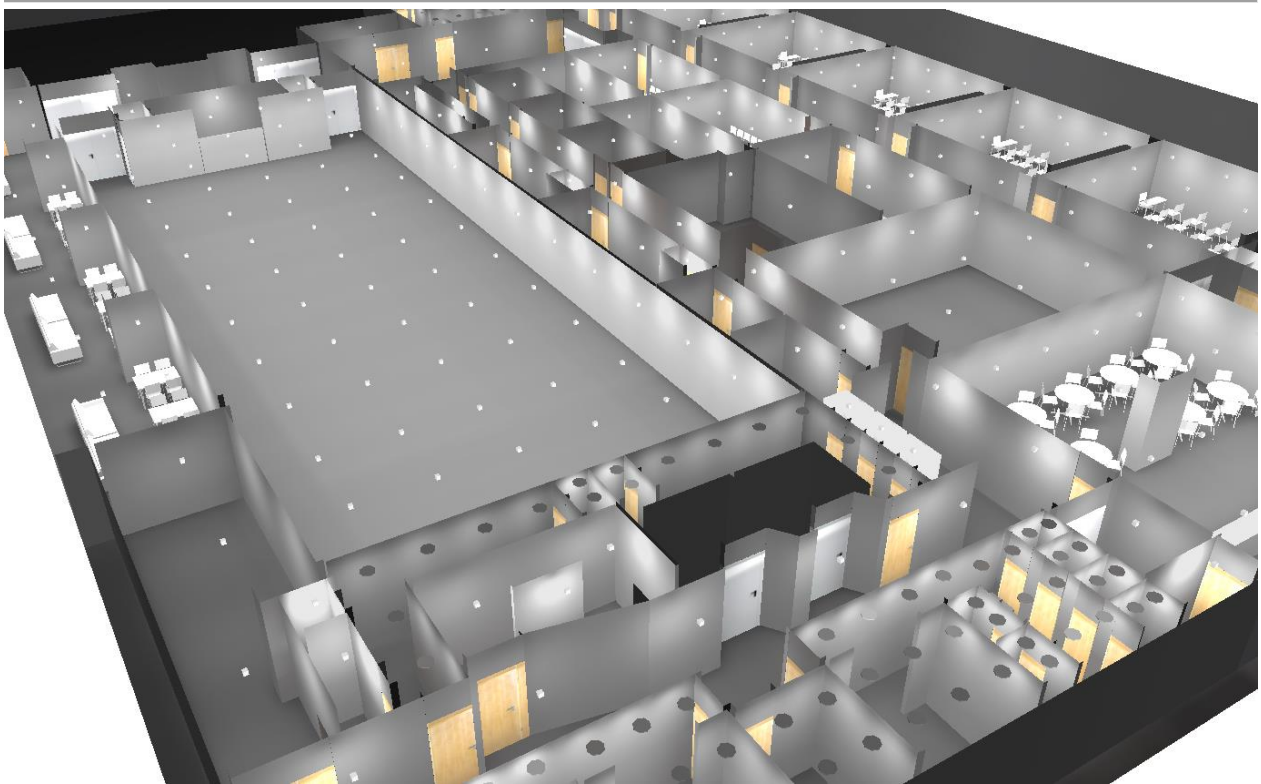


Fig. 9. Simulación luminotécnica piso N+1.

En las Fig. 7, Fig. 8 y Fig. 9 se puede observar la simulación luminotécnica del sótano 2, sótano 1 y piso 1, en cada uno de los espacios que lo conforman, asegurando que cumpla con los valores de iluminancia que rige el RETILAP para cada tipo de recinto.

b. Plano de iluminación

Luego de realizar la simulación en el software DIALux y encontrar los resultados luminotécnicos que cumplen con los valores de iluminancia del RETILAP, se procede a realizar el plano de iluminación en cada uno de los espacios de cada piso que comprende la etapa uno del bloque.

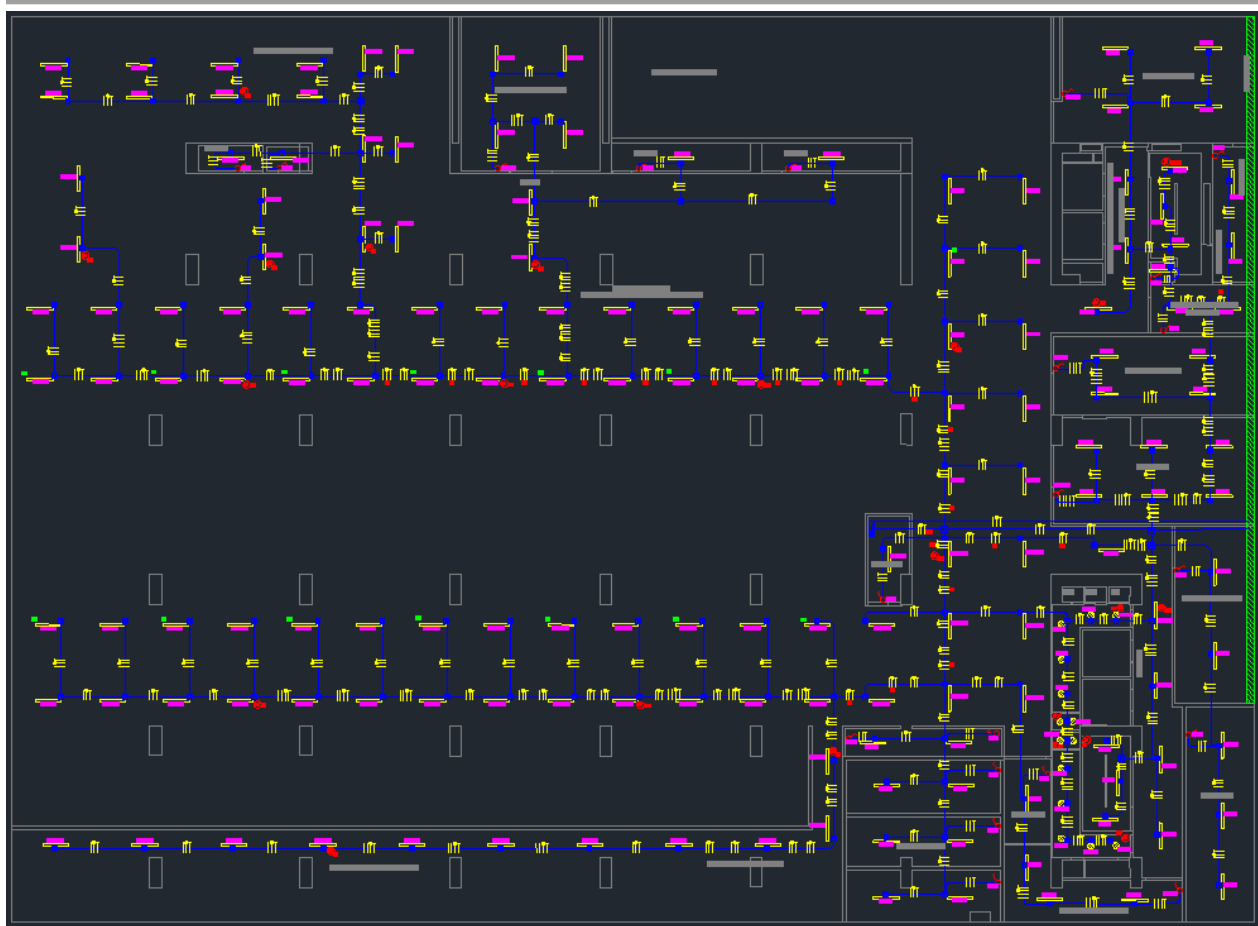


Fig. 10. Plano de iluminación sótano N-2.

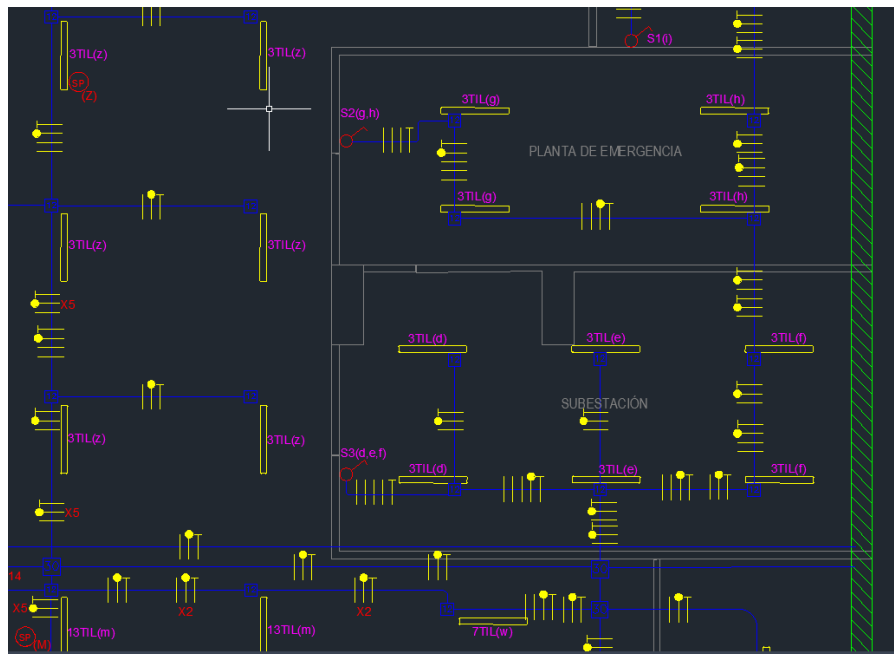


Fig. 11. Detalle de iluminación sótano N-2.

En la Fig. 10, se puede observar el diseño de la iluminación del sótano N-2 de acuerdo con la simulación realizada. Para el diseño de iluminación se realizó en tubería EMT y cajas 12x12 y cajas 30x30 de paso o para empalmes, se utilizaron interruptores sencillos y dobles. Para las zonas de circulación, zona de parqueadero y baños se utilizaron sensores de presencia, esto con el fin de hacer un mejor control de iluminación y eficiencia. Cabe resaltar que para llegar al tablero de iluminación el cual está ubicado en el cuarto eléctrico, se hizo por medio de un ducto adosado al muro de 40cm x 8cm. Adicionalmente, se instaló iluminación de emergencia, el cual es controlado por un driver especial en la luminaria.

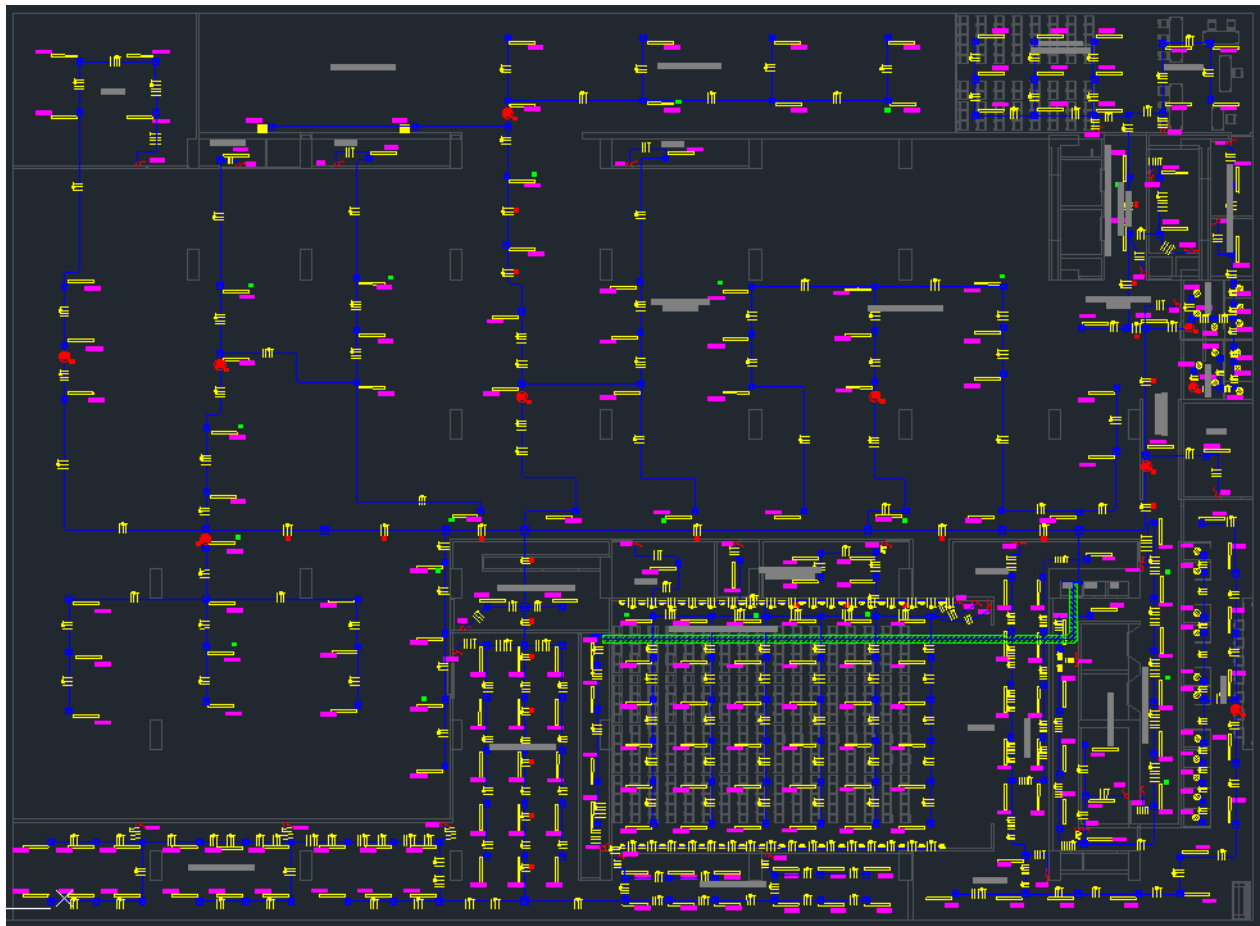


Fig. 12. Plano de iluminación sótano N-1.

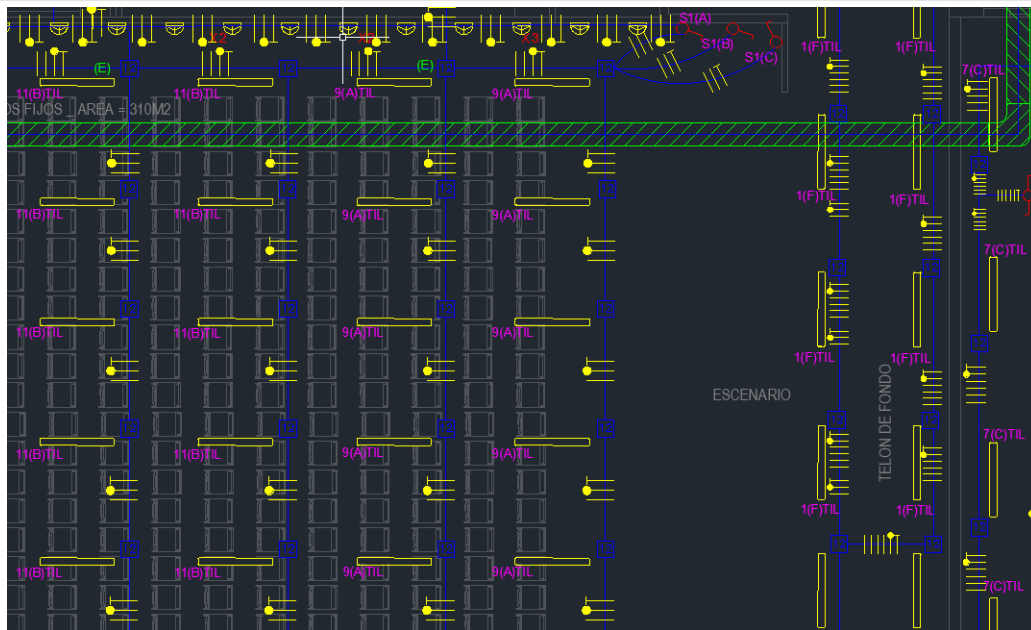


Fig. 13. Detalle de iluminación sótano N-1.

En la Fig. 12, se puede observar el diseño de la iluminación del sótano N-1 de acuerdo con la simulación realizada. Para el diseño de iluminación se realizó en tubería EMT y cajas 12x12 y cajas 30x30 de paso o para empalmes, se utilizaron interruptores sencillos, dobles y conmutables. Para las zonas de circulación, zona de parqueadero y baños se utilizaron sensores de presencia, esto con el fin de hacer un mejor control de iluminación y eficiencia. Cabe resaltar que para llegar al tablero de iluminación el cual está ubicado en el cuarto eléctrico, se hizo por medio del buitrón, adicional a esto también se instaló un tablero de distribución especial en el centro de control del auditorio, con el fin de manejar todo desde este punto. Esta alimentación se realizó por medio de un ducto adosado de 40cm x 8cm. Alrededor del auditorio también se instaló una iluminación indirecta, tipo decorativa. Adicionalmente, se instaló iluminación de emergencia, el cual es controlado por un driver especial en la luminaria.

