



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRICIDAD

DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO ELISABETTA

BASADO EN EL INCREMENTO DE DEMANDA

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Eléctrico

AUTORA: ANGIE NICOLE PRIAS CASTRO

TUTOR: ING. PEDRO OSVEL NUÑEZ IZAGUIRRE, MSC

Guayaquil – Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Angie Nicole Prias Castro con documento de identificación N° 0804518017 manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 25 de agosto del año 2023

Atentamente,



Angie Nicole Prias Castro

0804518017

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Angie Nicole Prias Castro con documento de identificación No. 0804518017, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Proyecto Técnico: “Diseño del sistema eléctrico del edificio Elisabetta basado en el incremento de demanda”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de agosto del año 2023

Atentamente,



Angie Nicole Prias Castro

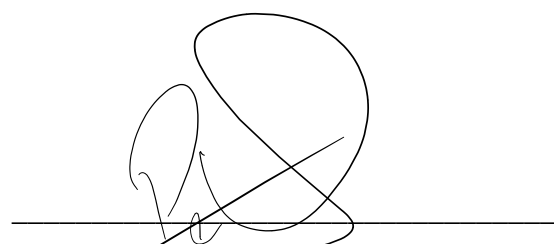
0804518017

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Pedro Osvel Nuñez Izaguirre, con documento de identificación N° 0959927153, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO ELISABETTA BASADO EN EL INCREMENTO DE DEMANDA, realizado por Angie Nicole Prias Castro con documento de identificación N° 0804518017, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de agosto del año 2023

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, positioned above a solid horizontal line.

Ing. Pedro Osvel Nuñez Izaguirre, MsC

0959927153

DEDICATORIA

Este proyecto técnico va dedicado especialmente a mi papá Jorge Prias Ramírez, a mi mamá Lourdes Castro Vera y a mi hermano Andrew Prias Castro por ser los pilares fundamentales en este camino, con sus enseñanzas y más que todo con el sacrificio que hacían cada día, que a pesar de las circunstancias han sido el apoyo incondicional para poder lograr este objetivo de ser una profesional.

A mi abuelita Gregoria por sus consejos de superación que cada día me daban aliento y nunca desmayarme en medio de este proceso.

A mi tío Yimmi Prias y tía Yosdy Mármol por todo el cariño, su hospitalidad y la atención prestada en esta nueva etapa que siempre estuvieron presentes.

A mi prima Irina Prias por su ayuda, paciencia, y el tiempo compartido en el crecimiento académico siendo ella una guía de perseverancia para no dejarse vencer por pequeños tropiezos.

A mi amiga Dayanna Rambay que siempre estuvo ahí, por su conocimiento, por las palabras de aliento que ayudaron a no decaer y llegar hasta el final con una actitud positiva.

A todas las personas que me extendieron su mano y la oportunidad de demostrarme que no es el final, sino el comienzo de una nueva etapa.

AGRADECIMIENTO

Agradezco eternamente a Dios en todo momento, por la oportunidad de despertar cada día llena de salud, por darme a mí familia y seguir luchando hasta cumplir mi etapa universitaria.

Gracias a mis papás y gran parte de mi familia por sus consejos y su ayuda constante durante todo el proceso. Gracias a su sacrificio y a la mejor herencia que pueden dejarme para continuar con mi vida profesional. Son el mejor ejemplo de perseverancia y esfuerzo que me brindaron en este camino lleno de obstáculos, pero no imposible de lograrlo.

Gratifico el apoyo de todos los docentes que impartieron sus conocimientos a lo largo de esta etapa universitaria, en especial a mi director de Tesis, Ing. Pedro Nuñez, quien estuvo presente para ofrecerme palabras de aliento, consejos y correcciones hasta el final. Hoy es el día en que puedo terminar mi proyecto de carrera.

RESUMEN

Este trabajo de grado se centrará en el desarrollo de un sistema eléctrico para la edificación Elisabetta que está conformada por cuatro pisos: planta baja, restaurante, y cafetería, primer piso oficinas de tipo comercial, segundo piso departamentos y tercer piso suites. Este diseño comprende el estudio de la demanda en las diferentes plantas y a su vez de la red general, con el fin de llevar a cabo el correcto dimensionamiento para los centros de carga, sistemas de protección, transformador y conductores.

Existen varios términos y definiciones que fueron tomados de documentos o libros técnicos de gran importancia y confiabilidad para el desarrollo del presente proyecto. Se hace hincapié y se centra en las respectivas normas eléctricas resultan de gran utilidad, dado que simplifican el proceso de diseño del sistema eléctrico en la construcción. Además, se comprobará los resultados teóricos obtenidos mediante el software PowerFactory-Digsilent 15.1, que se encarga de simular el flujo de potencia del circuito eléctrico, aplicando el respectivo diagrama unifilar.