En la Fig. 14, se puede observar el diseño de la iluminación del piso N+1 de acuerdo con la simulación realizada. Para el diseño de iluminación se realizó en tubería EMT y cajas 12x12 y cajas 30x30 de paso o para empalmes, se utilizaron interruptores sencillos, dobles y triples. Para las zonas de circulación y baños se utilizaron sensores de presencia, esto con el fin de hacer un mejor control de iluminación y eficiencia. Cabe resaltar que para llegar al tablero de iluminación el cual está ubicado en el cuarto eléctrico, se hizo por medio del buitrón, adicional a esto también se instaló un tablero de distribución especial en el centro de control del auditorio, con el fin de manejar todo desde este punto. Alrededor del auditorio también se instaló una iluminación indirecta, tipo decorativa. Adicionalmente, se instaló iluminación de emergencia, el cual es controlado por un driver especial en la luminaria.

c. Plano de tomacorrientes

En el plano de salidas de energía, nos muestra la ubicación de tomacorrientes de servicio en cada uno de los espacios, estos de acuerdo con las necesidades que tenía cada recinto y las cargas que se van a utilizar.

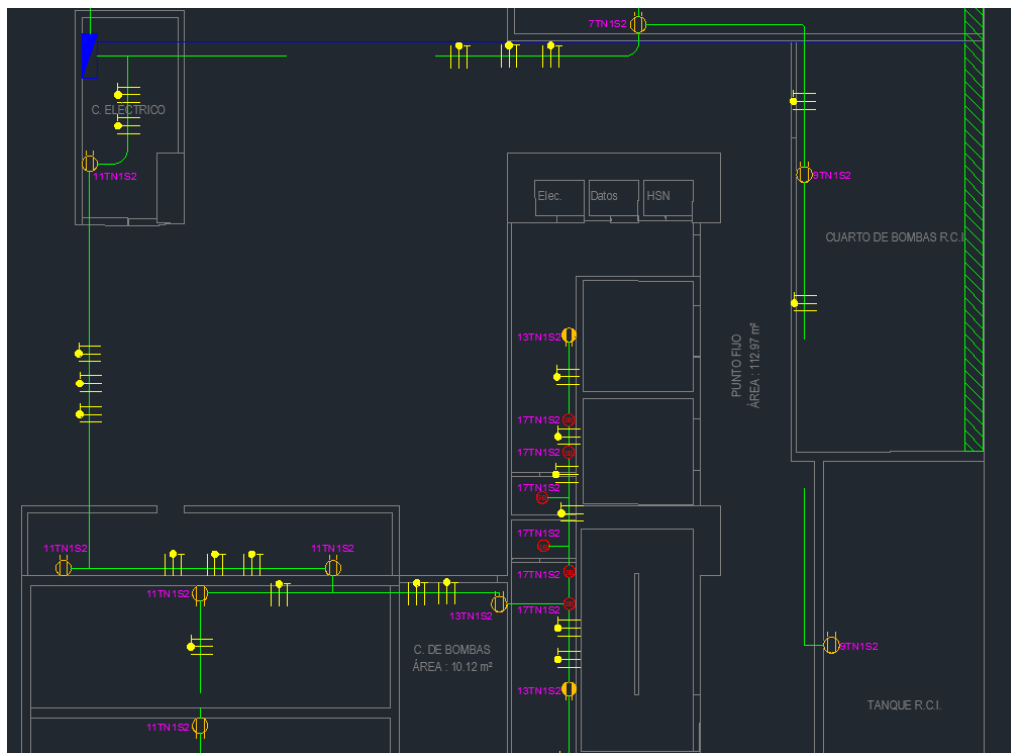


Fig. 16. Plano de tomacorrientes sótano N-2.

En la Fig. 16, se puede observar el diseño de salidas de energía en el sótano N-2. En este se realizó la ubicación de tomacorrientes de servicio en cada uno de los espacios que así lo requerían, al igual que tomas GFCI exigidos por norma en lugares que permanecen húmedos como baños. Adicionalmente, se instaló salidas eléctricas para los sensores en lavamanos y baños. La conexión de estas salidas se realizó por medio de tubería EMT expuesta.

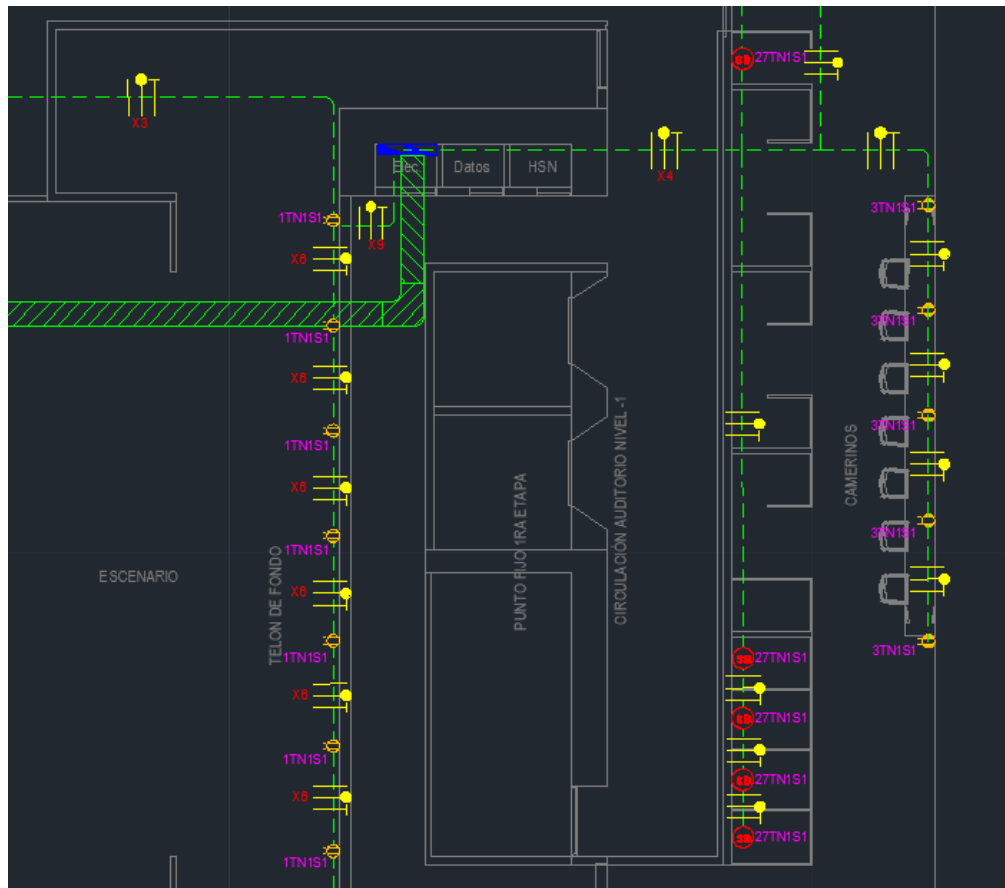


Fig. 17. Plano de tomacorrientes sótano N-1.

En la Fig. 17, se puede observar el diseño de salidas de energía en el sótano N-1. En este se realizó la ubicación de tomacorrientes de servicio en cada uno de los espacios que así lo requerían, al igual que tomas GFCI exigidos por norma en lugares que permanecen húmedos como baños. Adicionalmente, se instaló salidas eléctricas para los sensores en lavamanos y baños. La conexión de estas salidas se realizó por medio de tubería EMT expuesta.

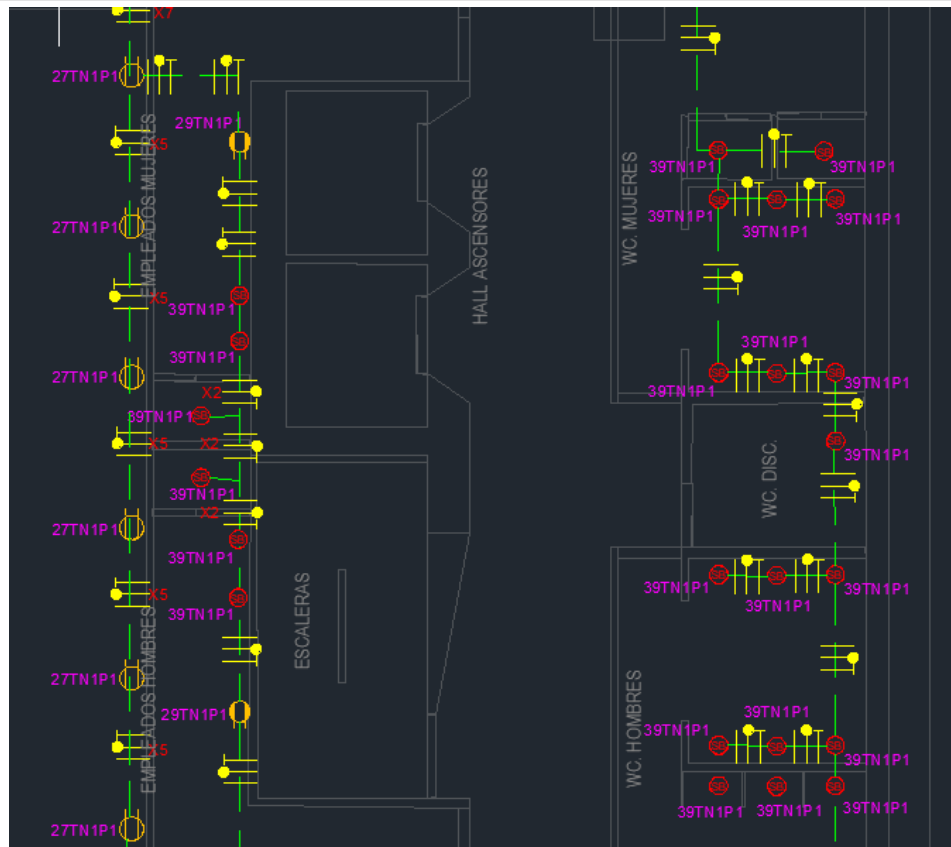


Fig. 18. Plano de tomacorrientes piso N+1.

En la Fig. 18, se puede observar el diseño de salidas de energía en el piso N+1. En este se realizó la ubicación de tomacorrientes de servicio en cada uno de los espacios que así lo requerían, al igual que tomas GFCI exigidos por norma en lugares que permanecen húmedos como baños y también toma de datos en las aulas. Adicionalmente, se instaló salidas eléctricas para los sensores en lavamanos y baños. La conexión de estas salidas se realizó por medio de tubería EMT expuesta.

d. Plano de bombas

En el plano de bombas, como su nombre lo indica nos muestra la ubicación de las bombas con las que cuenta el proyecto y las salidas eléctricas que este necesita para su correcto funcionamiento. Este sistema corresponde a una de las cargas más importantes del proyecto, por lo tanto, es de vital importancia hacer un buen dimensionamiento de este, para realizar un correcto diseño de los alimentadores principales y evitar problemas en el futuro. Entre las bombas que encontramos en el proyecto están, las bombas de abastos, las bombas hidrosanitarias y de pozo eyector, la bomba de tratamiento y recolección de aguas lluvias y las bombas de la red contra incendios.

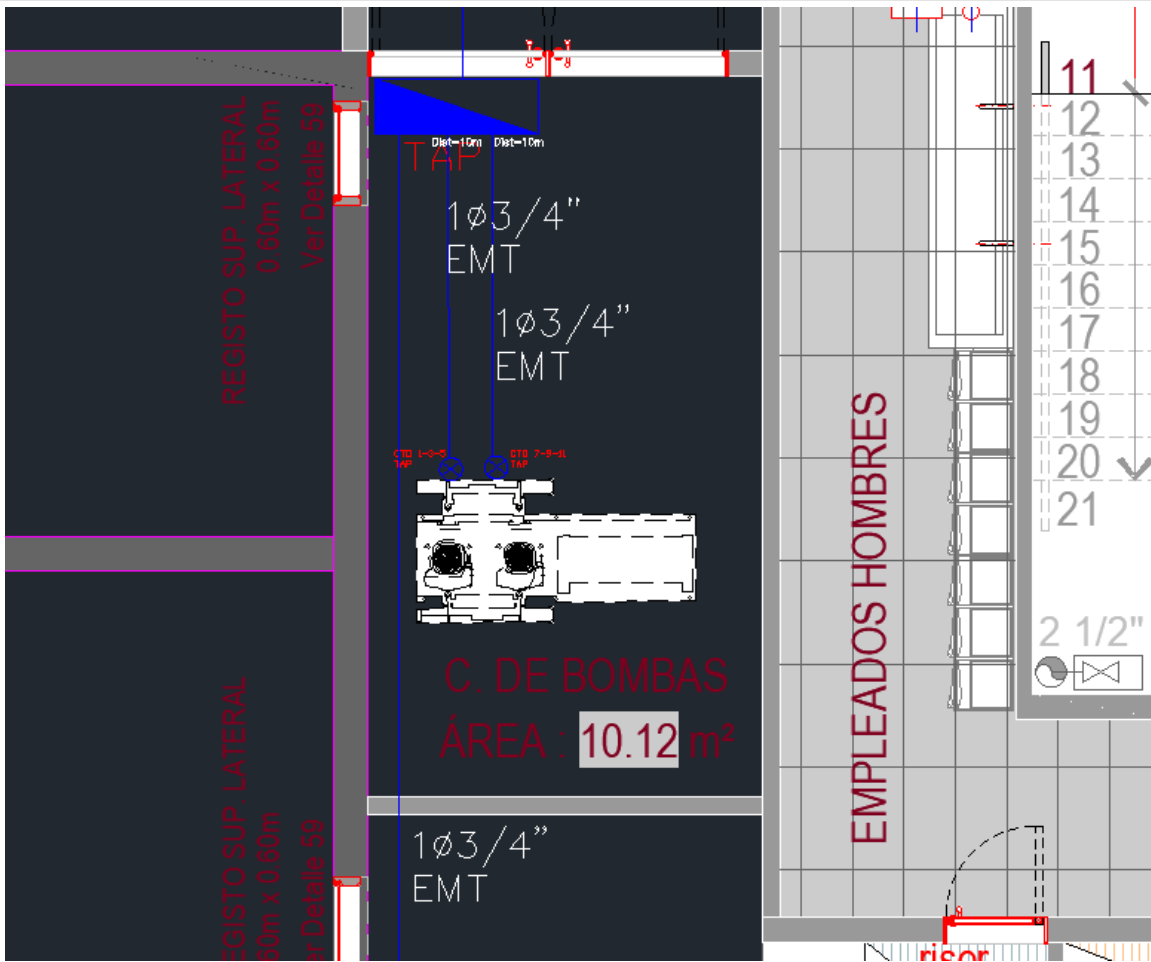


Fig. 19. Cuarto de bombas sótano N-2.

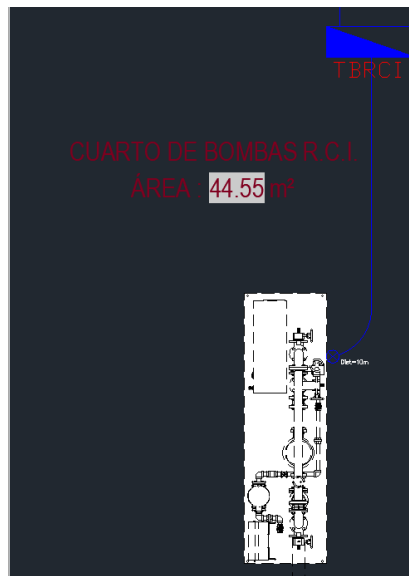


Fig. 20. Cuarto de bombas RCI sótano N-2.

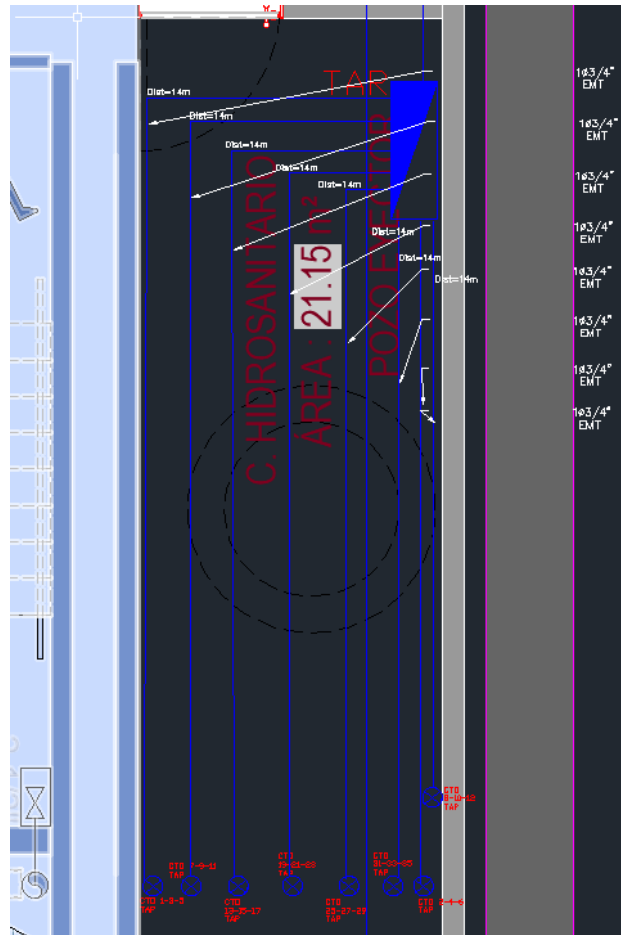


Fig. 21. Cuarto de bombas hidrosanitario y pozo eyector sótano N-2.

En las Fig. 19, Fig. 20 y Fig. 21 se puede observar los diferentes cuartos de bombas que se encuentran en el sótano N-2. Allí están los tableros de alimentación de cada una, con las respectivas salidas eléctricas necesarias y la tubería de conexión. En este caso al ser motores las salidas son en circuitos trifásicos y la tubería utilizada es EMT expuesta de 3/4”.

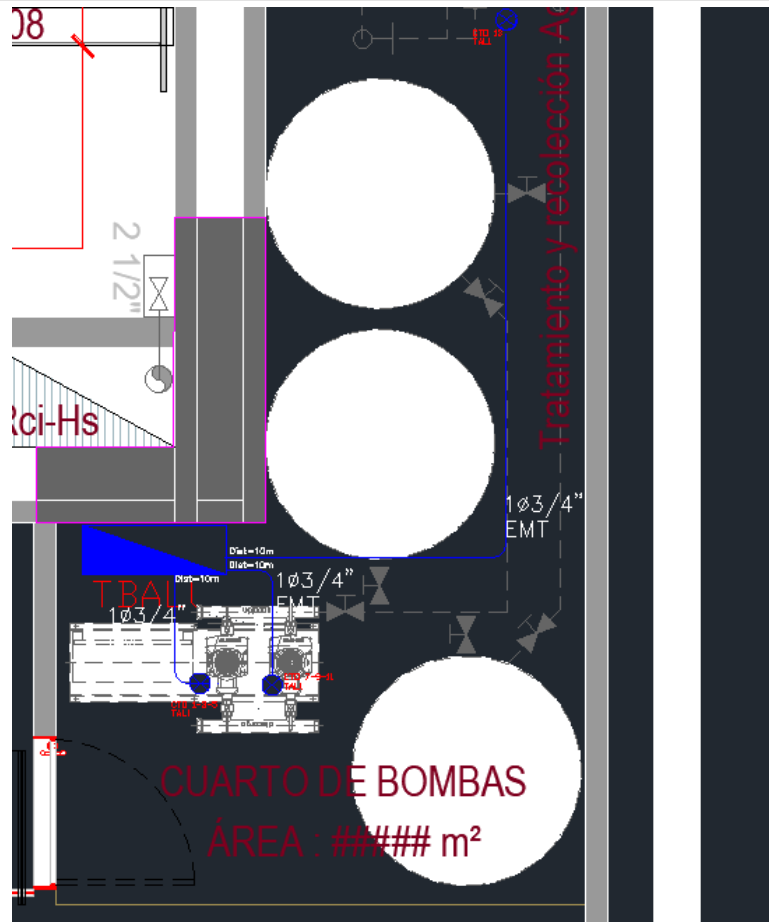


Fig. 22. Cuarto de bombas de tratamiento y recolección de aguas lluvias piso N+1.

En la Fig. 22, se puede observar el tablero de alimentación del cuarto de bombas de tratamiento y recolección de aguas lluvias, el cual se encuentra en el piso N+1, adicional a esto se encuentran las salidas necesarias para su correcto funcionamiento las cuales son salidas trifásicas por ser utilización de motores y también está la tubería utilizada para la conexión, la cual es EMT expuesta de 3/4".

e. Plano de aires acondicionados y extracción

En el plano de aires acondicionados, se puede observar la ubicación de los puntos de conexión del sistema de aire acondicionado y su debida extracción. Esta carga es la más importante en la instalación, esto debido a que representa un alto de consumo de potencia para su funcionamiento, por lo tanto su dimensionamiento se vuelve importante para la capacidad instalada del proyecto. Adicional a esto, se debe tener en cuenta que en este tipo de cargas se debe tener una diversificación mínima y un factor de simultaneidad alto, ya que están en funcionamiento la mayor

parte del tiempo, entonces por temas de confiabilidad y seguridad de la instalación es recomendable diseñar y hacer los cálculos con los factores dichos anteriormente.

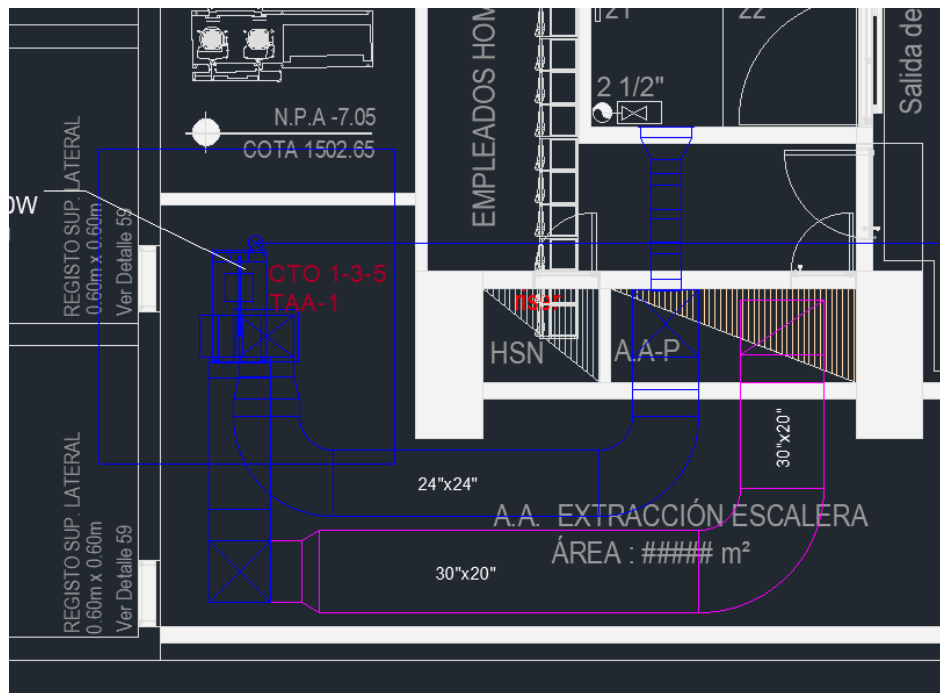


Fig. 23. Cuarto de aire acondicionado y extracción sótano N-2.

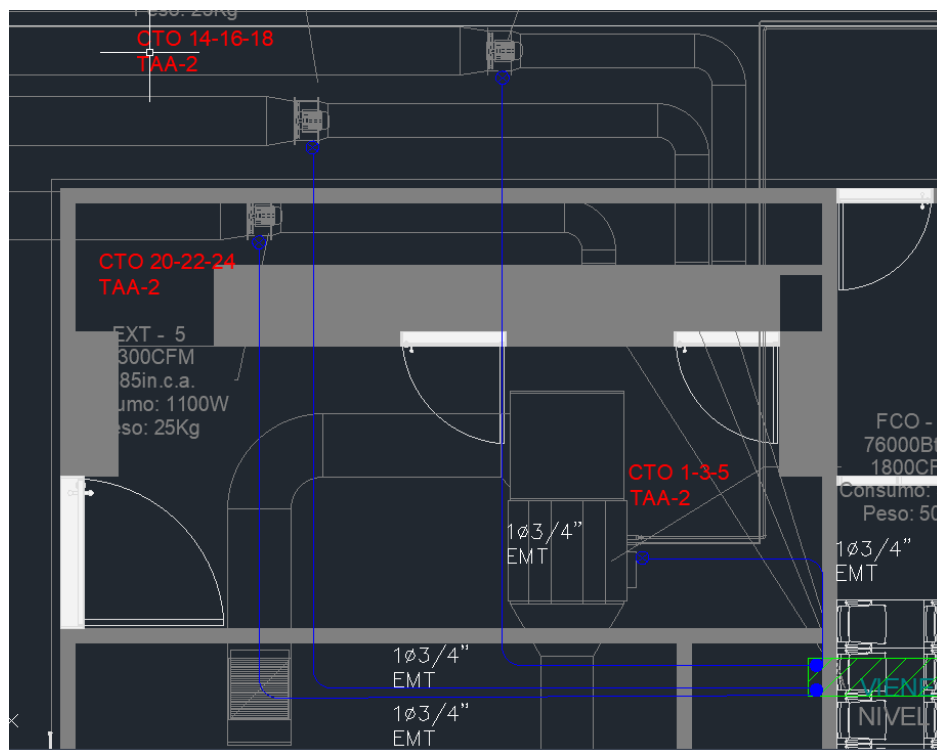


Fig. 24. Cuarto de aire acondicionado y extracción sótano N-1.

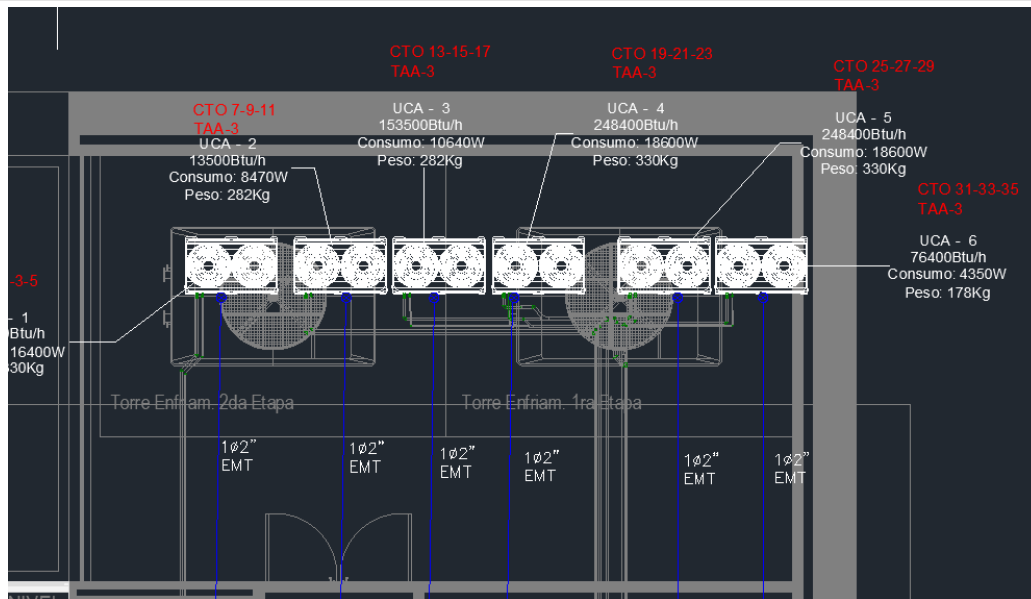


Fig. 25. Cuarto de aire acondicionado y extracción piso N+1.

En las Fig. 23, Fig. 24 y Fig. 25, se puede observar los diferentes cuartos de aire acondicionado y su respectiva extracción en cada uno de los pisos, al tratarse de equipos de aire acondicionado las salidas eléctricas son trifásicas y están conectadas mediante ductos y derivaciones en tubería EMT expuesta de 2", debido a la cantidad de circuitos que pasan por allí, este llenado de tubería debe ser calculado y no debe ser superado por el 40% de capacidad.

f. Cuadros de cargas

Los cuadros de cargas se convierten en una de las partes más importantes de un diseño eléctrico, esto debido a que nos dan información importante acerca de la capacidad instalada que necesita el proyecto, el dimensionamiento de la subestación y sus gabinetes principales y nos dimensiona todos y cada uno de los alimentadores principales para los tableros de distribución. Adicional a esto, obtenemos de forma organizada toda la información sobre las cargas con que cuenta la instalación.

Adicionalmente, con los cuadros de carga se tiene la capacidad de elegir las protecciones y la coordinación de aislamiento de todas las cargas, así como el calibre de los conductores, cabe resaltar que en el momento de hacer diseños eléctricos los conductores no se deben dimensionar solamente por la capacidad de corriente, también se debe tener en cuenta la temperatura y la regulación, la cual se ve afectada por la distancia de los circuitos, según el reglamento esta regulación no puede sobrepasar el 5%, pero para que la instalación sea más confiable y evitar riesgos, como profesionales electricistas se maneja por debajo del 3%.

COLOR FASES	CTO	DESCRIPCION	TENSIÓN	Nº TOMAS NOR.	Nº TOMAS T.A.	Nº LUMIN.	AWG	PROTEC. (A)	F. SIMULT.	V.A. TOMAS NOR.	V.A. TOMAS T.A.	V.A. ILUM.	I(A)	L (mts)	REGUL.	A	B	C
AM	1	DEPOSITO Y HSN.	120 1Ø	2	0	0	12	1x20	1	360	0	0	3,0	72	2,25%	360		
AZ	3	CUARTO AIRE ACONDICIONADO Y DEPOSITOS.	120 1Ø	4	0	0	10	1x20	1	720	0	0	6,0	53	1,99%		720	
RD	5	ZONA DE ALMACENAJE, HIDROSANITARIO, ELECT Y DATOS.	120 1Ø	3	0	0	12	1x20	1	540	0	0	4,5	58	2,75%			540
AM	7	A.A EXTRACCIÓN ESCALERA, PLANTA DE EMERGENCIA, SUBESTACIÓN.	120 1Ø	5	0	0	12	1x20	1	900	0	0	7,5	32	2,52%	900		
AZ	9	ELEC. DATOS, HSN, CUARTO DE BOMBAS, TANQUE R.C.I.	120 1Ø	5	0	0	12	1x20	1	900	0	0	7,5	35	2,78%		900	
RD	11	CUARTO ELÉCTRICO, TANQUE DE ABASTOS.	120 1Ø	6	0	0	10	1x20	1	1080	0	0	9,0	33	1,89%			1080
AM	13	CUARTO DE BOMBAS, EMPLEADOS HOMBRES Y MUJERES.	120 1Ø	3	0	0	12	1x20	1	540	0	0	4,5	35	1,66%	540		
AZ	15	HSN, A.A.P., A.A EXTRACCIÓN ESCALERA.	120 1Ø	4	0	0	12	1x20	1	720	0	0	6,0	42	2,67%		720	
RD	17	SENSORES BAÑOS Y LAVAMANOS	120 1Ø	6	0	0	12	1x20	1	300	0	0	2,5	34	0,90%			300

Fig. 26. Cuadro de cargas tomacorrientes sótano N-2.

COLOR FASES	CTO	DESCRIPCION	TENSIÓN	Nº TOMAS NOR.	Nº TOMAS T.A.	Nº LUMIN.	AWG	PROTEC. (A)	F. SIMULT.	V.A. TOMAS NOR.	V.A. TOMAS T.A.	V.A. ILUM.	I(A)	L (mts)	REGUL.	A	B	C
AM	1	ZONA 1, ZONA DE ALMACENAJE, ASCENSORES, ESCALERAS, HIDROSANITARIA.	120 1Ø	0	0	13	10	1x20	1	0	0	650	5,4	61	2,08%	650		
AZ	3	ZONA 2, PARTE PARQUEADERO, EXTRACCIÓN ESCALERA, PLANTA DE EMERGENCIA, SUBESTACIÓN	120 1Ø	0	0	22	10	1x20	1	0	0	1100	9,2	36	2,10%		1100	
RD	5	ZONA 3, TANQUE DE ABASTOS, CUARTO DE BOMBAS, EXTRACCIÓN ESCALERAS	120 1Ø	0	0	12	12	1x20	1	0	0	600	5,0	40	2,08%			600
AM	7	ZONA 4, ESCALERAS, TANQUE R.C.I, CUARTO DE BOMBAS R.C.I, PASILLO ASCENSORES.	120 1Ø	0	0	13	12	1x20	1	0	0	650	5,4	45	2,55%	650		
AZ	9	ZONA 5, BAÑOS MUJERES, BAÑOS HOMBRES, CUARTOS (ELEC.DATOS,HSN, AA)	120 1Ø	0	0	19	12	1x20	1	0	0	586	4,9	49	2,49%		586	
RD	11	ZONA 6, PARQUEADERO DE MOTOS INFERIOR.	120 1Ø	0	0	7	12	1x20	1	0	0	350	2,9	80	2,44%			350
AM	13	ZONA 7, CUARTO ELECTRICO, PARTE PARQUEADERO CARROS Y MOTOS.	120 1Ø	0	0	13	12	1x20	1	0	0	650	5,4	31	1,74%	650		
AZ	15	ZONA 8, PARQUEADERO CARROS INFERIOR PARTE 1.	120 1Ø	0	0	14	10	1x20	1	0	0	700	5,8	71	2,61%		700	
RD	17	ZONA 9, PARQUEADERO CARROS INFERIOR PARTE 2.	120 1Ø	0	0	12	12	1x20	1	0	0	600	5,0	43	2,25%			600
AM	19	ZONA 10, PARQUEADERO CARROS SUPERIOR PARTE 1.	120 1Ø	0	0	12	10	1x20	1	0	0	600	5,0	80	2,53%	600		
AZ	21	ZONA 11, PARQUEADERO CARROS SUPERIOR PARTE 2, DEPOSITOS.	120 1Ø	0	0	12	10	1x20	1	0	0	600	5,0	71	2,26%		600	
RD	23	ZONA 12, PARQUEADERO CARROS SUPERIOR PARTE 3	120 1Ø	0	0	12	12	1x20	1	0	0	600	5,0	43	2,25%			600
AM	25	ZONA 13, CUARTO AIRE ACONDICIONADO, PARQUEADERO MOTOS SUPERIOR.	120 1Ø	0	0	12	10	1x20	1	0	0	600	5,0	82	2,50%	600		
AZ	27	ZONA 14, PARQUEADERO MOTOS SUPERIOR	120 1Ø	0	0	8	10	1x20	1	0	0	400	3,3	88	1,86%		400	

Fig. 27. Cuadro de cargas iluminación sótano N-2.