Obteniendo las variaciones de voltaje, el comportamiento de los diferentes equipos eléctricos, si es que presentan sobrecargas o sobrecalentamientos, el cálculo de la capacidad de los conductores y, además, la atención al factor de potencia adecuado, son aspectos fundamentales. Esto garantiza que no surjan perturbaciones prolongadas por parte de la compañía distribuidora, en conformidad con las regulaciones pertinentes.

Palabras claves: PowerFactory-Digsilent, Caída de Voltaje, Factor de Potencia, Diseño Eléctrico, Distribución.

ABSTRACT

This degree work will focus on the development of an electrical system for the Elisabetta building that is composed of four floors: Ground floor, restaurant, and cafeteria, first floor commercial type offices, second floor apartments and third floor suites. This design includes the study of the demand in the different plants and in turn of the general network, in order to carry out the correct sizing for the load centers, protection systems, transformer and conductors.

There are several terms and definitions that were taken from documents or technical books of great importance and reliability for the development of this project. Emphasis and focus on the respective electrical standards are very useful, as they simplify the design process of the electrical system in construction. In addition, the theoretical results obtained by the PowerFactory-Digsilent 15.1 software, which is responsible for simulating the power flow of the electrical circuit, applying the respective single-line diagram, will be checked.

Obtaining the voltage variations, the behavior of the different electrical equipment, if they present overloads or overheats, the calculation of the capacity of the conductors and, in addition, the attention to the appropriate power factor, are fundamental aspects. This ensures that there is no prolonged disturbance from the distribution company, in accordance with the relevant regulations.

Keywords: PowerFactory-Digsilent, Voltage Drop, Power Factor, Electrical Design, Distribution.

ÍNDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE.....	iE
rror! Marcador no definido.	
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE TABLAS.....	xiii
INDICE DE ECUACIONES.....	xiv
ANEXOS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 IMPORTANCIA Y ALCANCES	3
1.4 DELIMITACIÓN.....	4
1.5 OBJETIVOS	5
1.5.1 General	5
1.5.2 Específicos	5
1.6 METODOLOGÍA.....	5
CAPITULO II.....	7
2.1 MARCO TEÓRICO	7
2.1.1 Conceptos Fundamentales	7
2.1.2 Generalidades.....	8
2.1.3 Sistema Eléctrico de Distribución	9
2.1.4 Redes Secundarias de Distribución	14
2.1.5 Elementos principales de una red de Distribución del Edificio Elisabetta.....	15

2.1.6	Subterráneas	16
2.1.7	Centro de Sección y Transformación	17
2.1.8	Transformador de Distribución.....	18
2.1.9	Instrumentos de Medición Eléctrica	22
2.1.10	Tableros Eléctricos.....	22
2.1.11	Niveles de Iluminación.....	23
2.1.12	Tomacorrientes	23
2.1.13	Conductores Eléctricos	24
2.1.14	Perdida de voltaje.....	24
2.1.15	Incremento del Coeficiente de Potencia: Banco de Capacitores	25
2.1.16	Normativas	26
2.1.17	Software para el Análisis de la Demanda.....	27
2.1.18	Reglas por Cumplir para la Simulación de la Demanda del Edificio Elisabetta	28
CAPITULO III.....		31
3.1	Metodología	31
3.1.1	Diseño Eléctrico del Edificio Elisabetta	31
3.1.2	Demanda Eléctrica.....	31
3.1.3	Dimensionamiento de la Capacidad de Transformador.....	32
3.1.4	Corriente de Baja Tensión.....	35
3.1.5	Protección de Baja Tensión.....	36
3.1.6	Corriente de Media Tensión	36
3.1.7	Protección de Media Tensión	36
3.1.8	Cálculo y Dimensionamiento de la Acometida en Niveles de Baja y Media Tensión	37
3.1.9	Cálculo de la Caída de Tensión.....	37
3.1.10	Medición en Baja Tensión.....	40
3.1.11	Esquema Unifilar del Edificio Elisabetta.....	41
3.1.12	Simulación del Sistema Eléctrico del Edificio Elisabetta en el software computacional Digsilent.....	41
CAPITULO IV.....		44
4.1	Análisis de Resultados.....	44
CONCLUSIONES.....		46
RECOMENDACION.....		47
REFERENCIAS.....		48

PRESUPUESTO.....	52
ANEXOS.....	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Edificio Elisabetta	4
Figura 2. Fórmulas de Potencias	8
Figura 3. Estructura de un sistema de energía eléctrica	9
Figura 4. Topología anillo.....	10
Figura 5. Topología radial.....	11
Figura 6. Topología mallada	12
Figura 7. Sistema de Subtransmisión Radial.....	13
Figura 8. Alimentador Primario	14
Figura 9. Módulo de voltaje intermedio.....	18
Figura 10. Diagrama de Transformador de Fase Única	19
Figura 11. Transformador Trifásico	20
Figura 12. Transformador Monofásico tipo Pad Mounted.....	21
Figura 13: Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico del Edificio Elisabetta	42
Figura 14: Simulación del Sistema Eléctrico del Edificio Elisabetta.....	43