COLOR FASES	CTO	DESCRIPCION	TENSIÓN	Nº TOMAS NOR.	Nº TOMAS T.A.	Nº LUMIN.	AWG	PROTEC. (A)	F. SIMULT.	V.A. TOMAS NOR.	V.A. TOMAS T.A.	V.A. ILUM.	I(A)	L (mts)	REGUL.	A	B	C
AM	1	EXT - 1	220 3Ø	1	0	0	10	3x25	1	3000	0	0	8,3	78	2,05%	1000		
AZ	3																1000	
RD	5																	1000

Fig. 28. Cuadro de cargas aire acondicionado sótano N-2.

En las Fig. 26, Fig. 27 y Fig. 28, se pueden observar los cuadros de cargas del sótano N-2, corresponden al cuadro de cargas de tomacorrientes, iluminación y aire acondicionado, respectivamente. En estos se puede encontrar información acerca de la zona del circuito, la tensión,

el número de cargas, el calibre, la protección, la potencia del circuito, la corriente y la regulación. Adicionalmente, se puede observar la cargabilidad de las 3 fases del sistema eléctrico.

COLOR FASES	CTO	DESCRIPCION	TENSIÓN	Nº TOMAS NOR.	Nº TOMAS T.A.	Nº LUMIN.	AWG	PROTEC. (A)	F. SIMULT.	V.A. TOMAS NOR.	V.A. TOMAS T.A.	V.A. ILLUM.	I(A)	L (mts)	REGUL.	A	B	C
AM	1	ZONA 1, ESCENARIO	120 1Ø	7	0	0	12	1x20	1	1260	0	0	10,5	17	1,87%	1260		
AZ	3	ZONA 2, CAMERINOS	120 1Ø	5	0	0	12	1x20	1	900	0	0	7,5	22	1,73%		900	
RD	5	ZONA 3, BANOS, UTILERIA Y CUARTOS TÉCNICOS	120 1Ø	5	0	0	12	1x20	1	900	0	0	7,5	35	2,75%			900
AM	7	ZONA 4, SALA DE AUDIENCIAS	120 1Ø	5	0	0	10	1x20	1	900	0	0	7,5	51	2,42%	900		
AZ	9	ZONA 5, ESPACIOS ADMINISTRATIVOS 1	120 1Ø	6	0	0	10	1x20	1	1080	0	0	9,0	51	2,90%		1080	
RD	11	ZONA 6, OPERADOR DE EVENTOS Y DEPÓSITO	120 1Ø	5	0	0	12	1x20	1	900	0	0	7,5	31	2,44%			900
AM	13	ZONA 7, TOMAS EQUIPO AUDITORIO	120 1Ø	8	0	0	12	1x20	1	1440	0	0	12,0	12	1,51%	1440		
AZ	15	ZONA 8, ESPACIOS ADMINISTRATIVOS 2	120 1Ø	4	0	0	10	1x20	1	720	0	0	6,0	76	2,88%		720	
RD	17	ZONA 9, ESPACIOS ADMINISTRATIVOS 3	120 1Ø	3	0	0	10	1x20	1	540	0	0	4,5	75	2,13%			540
AM	19	ZONA 10, ESPACIOS ADMINISTRATIVOS 4	120 1Ø	3	0	0	10	1x20	1	540	0	0	4,5	85	2,42%	540		
AZ	21	ZONA 11, ESPACIOS ADMINISTRATIVOS 5	120 1Ø	3	0	0	10	1x20	1	540	0	0	4,5	94	2,67%		180	
RD	23	ZONA 12, DEPÓSITOS Y A.A. EXTERIOR	120 1Ø	3	0	0	10	1x20	1	540	0	0	4,5	81	2,30%			540
AM	25	ZONA 13, DEPÓSITO SUPERIOR DERECHO	120 1Ø	2	0	0	10	1x20	1	360	0	0	3,0	97	1,84%	360		
AZ	27	ZONA 14, SENSORES DE BAÑO	120 1Ø	13	0	0	12	1x20	1	650	0	0	5,4	31	1,76%		650	

Fig. 29. Cuadro de cargas tomacorrientes sótano N-1.

CTO	DESCRIPCION	TENSIÓN	Nº TOMAS NOR.	Nº TOMA S.T.A.	Nº LUMIN.	AVG	PROT. EC. (A)	F. SIMULT.	V.A. TOMAS NOR.	V.A. TOMA S.T.A.	V.A. ILLUM.	I(A)	L (mts)	REGUL.	A	B	C	DESCRIPCION	TENSIÓN	Nº TOMAS NOR.	Nº TOMA S.T.A.	Nº LUMIN.	AVG	PROT. EC. (A)	F. SIMULT.	V.A. TOMAS NOR.	V.A. TOMA S.T.A.	V.A. ILLUM.	I(A)	L (mts)	REGUL.	CTO
1	ZONA 1, ESCENARIO, SALIDA DE ESCENARIO	120 1Ø	0	0	14	12	120	1	0	0	700	5,8	29	1,7%	2700			CIRCUITO DEL SONIDO Y EQUIPO DEL AUDITORIO	208 3Ø	0	0	1	8	3x40	1	0	0	6000	6,7	33	1,4%	2
3	ZONA 2, CAMERINOS, BANOS, INFERMERÍAS	120 1Ø	0	0	21	10	120	1	0	0	764	6,4	63	2,54%		2764		Libre													4	
5	Libre																														6	
7	ZONA 3, TELÓN DE FONDO, SALIDA ESCENARIO	120 1Ø	0	0	15	12	120	1	0	0	750	6,3	45	2,35%	750			Libre													8	
9	ZONA 4, AUDITORIO SILLAS PARTE BAJA, TRADUCCIÓN SIMULTÁNEA	120 1Ø	0	0	16	12	120	1	0	0	800	6,7	29	2,03%	800			Libre													10	
11	ZONA 5, AUDITORIO SILLAS PARTE INTERMEDIAS, HSH	120 1Ø	0	0	13	12	120	1	0	0	650	5,4	35	1,9%		650		Libre													12	
13	ZONA 6, AUDITORIO SILLAS PARTE ALTA, DEPÓSITO	120 1Ø	0	0	17	10	120	1	0	0	850	7,1	45	2,02%	850			Libre													14	
15	ZONA 7, ESPACIOS ADMINISTRATIVOS, EXTRACCIÓN	120 1Ø	0	0	17	10	120	1	0	0	850	7,1	61	2,72%		850		Libre													16	
17	ZONA 8, ESPACIOS ADMINISTRATIVOS LATERAL DERECHO 1	120 1Ø	0	0	12	10	120	1	0	0	600	5,0	86	2,72%		600		Libre													18	
19	ZONA 9, ESPACIOS ADMINISTRATIVOS LATERAL DERECHO 2	120 1Ø	0	0	6	12	120	1	0	0	300	2,5	96	2,5%	300			Libre													20	
21	ZONA 10, ESPACIOS ADMINISTRATIVOS LATERAL DERECHO	120 1Ø	0	0	12	10	120	1	0	0	600	5,0	85	2,6%		600		Libre													22	
23	ZONA 11, RAMPA FESTIVAL, UTILERIA, VC HOMBRES, VC MUJERES, ACCESO A SALA DE AUDIENCIAS, CUARTO	120 1Ø	0	0	22	12	120	1	0	0	788	6,6	35	2,41%		788		Libre													24	
25	ZONA 12, SALA DE AUDIENCIAS, ESCENARIO	120 1Ø	0	0	13	12	120	1	0	0	650	5,4	51	2,8%	650			Libre													26	
27	ZONA 13, PARQUEADERO AREA 1	120 1Ø	0	0	15	10	120	1	0	0	750	6,3	73	2,8%	750			Libre													28	
29	ZONA 14, PARQUEADERO AREA 1	120 1Ø	0	0	10	12	120	1	0	0	500	4,2	68	2,97%		500		Libre													30	
31	ZONA 15, PARQUEADERO AREA 2	120 1Ø	0	0	12	10	120	1	0	0	600	5,0	32	2,9%	600			Libre													32	
33	ZONA 16, PARQUEADERO AREA 4	120 1Ø	0	0	10	10	120	1	0	0	500	4,2	82	2,1%	500			Libre													34	
35	ZONA 17, PARQUEADERO AREA 5	120 1Ø	0	0	7	10	120	1	0	0	350	2,9	105	1,94%		350		Libre													36	
37	ZONA 18, PARQUEADERO AREA 6	120 1Ø	0	0	14	10	120	1	0	0	700	5,8	78	2,8%	700			Libre													38	
39	ZONA 19, PARQUEADERO RAMPA	120 1Ø	0	0	2	12	120	1	0	0	240	2,0	85	1,7%	240			Libre													40	

Fig. 30. Cuadro de cargas iluminación sótano N-1.

CTO	DESCRIPCION	TENSIÓN	Nº TOMAS NOR.	Nº TOMA S.T.A.	Nº LUMIN.	AVG	PROT. EC. (A)	F. SIMULT.	V.A. TOMAS NOR.	V.A. TOMA S.T.A.	V.A. ILLUM.	I(A)	L (mts)	REGUL.	A	B	C	DESCRIPCION	TENSIÓN	Nº TOMAS NOR.	Nº TOMA S.T.A.	Nº LUMIN.	AVG	PROT. EC. (A)	F. SIMULT.	V.A. TOMAS NOR.	V.A. TOMA S.T.A.	V.A. ILLUM.	I(A)	L (mts)	REGUL.	CTO	
1	FCD-1	220 3Ø	1	0	0	10	3x25	1	530	0	0	1,5	36	0,17%	2076,66667			EXT-2	220 3Ø	1	0	0	6	3x25	1	7500	0	0	20,9	102	2,80%	4	
3															2676,66667																	6	
5															2676,66667																	8	
7															383,333333				EXT-3	220 3Ø	1	0	0	10	3x25	1	1000	0	0	3,1	44	0,42%	10
9	FCD-3	220 3Ø	1	0	0	10	3x25	1	500	0	0	0,1	18	0,0%	383,333333																	12	
11															383,333333																	14	
13	FCD-4	220 3Ø	1	0	0	10	3x25	1	500	0	0	0,1	18	0,0%	383,333333				EXT-4	220 3Ø	1	0	0	10	3x25	1	1000	0	0	3,1	47	0,45%	16
15															383,333333																	18	
17															500																	20	
19	FCD-5	220 3Ø	1	0	0	10	3x25	1	430	0	0	1,2	27	0,3%	500				EXT-5	220 3Ø	1	0	0	10	3x25	1	1000	0	0	3,1	47	0,45%	22
21															500																	24	
23	FCD-6	220 3Ø	1	0	0	10	3x25	1	530	0	0	1,5	33	0,15%	176,666667				DISPONIBLE													26	
25															176,666667																	28	
27															176,666667																	30	
29															176,666667																	32	

Fig. 31. Cuadro de cargas aire acondicionado sótano N-1.

En las Fig. 29, Fig. 30 y Fig. 31, se pueden observar los cuadros de cargas del sótano N-1, corresponden al cuadro de cargas de tomacorrientes, iluminación y aire acondicionado, respectivamente. En estos se puede encontrar información acerca de la zona del circuito, la tensión, el número de cargas, el calibre, la protección, la potencia del circuito, la corriente y la regulación. Adicionalmente, se puede observar la cargabilidad de las 3 fases del sistema eléctrico.

COLOR FASES	CTO	DESCRIPCION	TENSION	N° TOMAS NOR.	N° TOMAS T.A.	N° LUMIN.	AWG	PROTEC. (A)	F. SIMUL.	V.A. TOMAS NOR.	V.A. TOMAS T.A.	V.A. ILUM.	I(A)	L (mts)	REGUL.	A	B	C
AM	1	RECEPCIÓN, LOBBY.	120 1Ø	1	0	0	12	1x20	1	180	0	0	1,5	95	1,49%	180		
AZ	3	VESTIER Y SALA DE ESTAR VIGILANTES.	120 1Ø	2	0	0	12	1x20	1	360	0	0	3,0	89	2,80%		360	
RO	5	AULA 01.	120 1Ø	4	0	0	10	1x20	1	720	0	0	6,0	79	3,00%			720
AM	7	AULA 02.	120 1Ø	4	0	0	10	1x20	1	720	0	0	6,0	72	2,73%	720		
AZ	9	AULA 03.	120 1Ø	4	0	0	10	1x20	1	720	0	0	6,0	65	2,47%		720	
RO	11	AULA 04.	120 1Ø	4	0	0	10	1x20	1	720	0	0	6,0	60	2,28%			720
AM	13	AULA 05.	120 1Ø	4	0	0	10	1x20	1	720	0	0	6,0	47	1,78%	720		
AZ	15	CUARTO DE BOMBAS, CAFETERÍA, UMA, CUARTO DE ASEO.	120 1Ø	8	0	0	10	1x20	1	1440	0	0	12,0	35	2,66%		1440	
RO	17	LOBBY REGISTRO, CÁMARA GESSEL 1 Y 2, SALA 2 Y 3.	120 1Ø	6	0	0	10	1x20	1	1080	0	0	9,0	42	2,39%			1080
AM	19	SALA DE PRODUCCIÓN Y SALAS.	120 1Ø	3	0	0	12	1x20	1	540	0	0	4,5	33	1,56%	540		
AZ	21	SALA 1, CUARTO DE SERVIDORES, ESPACIO ADMINISTRATIVO, CUARTO ELÉCTRICO, CUARTO RACKS.	120 1Ø	5	0	0	12	1x20	1	900	0	0	7,5	24	1,87%		900	
RO	23	ZONA DE PROYECCIÓN.	120 1Ø	4	0	0	12	1x20	1	720	0	0	6,0	7	0,45%			720
AM	25	DEPOSITO 1, A.A EXT, DEPOSITO 2, HSN 2, DEPOSITO 3, HSN 3.	120 1Ø	6	0	0	10	1x20	1	1080	0	0	9,0	36	2,05%	1080		
AZ	27	ESCENARIO AUDITORIO	120 1Ø	7	0	0	12	1x20	1	1260	0	0	10,5	23	2,53%		1260	
RO	29	ELEC. DATOS, HSN, EMPLEADOS HOMBRES Y MUJERES.	120 1Ø	7	0	0	10	1x20	1	1260	0	0	10,5	41	2,72%			1260
AM	31	DEPOSITO Y ZONA DE ESTAR.	120 1Ø	2	0	0	12	1x20	1	360	0	0	3,0	75	2,36%	360		
AZ	33	ZONA DE ESTUDIO 1.	120 1Ø	4	0	0	10	1x20	1	720	0	0	6,0	65	2,47%		720	
RO	35	ZONA DE ESTUDIO 2.	120 1Ø	4	0	0	10	1x20	1	720	0	0	6,0	56	2,12%			720
AM	37	ZONA DE ESTUDIO 3.	120 1Ø	4	0	0	12	1x20	1	720	0	0	6,0	44	2,77%	720		
AZ	39	SENSORES BAÑOS Y LAVAMANOS PARTE 1	120 1Ø	30	0	0	10	1x20	1	900	0	0	7,5	50	2,37%		900	
RO	41	SENSORES BAÑOS Y LAVAMANOS PARTE 2	120 1Ø	24	0	0	10	1x20	1	720	0	0	6,0	71	2,69%			720

Fig. 32. Cuadro de carga tomacorrientes piso N+1.

TABLERO ENERGÍA NORMAL TIL																																			
CTO	DESCRIPCION	TENSION	N° TOMAS NOR.	N° TOMAS T.A.	N° LUMIN.	AWG	PROTEC. (A)	F. SIMUL.	V.A. TOMAS NOR.	V.A. TOMAS T.A.	V.A. ILUM.	I(A)	L (mts)	REGUL.	A	B	C	DESCRIPCION	TENSION	N° TOMAS NOR.	N° TOMAS T.A.	N° LUMIN.	AWG	PROTEC. (A)	F. SIMUL.	V.A. TOMAS NOR.	V.A. TOMAS T.A.	V.A. ILUM.	I(A)	L (mts)	REGUL.	A	B	C	CTO
1	ZONA 1 CUARTOS (ESCATORIO, HSN, ESCALERAS, UMA, AUDITORIO, PASILLO EMPLEADOS MUJERES Y HOMBRES).	120 1Ø	0	0	28	12	h20	1	0	0	984	8,2	30	2,56%	1434			ZONA 22, AULA 01.	120 1Ø	0	0	9	10	h20	1	0	0	450	3,8	101			2		
3	ZONA 2 UMA, CUARTO DE ASEO, BAÑO MUJERES, BAÑO, ESCATORIO.	120 1Ø	0	0	36	12	h20	1	0	0	968	8,1	19	1,88%	1418			ZONA 24, AULA 02.	120 1Ø	0	0	9	10	h20	1	0	0	450	3,8	91	2,36%		4		
5	ZONA 3 BAÑO DE HOMBRES, DEPOSITO.	120 1Ø	0	0	30	12	h20	1	0	0	746	6,2	33	2,17%				ZONA 25, AULA 03.	120 1Ø	0	0	9	10	h20	1	0	0	450	3,8	82	1,94%		6		
7	ZONA 4 PARTE CORRIDOR, LOBBY DE REGISTRO, DEPOSITO, A.A.	120 1Ø	0	0	13	10	h20	1	0	0	650	5,4	73	2,50%				ZONA 26, AULA 04.	120 1Ø	0	0	9	12	h20	1	0	0	450	3,8	72	2,05%		8		
9	ZONA 5, CORRIDOR, HSN.	120 1Ø	0	0	5	12	h20	1	0	0	250	2,1	34	0,74%			700	ZONA 27, AULA 05.	120 1Ø	0	0	9	12	h20	1	0	0	450	3,8	43	2,48%		10		
11	ZONA 6, DEPOSITOS, CUARTO ELÉCTRICO, CUARTO RACKS.	120 1Ø	0	0	20	10	h20	1	0	0	900	8,3	41	2,36%			1000	1000	120 1Ø	0	0	10	10	h20	1	0	0	0	0	0,0%		0,0%	12		
13	ZONA 7, CUARTO DE PROYECCIÓN, TAQUILLAS.	120 1Ø	0	0	15	10	h20	1	0	0	750	6,3	54	2,15%	2790			ZONA 28, TABLERO AUDITORIO	208 3Ø	0	0	1	8	h20	1	0	0	6000	18,7	48	1,68%		14		
15	ZONA 8, PARTES 1 Y 2.	120 1Ø	0	0	10	10	h20	1	0	0	900	7,5	49	2,30%			2900				0	0	1	8	h20	1	0	0	0	0	0,0%		16		
17	ZONA 9, CUARTO AUDITORIO.	120 1Ø	0	0	10	10	h20	1	0	0	900	7,5	39	1,86%			2900															18			
19	ZONA 10, HALL ACCESO.	120 1Ø	0	0	9	10	h20	1	0	0	450	3,8	83	1,96%	450			Libre								h29	1	0	0	0	0	0,0%		20	
21	ZONA 11, ZONAS DE ESTUDIO.	120 1Ø	0	0	12	10	h20	1	0	0	600	5,0	60	1,96%			600	Libre							h30	1	0	0	0	0	0,0%		22		
23	ZONA 12, BAÑOS PRINCIPALES MUJERES.	120 1Ø	0	0	10	10	h20	1	0	0	432	3,6	87	1,93%			432	Libre							h31	0	0	0	0	0	0,0%		24		
25	ZONA 13, BAÑOS PRINCIPALES HOMBRES.	120 1Ø	0	0	10	10	h20	1	0	0	432	3,6	83	1,89%	432			Libre							h32	0	0	0	0	0	0,0%		26		
27	ZONA 14, CÁMARA DE GESSEL (1 SALA 03, SALA 02).	120 1Ø	0	0	13	10	h20	1	0	0	650	5,4	78	2,67%			650	Libre							h33	0	0	0	0	0	0,0%		28		
29	ZONA 15, CÁMARA DE GESSEL (2 SALAS 01 Y 02 Y CUARTO DE SERVIDORES).	120 1Ø	0	0	16	10	h20	1	0	0	900	6,7	69	2,30%			800	Libre							h34	0	0	0	0	0	0,0%		30		
31	ZONA 16, ESPACIO ADMINISTRATIVO.	120 1Ø	0	0	9	12	h20	1	0	0	450	3,8	46	1,93%	450			Libre							h35	0	0	0	0	0	0,0%		32		
33	ZONA 17, CAFETERÍA.	120 1Ø	0	0	10	10	h20	1	0	0	950	7,9	38	1,83%	850			Libre							h36	0	0	0	0	0	0,0%		34		
35	ZONA 18, PARTE CORRIDOR PRINCIPAL.	120 1Ø	0	0	10	10	h20	1	0	0	500	4,2	100	2,85%			500	Libre							h37	0	0	0	0	0	0,0%		36		
37	ZONA 19, PARTE CORRIDOR, ASCENSORES, ESCALERAS, CUARTO DE ESTUDIO, SALA VIGILANTES.	120 1Ø	0	0	15	10	h20	1	0	0	750	6,3	68	2,60%	750			Libre							h38	0	0	0	0	0	0,0%		38		
39	ZONA 20, SALA VIGILANTES, RECEPCIÓN, ESCALERAS.	120 1Ø	0	0	7	10	h20	1	0	0	350	2,9	116	2,12%			350	Libre							h39	0	0	0	0	0	0,0%		40		
41	ZONA 21, PARTE AUDITORIO.	120 1Ø	0	0	12	12	h20	1	0	0	600	5,0	30	1,86%			600	Libre							h40	0	0	0	0	0	0,0%		42		

Fig. 33. Cuadro de cargas iluminación piso N+1.

CTO	DESCRIPCION	TENSIÓN	Nº TOMAS NOR.	Nº TOMAS S.T.A.	Nº LUMIN.	AWG	PROTEC. (A)	F. SIMULT.	V.A. TOMAS NOR.	V.A. TOMAS S.T.A.	V.A. ILUM.	I(A)	L (mts)	REGUL.	A	B	C	DESCRIPCION	TENSIÓN	Nº TOMAS	Nº TOMAS T.A.	Nº LUMIN.	AWG	PROTEC. (A)	F. SIMULT.	V.A. TOMAS S.	V.A. TOMAS T.A.	V.A. ILUM.	I(A)	L (mts)	REGUL.	CTO
1	UCA-1	220 3Ø	1	0	0	2	3x63	1	16400	0	0	45,5	119	2,00%	5396,66667			FCO-7	220 3Ø	1	0	0	30	3x25	1	530	0	0	15	57	0,20%	2
4															4466,66667		4															
5															4466,66667		5															
7	UCA-2	220 3Ø	1	0	0	4	3x32	1	9470	0	0	23,5	120	2,30%	2960,66667		4466,66667	FCO-8	220 3Ø	1	0	0	30	3x25	1	430	0	0	12	55	0,20%	8
9															2960,66667		9															
11															2960,66667		11															
13	UCA-3	220 3Ø	1	0	0	2	3x40	1	10640	0	0	23,5	121	1,80%	3690			FCO-9	220 3Ø	1	0	0	30	3x25	1	430	0	0	12	55	0,20%	14
15															3690		15															
17															3690		17															
19	UCA-4	220 3Ø	1	0	0	2	3x63	1	18600	0	0	51,6	905	2,80%	6343,33333			FCO-10	220 3Ø	1	0	0	30	3x25	1	430	0	0	12	74	0,30%	20
21															6343,33333		21															
23															6343,33333		23															
25	UCA-5	220 3Ø	1	0	0	2	3x63	1	18600	0	0	51,6	906	2,30%	6343,33333			FCO-12	220 3Ø	1	0	0	30	3x25	1	430	0	0	12	83	0,30%	26
27															6343,33333		27															
29															6343,33333		29															
31	UCA-6	220 3Ø	1	0	0	2	3x25	1	4390	0	0	12,1	130	0,83%	1626,66667			FCO-13	220 3Ø	1	0	0	30	3x25	1	530	0	0	15	39	0,19%	32
33															1626,66667		33															
35															1626,66667		35															
37	UMA	220 3Ø	1	0	0	30	3x25	1	5400	0	0	15,0	12	0,57%	1073,33333			FCO-14	220 3Ø	1	0	0	30	3x25	1	220	0	0	0,6	32	0,19%	40
39															1073,33333		39															
41															1073,33333		41															
43	UMA-19	220 3Ø	1	0	0	30	3x25	1	7900	0	0	20,8	23	1,50%	2143,33333			FCO-15	220 3Ø	1	0	0	30	3x25	1	430	0	0	12	100	0,30%	44
45															2143,33333		45															
47															2143,33333		47															
49	FCP-16	220 3Ø	1	0	0	30	3x25	1	95	0	0	0,2	5	0,00%	183,33333			FCO-16	220 3Ø	1	0	0	30	3x25	1	490	0	0	12	90	0,43%	50
51															183,33333		51															
53															183,33333		53															
55	FCP-17	220 3Ø	1	0	0	30	3x25	1	95	0	0	0,2	5	0,00%	201,66667			VS-1	220 3Ø	1	0	0	30	3x25	1	590	0	0	15	100	0,63%	56
57															201,66667		57															
59															201,66667		59															
61	FCCH-II	220 3Ø	1	0	0	30	3x25	1	95	0	0	0,2	40	0,02%	183,33333			EXT-6	220 3Ø	1	0	0	30	3x25	1	180	0	0	0,5	48	0,08%	62
63															183,33333		63															
65															183,33333		65															

Fig. 34. Cuadro de cargas aire acondicionado piso N+1.

En las Fig. 32, Fig. 33 y Fig. 34, se pueden observar los cuadros de cargas del piso N+1, corresponden al cuadro de cargas de tomacorrientes, iluminación y aire acondicionado, respectivamente. En estos se puede encontrar información acerca de la zona del circuito, la tensión, el número de cargas, el calibre, la protección, la potencia del circuito, la corriente y la regulación. Adicionalmente, se puede observar la cargabilidad de las 3 fases del sistema eléctrico.

COLOR FASES	CTO	DESCRIPCION	TENSIÓN	Nº TOMAS NOR.	Nº TOMAS T.A.	Nº LUMIN.	AWG	PROTEC. (A)	F. SIMULT.	V.A. TOMAS NOR.	V.A. TOMAS T.A.	V.A. ILUM.	I(A)	L (mts)	REGUL.	A	B	C	
AH	1	BOMBA 1	220 3Ø	1	0	0	10	3x25	1	1032	0	0	2,9	10	0,09%	344			
AZ	3																	344	
RO	5																		344
AH	7	BOMBA 2	220 3Ø	1	0	0	10	3x25	1	1032	0	0	2,9	10	0,09%	344			
AZ	9																	344	
RO	11																		344
AH	13	BOMBA 3	120 1Ø	1	0	0	10	1x25	1	516	0	0	4,3	10	0,27%	172			

Fig. 35. Cuadro de cargas bombas aguas lluvias.

COLOR FASES	CTO	DESCRIPCION	TENSIÓN	Nº TOMAS NOR.	Nº TOMAS T.A.	Nº LUMIN.	AWG	PROTEC. (A)	F. SIMULT.	V.A. TOMAS NOR.	V.A. TOMAS T.A.	V.A. ILUM.	I(A)	L (mts)	REGUL.	A	B	C	
AH	1	BOMBA 1	220 3Ø	1	0	0	10	3x25	1	5159	0	0	14,3	10	0,45%	1719,66667			
AZ	3																	1719,66667	
RO	5																		1719,66667
AH	7	BOMBA 2	220 3Ø	1	0	0	10	3x25	1	5159	0	0	14,3	10	0,45%	1719,66667			
AZ	9																	1719,66667	
RO	11																		1719,66667
AH	13	BOMBA 3	220 3Ø	1	0	0	6	3x32	1	10321	0	0	28,6	70	2,64%	3440,33333			
AZ	15																	3440,33333	
RO	17																		3440,33333

Fig. 36. Cuadro de cargas bombas tanque de abastos.

CTO	DESCRIPCION	TENSIÓN	Nº TOMAS NOR.	Nº TOMAS S.T.A.	Nº LUMIN.	AVG	PROT EC. (A)	C SIMUL. T.	V.A. TOMAS NOR.	V.A. TOMAS S.T.A.	V.A. ILLUM.	(A)	L (mts)	REGUL.	A	B	C	DESCRIPCION	TENSIÓN	Nº TOMAS	Nº TOMAS T.A.	Nº LUMIN.	AVG	PROTE C. (A)	C SIMUL. T.	V.A. TOMAS S.	V.A. TOMAS T.A.	V.A. ILLUM.	(A)	L (mts)	REGUL.	CTO
1	BOMBA 1	220 30	1	0	0	8	3x32	1	10321	0	0	28,6	10	0,59%	6537,33333			BOMBA 7	220 30	1	0	0	10	3x25	1	3097	0	0	8,6	57	1,55%	2
3															3440,33333	3440,33333																4
5																																6
7															4472,66667																	8
9	BOMBA 2	220 30	1	0	0	8	3x32	1	10321	0	0	28,6	10	0,59%	4472,66667	4472,66667		BOMBA 8	220 30	1	0	0	10	3x25	1	3097	0	0	8,6	10	0,27%	10
11																4472,66667																12
13															3440,33333			DISPONIBLE														14
15	BOMBA 3	220 30	1	0	0	8	3x32	1	10321	0	0	28,6	10	0,59%	3440,33333	3440,33333		DISPONIBLE														16
17																3440,33333		DISPONIBLE														18
19															3440,33333			DISPONIBLE														20
21	BOMBA 4	220 30	1	0	0	8	3x32	1	10321	0	0	28,6	10	0,59%	3440,33333	3440,33333		DISPONIBLE														22
23																3440,33333		DISPONIBLE														24
25															344			DISPONIBLE														26
27	BOMBA 5	220 30	1	0	0	10	3x25	1	1032	0	0	2,9	10	0,09%	344	344		DISPONIBLE														28
29																	344	DISPONIBLE														30
31															344			DISPONIBLE														32
33	BOMBA 6	220 30	1	0	0	10	3x25	1	1032	0	0	2,9	10	0,09%	344	344		DISPONIBLE														34
35																	344	DISPONIBLE														36

Fig. 37. Cuadro de cargas bombas hidrosanitario y pozo eyector.

En las Fig. 35, Fig. 36 y Fig. 37, se pueden observar los cuadros de cargas de las bombas del proyecto, corresponden al cuadro de cargas de bombas de aguas lluvias, bombas del tanque de abastos y bombas del hidrosanitario y el pozo eyector, respectivamente. En estos se puede encontrar información acerca de la zona del circuito, la tensión, el número de cargas, el calibre, la protección, la potencia del circuito, la corriente y la regulación. Adicionalmente, se puede observar la cargabilidad de las 3 fases del sistema eléctrico.

g. Diagrama unifilar

El diagrama unifilar es la última memoria de calculo que se realiza en el proyecto eléctrico, ya que en este se contempla gráficamente todo lo necesario y esencial para diseñar, construir y mantener el sistema eléctrico. Este nos proporciona una visión general de todo el sistema, pudiendo identificar problemas y mejoras en el mismo.

En este diagrama unifilar se puede encontrar como es el flujo eléctrico desde la fuente de alimentación hasta el punto de uso que son todas las cargas, adicional a esto se pueden observar detalles importantes como las protecciones, numero de circuitos y potencias de cada carga, esto para tener un panorama general y completo de toda la instalación.

Inicialmente, para el proyecto se tenía contemplado una subestación con un transformador de 1000 kVA para alimentar las cargas de todo el bloque. Debido a dificultades económicas y de alcance del proyecto, se eligió construir una subestación para la primera etapa, por lo tanto, las cargas disminuyen y el transformador proyectado es de 400 kVA y no se tendría en cuenta planta de emergencia para respaldar algunas cargas. El diagrama unifilar quedaría así:

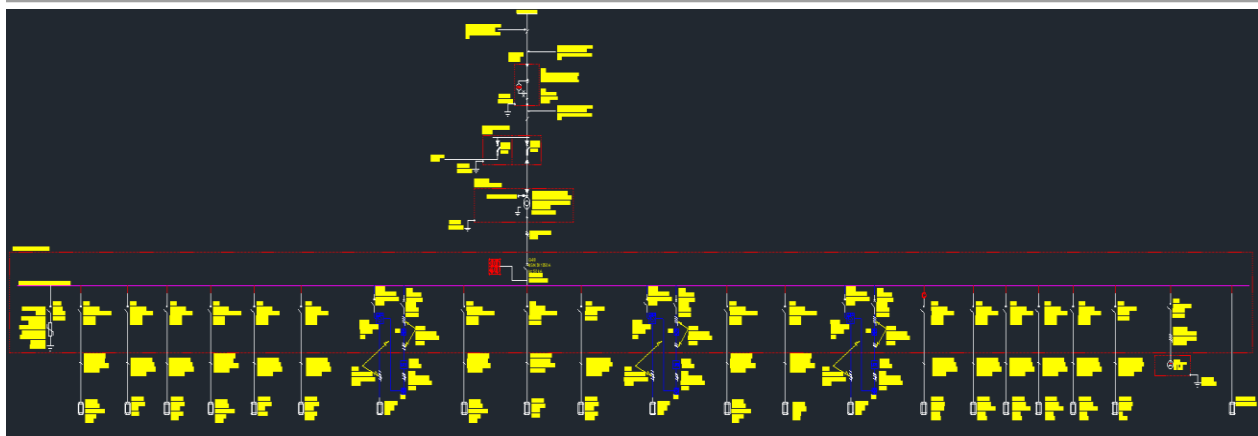


Fig. 38. Diagrama unifilar primera etapa.