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Planilla General de Demanda de la Electrificación.....	34
Tabla 2. Factor de Coincidencia para Transformadores	34
Tabla 3. Planilla Caída de Tensión del Sistema Eléctrico.....	39
Tabla 4. Rango para CT's con uno o dos radios	41

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Caída de tensión en una línea monofásica	25
Ecuación 2: Factor de potencia de la carga	29
Ecuación 3: Demanda sin reserva del 10% en kVA.....	34
Ecuación 4: Demanda total en kVA	35
Ecuación 5: Demanda total en kW	35
Ecuación 6: Corriente en baja tensión.....	35
Ecuación 7: Corriente de media tensión.....	36
Ecuación 8: Cálculo de Caída de Tensión.....	37
Ecuación 9: Resistencia total del conductor.....	37
Ecuación 10: Resistencia del conductor a 20 °C.....	37
Ecuación 11: Caída de tensión en porcentaje.....	38
Ecuación 12: Potencia total instalada.....	58
Ecuación 13: Potencia Instalada de cada circuito	58
Ecuación 14: Demanda máxima.....	59
Ecuación 15: Factor de Potencia	60
Ecuación 16: Corriente para servicio monofásico.....	61

ANEXOS

Anexo 1: Plano Arquitectónico.....	53
Anexo 2: Diseño Eléctrico del Edificio Elisabetta	54
Anexo 3: Resolución de Planillas.....	58
Anexo 4: Planillas de Carga del Edificio Elisabetta	63
Anexo 5: Catálogo del Transformador	71
Anexo 6: Catálogo de Conductores	72
Anexo 7: Diagrama Unifilar	73

INTRODUCCIÓN

Los edificios comerciales son aquellos diseñados para albergar negocios y actividades comerciales ya que facilitan a las empresas tener un espacio de trabajo cómodo y eficaz para el desarrollo de sus labores y también para uso personal. Este tipo de negocios son recomendables para brindar un servicio de la mejor manera ubicándose en lugares bastantes concurridos. Sin embargo, otro ámbito fundamental es el área eléctrica, ya que, si no tiene esta característica, la actividad que desarrolla cada uno de los sectores se verá limitada.

Este proyecto se orienta hacia el análisis de los sistemas de electricidad de baja y media potencia. En baja tensión se refiere al diseño eléctrico interno donde se especifican los puntos de tomacorrientes, tipo de iluminación, puntos de climatización, canaletas, ductos entre otros; y media tensión a los equipos que aseguran la entrega de tensión a todo el sistema brindando por medio de una correcta instalación eléctrica una mayor seguridad e integridad a todos los usuarios que conforman el espacio de trabajo y los elementos eléctricos conectados a la red.

Para la construcción de una nueva área de trabajo se debe analizar que necesidades se presentan en la sociedad para que de acuerdo con ese tipo de problemáticas se realice la división de las respectivas áreas. En este caso, el edificio cuenta con restaurante y cafetería, oficinas, departamentos y suites. Tomando en cuenta que en cada planta tendrá el adecuado dimensionamiento de la instalación eléctrica rigiéndose a las normativas y protocolos vigentes en dicha región. Teniendo la ventaja de que si se hace una buena inversión inicial los ingresos totales que saldrán a corto y largo plazo ayudarán a la optimización y mantenimiento del sistema eléctrico.

La finalidad de evitar una errónea instalación eléctrica es desarrollar los cálculos, estudio y proyección de la demanda correspondiente en la presente edificación a suministrar la energía. Basándose en el proyecto de los diseños de planos arquitectónicos y eléctricos que lo guiará de manera correcta. Cada espacio físico contará con su medidor eléctrico para tener en cuenta el consumo mensual. Con respecto a la demanda, se necesitará el uso de transformador propio conocido también como transformador de distribución, que ayudará a estabilizar el voltaje y proporcionar un suministro más confiable y consistentes a cargas conectadas.

CAPITULO I

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los problemas más importantes que presentan estos tipos de construcciones es la deficiencia de conocimiento por parte de especialistas en electricidad acerca de las partes y sistemas de una instalación eléctrica dentro de las diversas áreas que tiene el edificio. Provoca no solo un desbalance al funcionamiento habitual de los equipos, sino además problemas como cortocircuitos e incendios, mantenimiento irregular y en casos extremos, riesgos a niveles laborales por las fallas generadas en sistemas de protección, conductores, tomacorrientes, esto ocasionado en gran medida por mal asesoramiento de personal no calificado o ingenieros especializados en otras ramas.