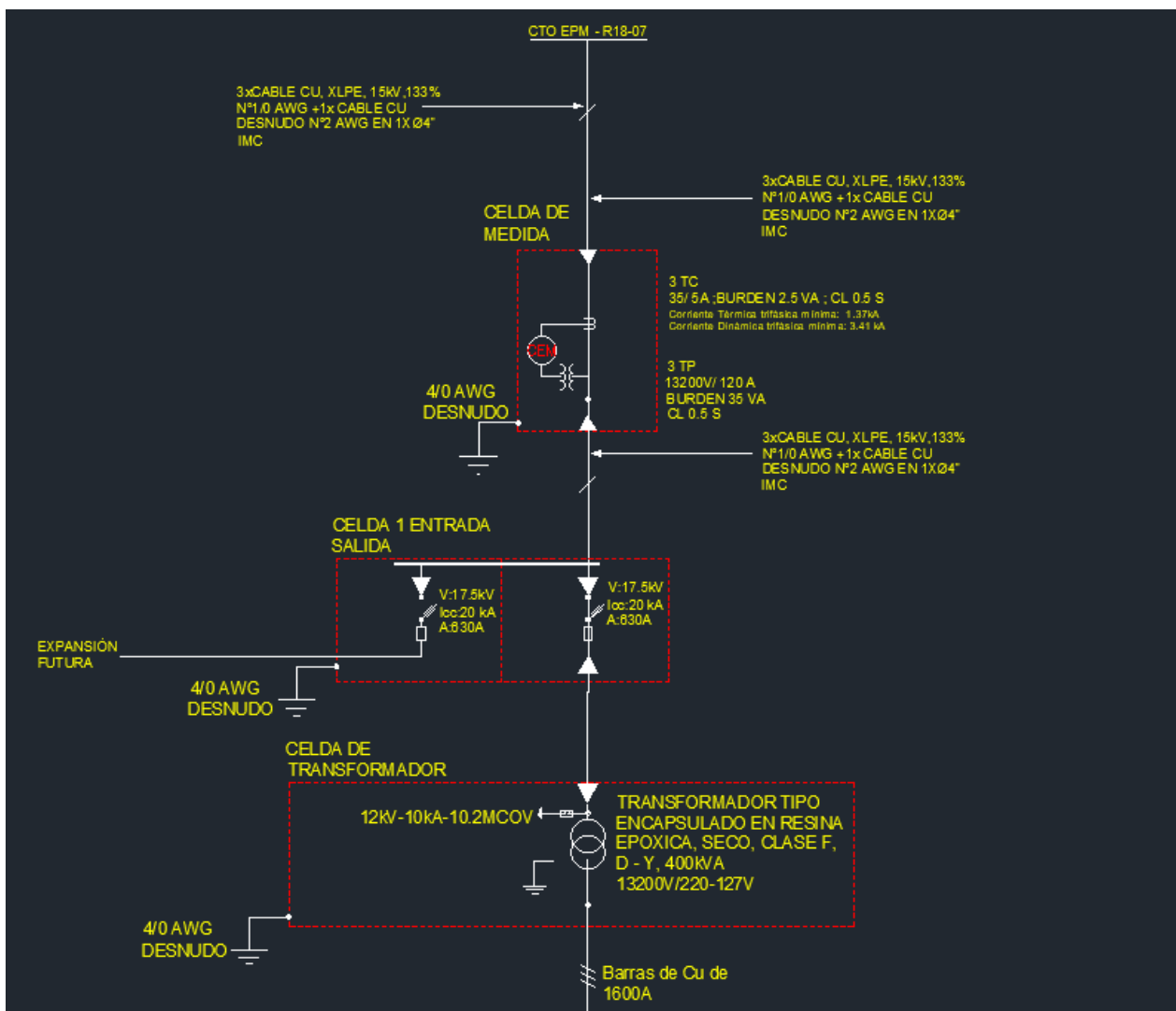


Fig. 39. Detalle diagrama unifilar.

En la Fig. 39, se puede observar el diagrama unifilar desde la fuente de alimentación hasta la subestación. Esta parte del diagrama unifilar consta del circuito de EPM que es el operador, es

decir, desde el punto de conexión entrando a la celda de medida donde encontramos los transformadores de corriente y los transformadores de potencia, seguidamente esta la celda de entrada y posteriormente a la celda del transformador de 400 kVA, que se propuso encapsulado en resina epoxica, seco y clase F, este tipo de transformador tiene la ventaja de no necesitar mantenimiento, por lo tanto, tendría un beneficio económico.



Fig. 40. Diagrama unifilar gabinete principal 1.

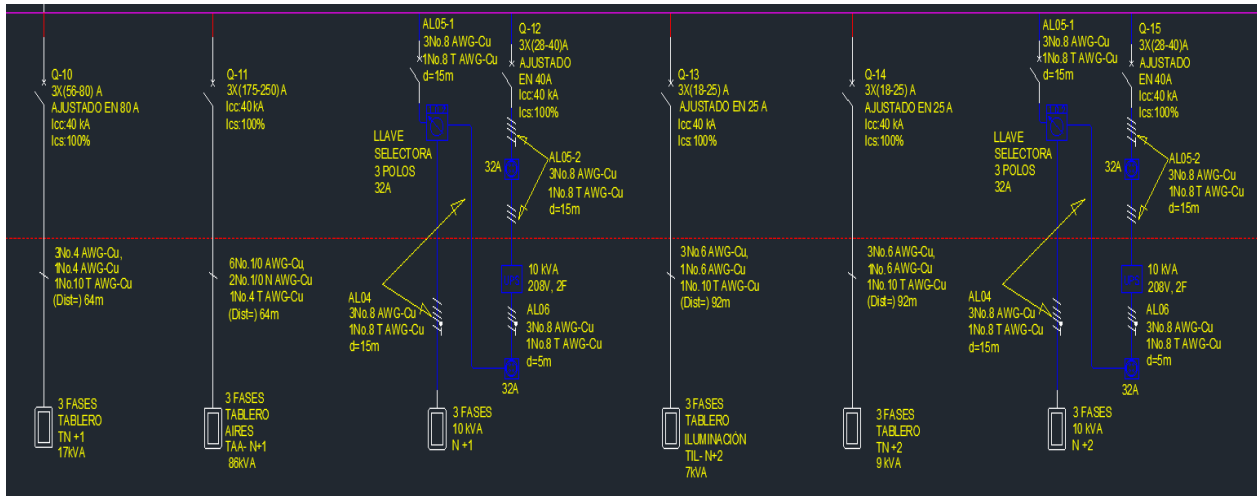


Fig. 41. Diagrama unifilar gabinete principal 2.

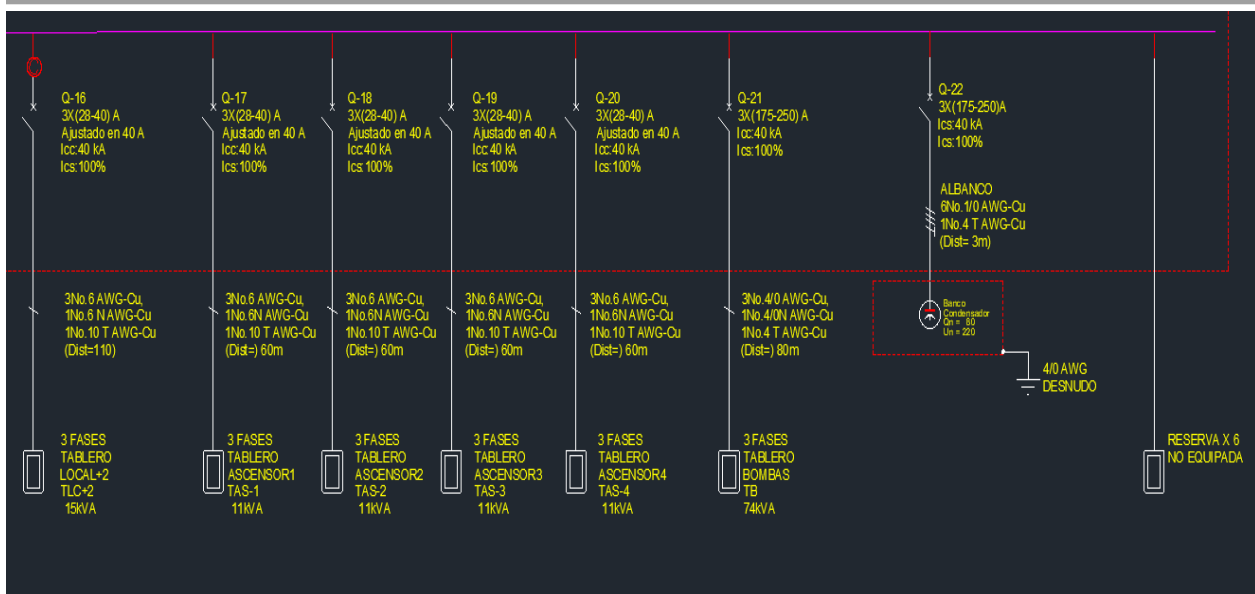


Fig. 42. Diagrama unifilar gabinete principal 3.

En las Fig. 40, Fig. 41 y Fig. 42, se puede observar la parte final del diagrama unifilar que es el gabinete principal donde están los alimentadores y las protecciones para cada una de las cargas de los 3 pisos de la primera etapa. En este encontramos los tableros de iluminación, de salidas eléctricas (tomacorrientes), aires acondicionados, bombas, UPS para respaldar los tomacorrientes regulados y las cargas de los ascensores. Adicional a esto se instaló un banco de condensadores para el control de potencia reactiva y una reserva no equipada en caso de una posible expansión.

Con todos los elementos anteriores se tiene el material y las memorias de cálculo para enviar al cliente, para su debida aprobación e inicio de la obra.

B. Proyecto 2 – Carulla la Fe, el Retiro Antioquia

Para este proyecto se pretende construir un Mall comercial de Carulla, el cual está ubicado en el Retiro Antioquia. Para la realización de este proyecto se debía solicitar un punto de conexión al operador de red, para alimentar la subestación del mall comercial que será de 400 kVA, el cual se proyecta de acuerdo con Carullas construidos anteriormente.

Para la ubicación del proyecto se debe cambiar el nivel de tensión de la red que allí se encuentra, esta debe ser de nivel 2, es decir, de 13.2 kV para alimentar el transformador de la subestación, por lo tanto, se debe realizar el debido proyecto de redes para la aprobación del operador de red.

a. Ubicación del proyecto

El mall comercial estará ubicado en El Retiro Antioquía, con ubicación exacta en las coordenadas 6.093496833886577, -75.49793196732254.

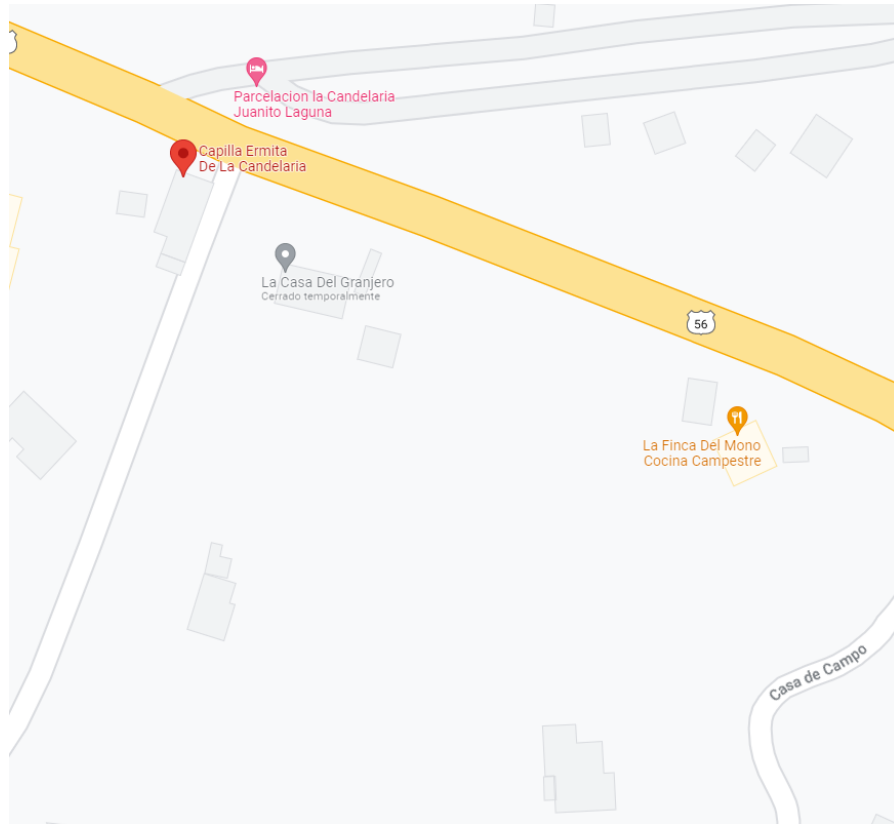


Fig. 43. Ubicación del mall comercial.

b. Datos del punto de conexión

Al solicitar el punto de conexión al operador de red, se recibió una respuesta exitosa a lo solicitado donde se expresaba el cambio de red a nivel 2 para alimentar la subestación del mall comercial, adicional a esto se enviaron los datos del punto de conexión para poder realizar el diseño de redes que solicita el operador de red, para poder continuar con el trámite.



NIT. 890.904.996 - 1

Medellín, 13 de octubre de 2022

Señor(a)
LUZ SOL LIMITADA

PED-2052246-G2X2

Impela@gmail.com

Asunto: Respuesta de factibilidad de punto de conexión para el servicio de energía N° 22511577.

Respetado(a) señor(a):

Recibida su solicitud con número del asunto donde nos requiere la localización de la factibilidad del servicio de energía a la red para su instalación, atentamente le comunicamos que hemos atendido favorablemente su solicitud, otorgándole la factibilidad del servicio de energía con las características técnicas que se describen a continuación:

1. Datos del proyecto

Dirección	RURAL_190607200601510000_VDA LA CANDELARIA
Municipio	RETIRO

2. Información técnica

Capacidad aprobada en KVA	400.00
Nivel de tensión del punto de derivación (Punto "A")	2
Ubicación del punto de derivación	En poste de primario proyectado donde EPM llevará la red de uso
Nivel de tensión de la medida (punto de conexión)	2
Tipo de punto de medición	3

Fig. 44. Respuesta de factibilidad del punto de conexión.

NIVEL DE CORTO CIRCUITO EN PUNTO DE CONEXIÓN

Círculo:	R18-07
Nivel de tensión:	13,2 KV
Corriente de falla trifásica simétrica:	1,93 KA
Corriente de falla monofásica simétrica:	2,02 KA
Corriente de falla trifásica asimétrica:	4,01 KA
Corriente de falla monofásica asimétrica:	4,22 KA
Relación X/R trifásica:	3,84
Relación X/R monofásica:	3,95
R1 total (Ohmios):	0,9930
X1 total (Ohmios):	3,8178
R0 total (Ohmios):	0,7944
X0 total (Ohmios):	3,3472

Los datos de la barra de la subestación son los siguientes:

R1 (Ohmios):	0,6809
X1 (Ohmios):	3,4173
R0 (Ohmios):	0,0465
X0 (Ohmios):	1,9546

Adicionalmente le informamos el calibre y longitud de los conductores en la dirección del asunto:

Tipo de cable	km.
500 kCM, XLPE, 60kV, 173% aislamiento	0,000
350 kCM, XLPE, 15kV, 133% aislamiento	0,029
266.8 AWG, ACSR	0,661
4/0 AWG, ACSR	0,224
1/0 AWG, ACSR	0,140
2 AWG, ACSR	0,000
4 AWG, ACSR	0,000

Corriente Dinámica y Térmica Trifásica

Corriente térmica mínima de los TC (kA)	1,37 KA
Corriente dinámica mínima de los TC (kA)	3,41 KA

Fig. 45. Nivel de corto circuito en el punto de conexión.

c. Plano del proyecto de redes

Para continuar con el procedimiento, el operador de red solicitó un diseño de redes en el nivel de tensión adecuado y con los datos necesarios para ingresar a la subestación del proyecto.

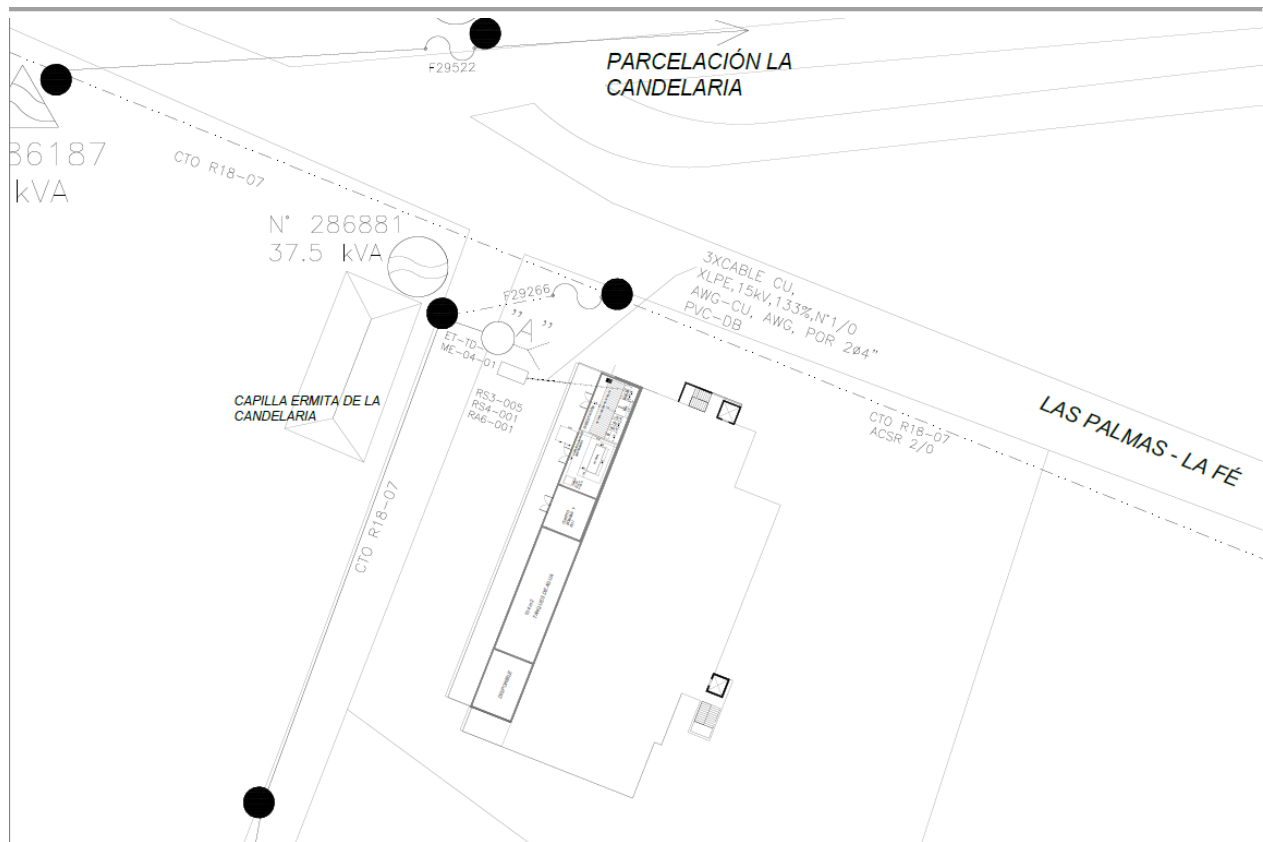


Fig. 46. Diseño de redes mall comercial.

En la Fig. 46, se puede observar el plano arquitectónico del mall comercial, en este se tienen las redes que allí se encuentran y las convenciones del operador de red con sus respectivas normas, adicional a esto, se realizó el diseño de como entraría la red a la subestación desde el punto de conexión. Para este caso se propuso entrar desde el punto de conexión a una caja y posteriormente entrar a la subestación en una red subterránea. Este es el proyecto de redes que se envía al operador de red para continuar con el proceso.

d. Dimensionamiento de la subestación

Después de realizada la proyección desde el punto de conexión hasta la subestación del mall, se procede a dimensionar la subestación y sus gabinetes, de acuerdo con los planos arquitectónicos entregados por el cliente.

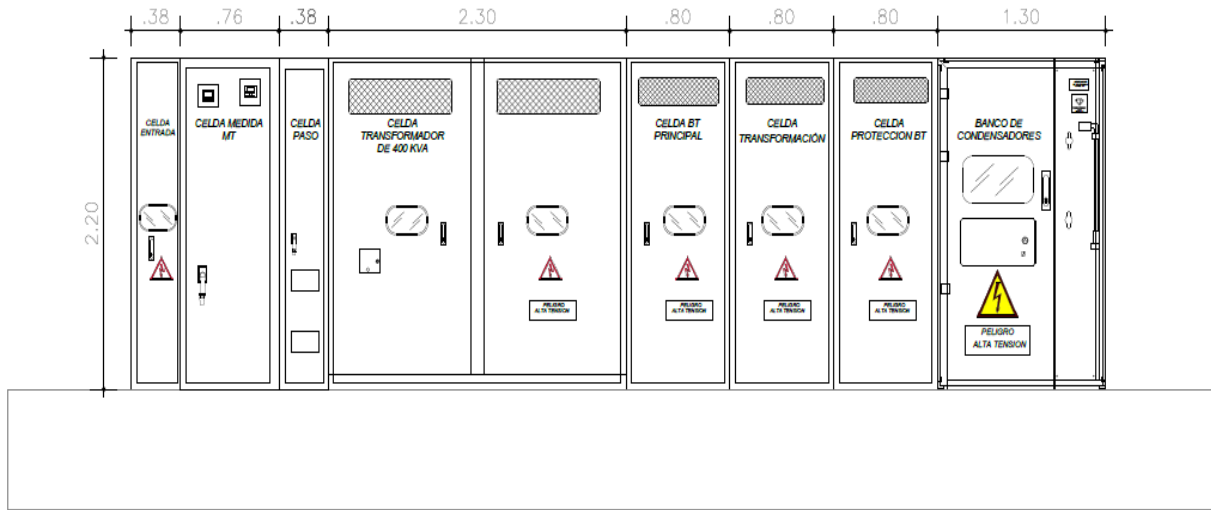


Fig. 47. Gabinetes de la subestación.

En la Fig. 47, se pueden observar todos y cada uno de los gabinetes que se proyectan instalar en la subestación para su correcto funcionamiento, teniendo en cuenta las medidas de estos y su disposición dentro de cuarto de la subestación.

Principalmente está la celda de entrada, después continua a la celda de medida en media tensión, allí es donde se encuentran los transformadores de corriente y los transformadores de potencia, seguidamente hay una celda de paso para entrar a la celda del transformador de 400 kVA, después de este pasamos a la celda de baja tensión que nos sirve para entrar al gabinete principal en baja tensión donde están ubicadas las protecciones de las cargas que tendrá el proyecto y finalmente se encuentra el banco de condensadores que sirve para el control de potencia reactiva.

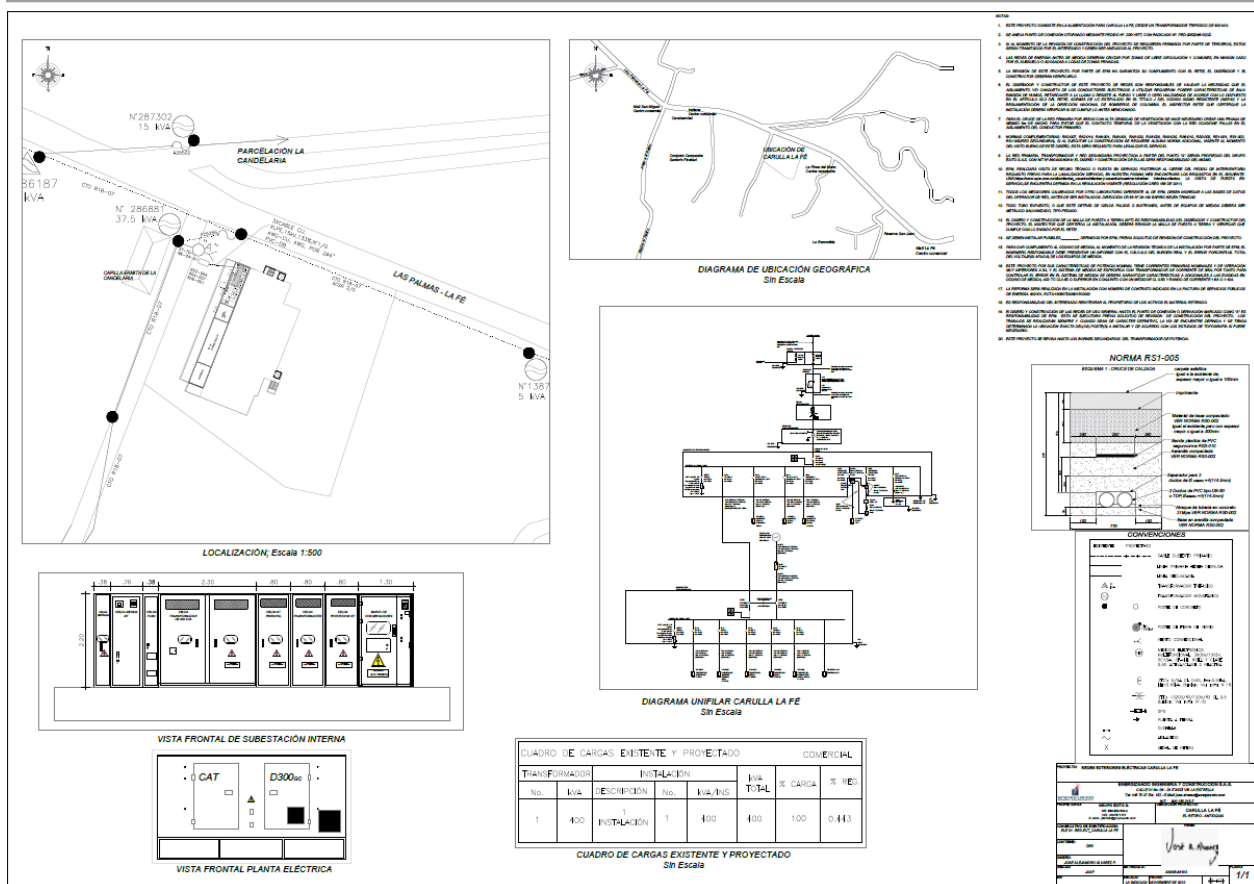


Fig. 48. Plano de redes completo.

e. Sistema de puesta a tierra y apantallamiento

El primer paso para el dimensionamiento de las mallas de puesta a tierra es poder caracterizar la resistividad del terreno en donde estas se deben instalar. La determinación más precisa de la resistividad del terreno donde será construida una subestación bien sea de transmisión o distribución, se obtiene por el método de los cuatro puntos.

Este método consiste en medir la resistencia mutua entre dos electrodos de potencial y dos electrodos de corriente; estos dos últimos se encuentran conectados a una fuente de corriente de unos pocos miliamperios con una forma de onda cuadrada a una frecuencia de 128 Hz; los electrodos se localizan a suficiente distancia uno de los otros en una línea recta. Existen muchas variaciones a este método, pero el que más precisión suministra es el método de Wenner.

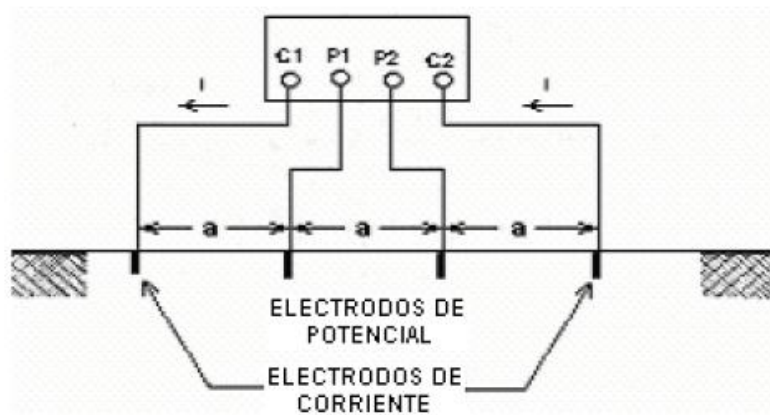


Fig. 49. Método de Wenner.



Fig. 50. Terreno donde se mide la resistividad.

La medida de resistividad se realizó el 9 de noviembre de 2022 en un suelo semihúmedo de un día soleado. A continuación se muestran las medidas de resistividad y los resultados de la caracterización del terreno.

TABLA III
MEDIDA DE RESISTIVIDAD

Separación [m]	Ruta 1 [Ωm]
1	136.90
2	213.00
4	147.40
6	117.40
8	62.20

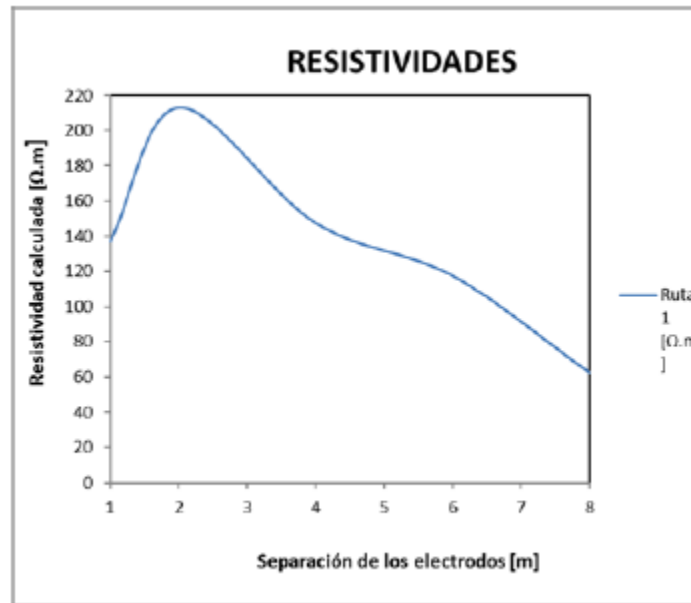


Fig. 51. Resistividad vs separación de electrodos.

Siguiendo con una modelación a 2 capas, la primera ρ_1 con un espesor definido h y la segunda ρ_2 con un espesor infinito, se calculó la resistividad que utilizaremos para diseñar el sistema de puesta a tierra como:

- $\rho_1 = 5.26 \Omega\text{m}$
- $\rho_2 = 166.75 \Omega\text{m}$
- $h = 0.01 \text{ m}$

Seguidamente se realiza el cálculo de la corriente de diseño. Para esta se realiza la simulación de tipo de falla monofásica, con un tipo de modelo de red de distribución con los niveles de cortocircuito suministrados por el operador de red EPM y queda de la siguiente manera.

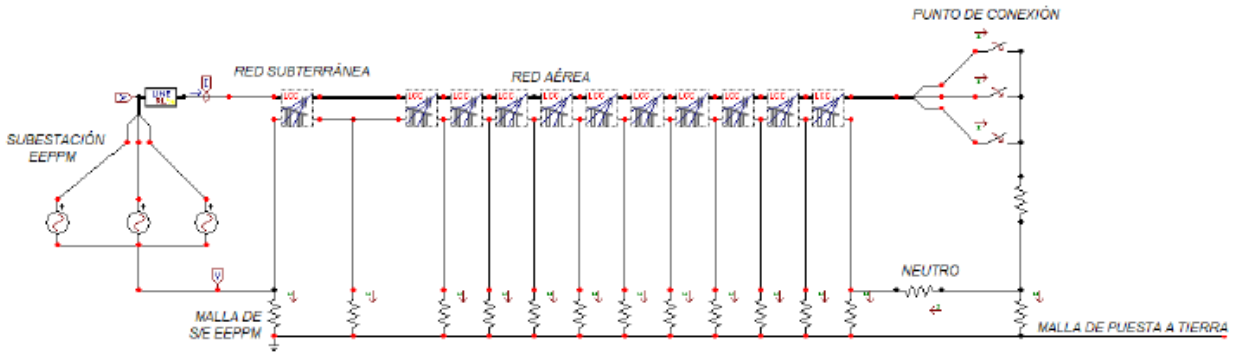


Fig. 52. Modelo de la red de distribución.

Los resultados que se obtuvieron fueron:

- $I_{falla} = 1660.6 A_{rms}$
- $I_{neutro} = 1510.6 A_{rms}$
- $I_{malla} = 150 A_{rms}$
- $I_{diseño} = 187.6 A_{rms}$

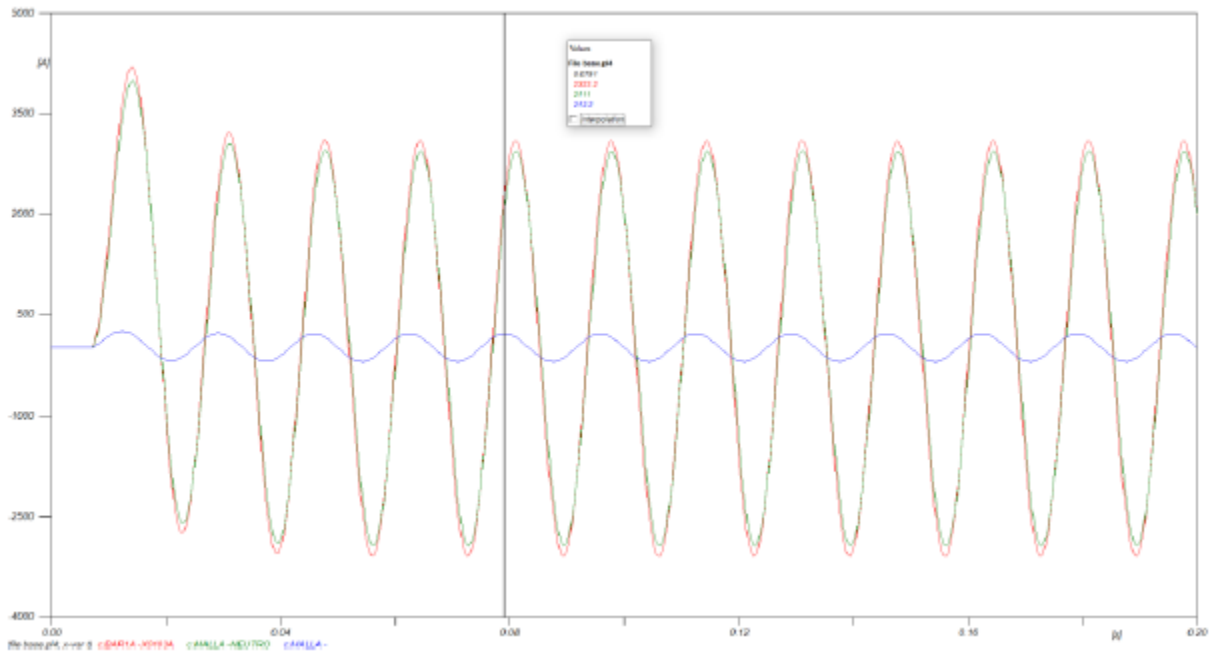


Fig. 53. Corrientes de falla.

El cálculo del conductor de la malla de puesta a tierra es uno de los factores más importantes para tener en cuenta. Este conductor del sistema debe estar en capacidad de soportar las condiciones de corriente de falla y deterioro mecánico. Por tal motivo, se calculó adicionalmente la corriente de falla en el secundario del transformador, y con la mayor corriente de falla, se determinó el calibre

del conductor de la malla de puesta a tierra. Los parámetros de simulación, los resultados y el conductor seleccionado se pueden observar en las tablas siguientes.

TABLA IV
CALCULO DE CORRIENTE DE FALLA EN EL SECUNDARIO

Parámetro	Unidad	Valor
Potencia del transformador	kVA	400
Tensión primaria	kV	13.2
Tensión secundaria	kV	0.208/0.120
Impedancia	%	4.0
Corriente de falla fase tierra	kA	1.660

TABLA V
CALCULO DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR

Parámetro	Unidad	Valor
Constante del material Kf	----	7
Tiempo de despeje de la falla tc	s	0.5
Área del conductor	mm ²	9.43
Calibre del conductor seleccionado	----	1/0

TABLA VI
VALORES DE SIMULACIÓN DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

Parámetro	Unidad	Valor
Resistividad de la capa superior	Ωm	5.26
Resistividad de la capa inferior	Ωm	166.75
Espesor de la capa superior	m	0.01
Corriente de diseño	A	187.6
Impedancia de falla	Ω	0
Resistencia de puesta a tierra en postes de la red de distribución	Ω	25
Distancia entre puestas a tierra de la red de distribución	m	120
Calibre del neutro	----	1/0 AWG ACSR
Tiempo de despeje de falla	s	0.5
Peso corporal	Kg	70
Resistividad del suelo de aislamiento (cascajo)	Ωm	2500

TABLA VII
VALORES CALCULADOS PARA LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

Parámetro	Unidad	Valor
Resistencia de puesta a tierra	Ω	6.7
Elevación del potencial de tierra (GPR)	V	1289.56
Tensión de contacto máxima admisible	V	673.78
Tensión de paso máxima admisible	V	2202.96

Debido a los altos valores de resistividad encontrados en el sitio donde se va a construir la subestación, no es posible hacer un diseño del sistema de puesta a tierra económicamente factible que logre cumplir con los valores de resistencia de puesta a tierra recomendados por el RETIE para subestaciones (10Ω). Sin embargo, se diseñó un sistema de puesta a tierra que permite controlar las tensiones de contacto y de paso que se presenten durante eventos de falla.

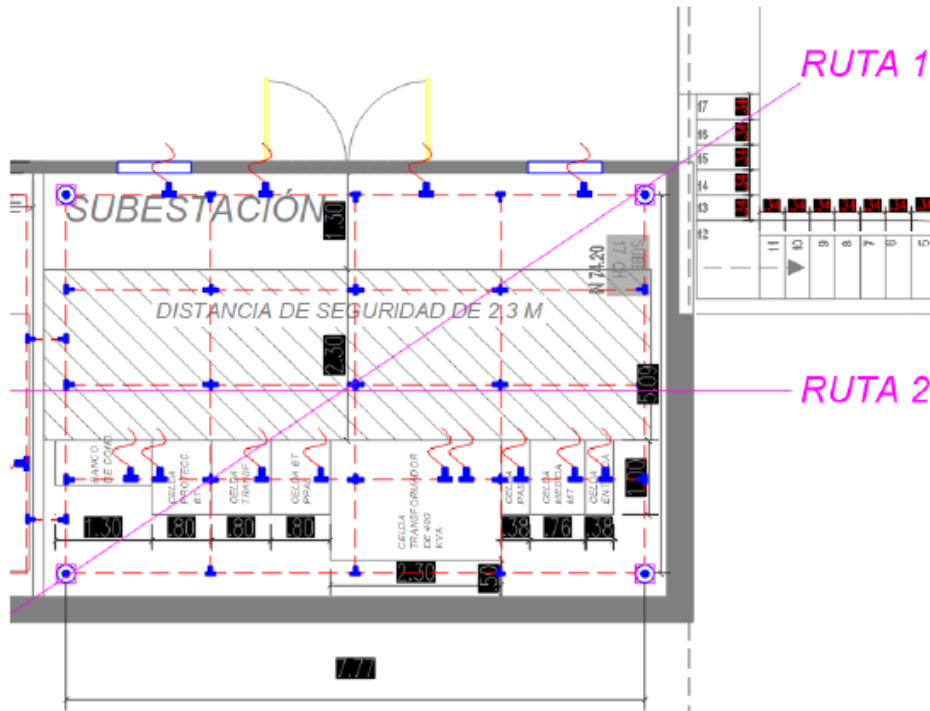


Fig. 54. Vista en planta de la malla de puesta a tierra.

Apantallamiento

Luego de haber recolectado la información necesaria para la caracterización del sitio, se realizó la evaluación del nivel de riesgo; esta definió que era necesario un sistema de protección externa para la edificación, al confirmar la necesidad, se continuo con el diseño del sistema de protección contra rayos, utilizando el modelo electrogeométrico de Whitehead recomendado por el RETIE y de mayor aceptación en el medio.

TABLA VIII
PARAMETROS DE ENTRADA

Parámetro	Valor	Fuente
Longitud de la estructura [m]	55	Información del proyecto
Ancho de la estructura [m]	34	Información del proyecto
Altura del plano de la estructura [m]	14	Información del proyecto
Área de colección [m^2]	14.749	Información del proyecto
Riesgo de fuego	Bajo	Información del proyecto
Eficacia del apantallamiento natural	Escasa	Información del proyecto
Tipo de cableado interno	No apantallado	Información del proyecto
Localización relativa	Rodeado de elementos de altura similar	Información del proyecto
Factor ambiental	Urbano	Información del proyecto
Densidad anual equivalente de rayos [rayos/ Km^2 * año]	8.8	NTC 4552-1
Acometida	Subterránea	Información del proyecto
Presencia de transformador	Si	Información del proyecto
Riesgo por sobretensiones	Si se observan equipos críticos (ascensor)	Información del proyecto
Riesgo de pánico	Carulla	Información del proyecto

Luego de realizar la evaluación de riesgo para los factores potencialmente peligrosos apreciados en la estructura del proyecto, se encuentra que el riesgo de pérdidas de vidas humanas en la estructura es superior al riesgo tolerable, pero el riesgo de pérdidas económicas no lo es, por lo que es necesario implementar el apantallamiento, por lo tanto, por prevención se recomienda adoptar las siguientes medidas mínimas:

- Instalar extintores de uso general.
- Instalar un sistema de protección externa contra rayos (apantallamiento) con nivel de protección IV (radio de esfera 55m).
- Sistema de protección solo a la entrada de servicios.

Con base en el método electrogeométrico con una esfera rodante de 55m de radio correspondiente al nivel de protección IV, se diseña gráficamente el sistema de protección externa.

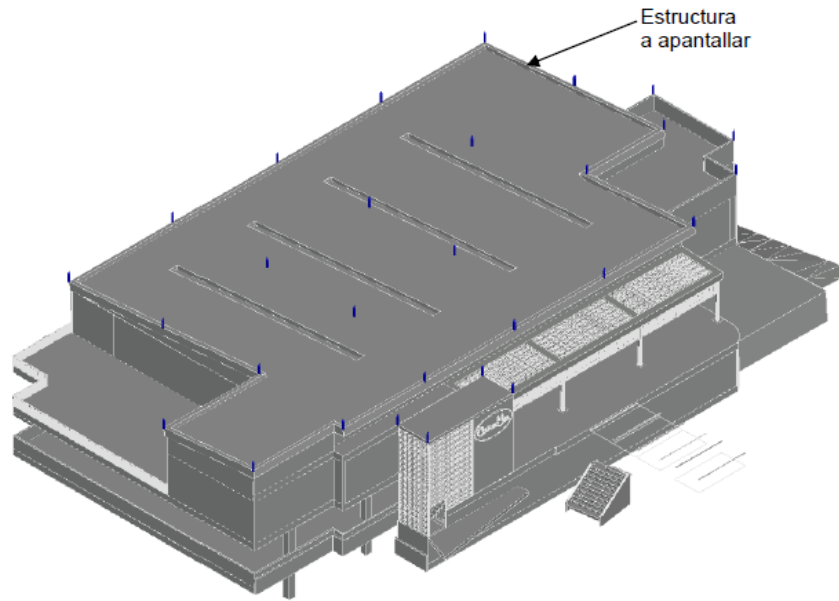


Fig. 55. Modelo para apantallar.

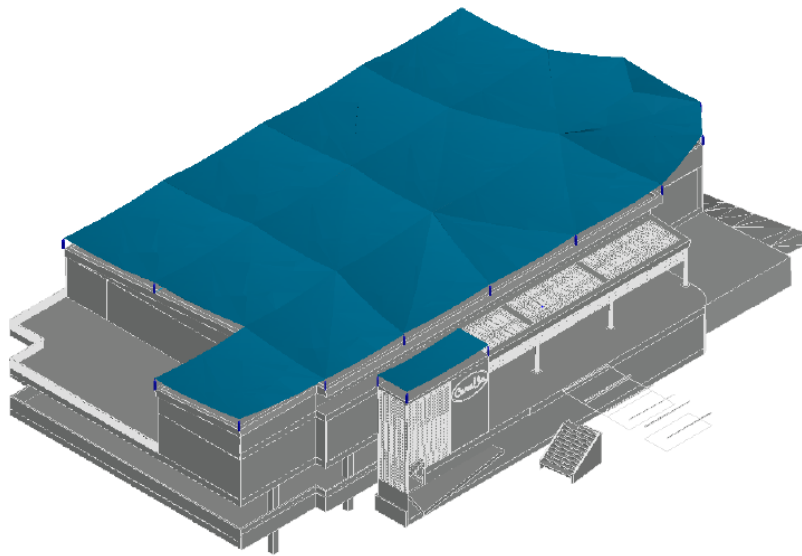


Fig. 56. Estructura apantallada con el método de la esfera rodante.

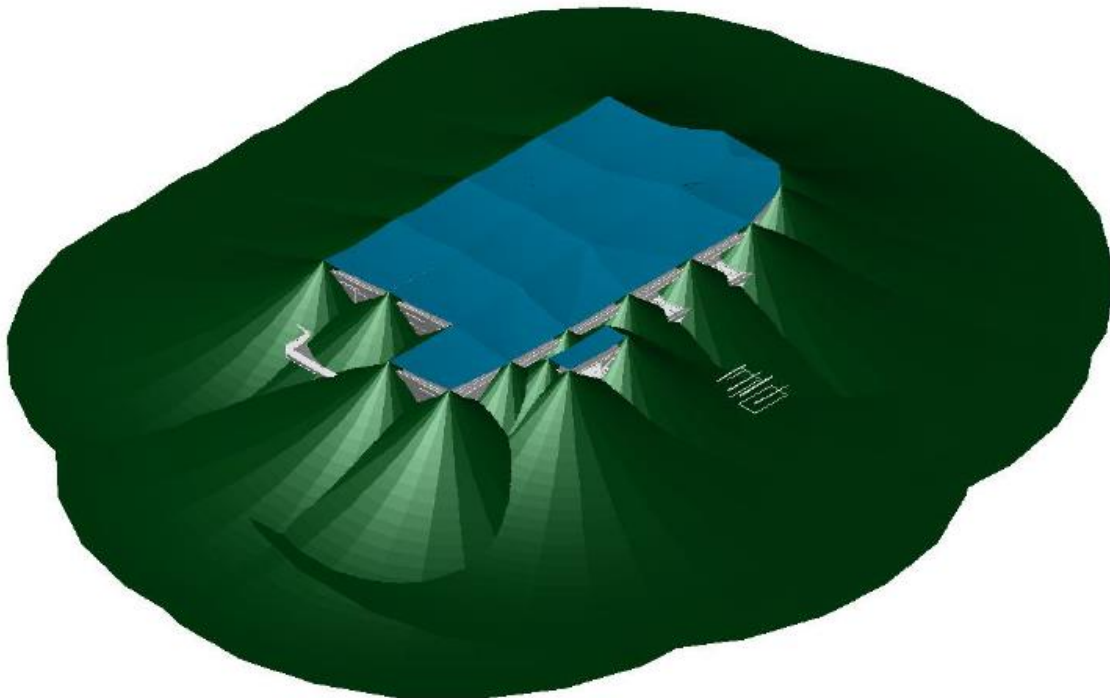


Fig. 57. Isométrico apantallado.

En las Fig. 55, Fig. 56 y Fig. 57, se puede observar cómo se ve la estructura con el apantallamiento, el sistema de protección externa estará conformado por:

- 29 puntas captadoras de 1.0m. Estas puntas irán ubicadas como aparece en las graficas anteriores. Su función es la de interceptar los rayos que podrían impactar directamente en la estructura.
- 6 bajantes en conductor calibre N°1/0 AWG cubierto. Estos bajantes son los encargados de conducir las corrientes de rayo entre el anillo equipotencial y la puesta a tierra de protección contra rayos.
- La puesta a tierra consta de 6 electrodos verticales de 2.4m x 5/8'' electrodepositada recubierta de cobre, unidas con un conductor de cobre desnudo calibre N° 1/0 AWG, 10 cajas de inspección para efectuar mediciones y realizar inspección visual a futuro. Esta puesta a tierra es la que se encarga de disipar la corriente de rayo captada y conducida por el resto del sistema.

VI. CONCLUSIONES

Con la realización de cada uno de los proyectos mencionados en el informe se logró consolidar los conocimientos obtenidos en la etapa universitaria, poniéndolos a disposición del mundo laboral, en los cuales se realizó la ejecución de proyectos reales con cada uno de sus requerimientos técnicos y normativos.

Se tuvo un acercamiento más profundo en cuanto a los temas de normativa y reglamento que rigen cada una de las partes de un proyecto eléctrico, tanto en media como baja tensión y así cumplir con todos y cada uno de los requerimientos necesarios para su desarrollo. Adicional a esto, también se presentó interacción con el respectivo operador de red acerca de la manera acertada de entregar un proyecto para su correcta ejecución.

Se evidencio en cada uno de los proyectos realizados durante el periodo de prácticas, que no solo se debe contar con el conocimiento teórico que adquirimos en la etapa universitaria, si no también con un conocimiento técnico y practico en cuanto a temas claves, como instalaciones eléctricas y sus diferentes componentes.

Se observa la importancia de ser unos profesionales responsables en el campo del diseño eléctrico, ya que este es un proceso critico que involucra una buena planificación y construcción de sistemas eléctricos, por lo tanto, debemos tener muy presente el tema de seguridad y eficiencia, además no podemos dejar de lado el tema de sostenibilidad para reducir el impacto ambiental.

REFERENCIAS

- [1] S. Blog, «Elementos fundamentales para el diseño eléctrico en ingeniería». <https://blog.structuralia.com/como-realizar-diseno-electrico> (accedido 27 de febrero de 2023).
- [2] Ministerio de Minas y Energía. *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE*. Ministerio de Minas y Energía, 2013.
- [3] ICONTEC, *Código Eléctrico Colombiano - NTC-2050 Segunda Actualización*. 2020.
- [4] Ministerio de Minas y Energía. *Reglamento Técnico de Iluminación y alumbrado público - RETILAP*. 2010.
- [5] «¿Qué es una instalación eléctrica?» <https://sites.google.com/site/quesunainstalacioneolica/> (accedido 27 de febrero de 2023).
- [6] L. M. C. Florez, «Estudio de los sistemas de puesta a tierra de los edificios de: bellas artes, centro multidisciplinario, industrial, administrativo, bienestar universitario y centro de innovación y desarrollo tecnológico de la universidad tecnológica de Pereira», 2015.
- [7] A. F. A. Márquez y A. F. Grisales, «Diseño de las redes eléctricas, apantallamiento y sistema de puesta a tierra de Asia loft and hall», 2014.
- [8] ICONTEC, *Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos) NTC-4552*, 2008.