Dentro de una incorrecta instalación eléctrica, los diferentes equipos conectados a la red sufren desperfectos al no contar con las protecciones adecuadas, una de ellas y la más importante es el sistema puesta a tierra, ya que, si ocurre una falla y la carcasa de los equipos no están aterrizadas, toda esa carga parásita concentrada en dicho lugar puede ocasionar la muerte si cualquiera del personal hace contacto directo con el mismo. Además, están expuestos ante sobretensiones, sobrecorrientes, sobrecalentamiento en los conductores, bajo nivel del factor de potencia, interferencias en dispositivos electrónicos y lo más perjudicial es la interrupción total del suministro eléctrico.

Uno de los inconvenientes que existen en la instalación del edificio Elisabetta, es que se presenta una sobrecarga de los circuitos en las diferentes áreas del edificio debido al exceso de equipos conectados en una misma línea porque no se ha dimensionado correctamente y se tiene como consecuencia el disparo frecuente de los disyuntores. A su vez, dando lugar a la inestabilidad del sistema que puede manifestarse en parpadeo de luces, fallas intermitentes en los dispositivos, caídas de voltaje y cortocircuitos. Con respecto a los problemas de seguridad, el edificio excede la capacidad de carga del circuito y los interruptores automáticos no actúan lo que aumenta el riesgo de descargas eléctricas.

Por lo tanto, según lo planteado anteriormente, no se cuenta al momento con un diseño eléctrico adecuado y con un correcto dimensionamiento según las normas vigentes. Por tanto, se propone un diseño eléctrico actualizado basándose en las normativas eléctricas correspondientes para el

adecuado funcionamiento del sistema eléctrico y todas las cargas que se encuentran actualmente en la edificación.

1.2 ANTECEDENTES

En vista de los cambios tecnológicos, las entidades públicas y privadas buscan mejorar sus productos o servicios, pero para que los mismos tengan una alta venta su espacio de trabajo debe ser el adecuado y muy equipado. Para brindar la seguridad de todas las personas que estén ahí actualmente y las que están por venir, se debe hacer un estudio profundo para evitar cualquier percance que los afecte. Su construcción arquitectónica inicial es de manera responsable ya que dependerá cuantas áreas habrá y cuanto será el total de presupuesto del montaje del sistema eléctrico.

En nuestro país existe carencia y poca importancia en el desarrollo de una instalación eléctrica, ya que no se rigen en los límites que recomiendan las normativas y por el poco conocimiento que presentan los profesionales, llevando a fallas a corto y largo plazo e imposibilitando el avance de la tecnología. Por lo que, en este proyecto de titulación se presenta un estudio de la demanda total de la edificación basándose y rigiéndose en las normativas que están vigentes en la región, para que el mismo sea eficiente tanto a nivel del sistema eléctrico como a la atención del personal.

1.3 IMPORTANCIA Y ALCANCES

Se planteará un nuevo diseño eléctrico el cual deba cumplir con todas las normas y regulaciones técnicas tanto a nivel constructivo como de calidad en el sistema, que se llevará a cabo dentro del sector eléctrico del país. Por lo cual será de gran ayuda para el abastecimiento de energía en los diferentes niveles de la nueva edificación. La importancia de un buen diseño eléctrico beneficiará al análisis de la demanda total del área, permitiendo adaptarse a las necesidades de cada espacio para distribuir de manera óptima los puntos de luz, tomacorrientes y otros componentes eléctricos.

La disposición de circuitos y el uso de paneles de distribución va a facilitar una futura expansión o modificación en el sistema eléctrico, sin presentar altos costos y cambios rotundos. Además, la calidad que se utiliza de los componentes y materiales asegura la durabilidad y confiabilidad de la red eléctrica; que implica la selección correcta de los conductores, dispositivos de protección para que no se den fallas prematuras.

Por consiguiente, un diseño bien planificado tendrá una inversión inicial más alta que a largo plazo no se verá afectado, más bien, resultará en un ahorro bastante significativo que al minimizar también el consumo de energía reducirá así mismo sus costos de mantenimiento y operación en tiempos futuros. Serán favorecidos los locales comerciales que adquieren sus ingresos por parte del personal que trabaja en la edificación, las personas que realizan sus actividades laborales en las oficinas ya sea para uso administrativo o comercial, además, para los huéspedes ubicados en el área de las suites.

1.4 DELIMITACIÓN

El estudio del proyecto de titulación como se muestra en la Figura 1, se llevará a cabo en el Cantón de Guayaquil Provincia del Guayas ubicado exactamente en la Ciudadela Portón de las Lomas, Av Las Aguas frente a la Federación Ecuatoriana de Fútbol (Coord. X 621089,57; Coord. Y 9761089,92). Cabe recalcar que esta ciudadela, al estar ubicada en un contexto que presenta una alta concurrencia y utilidad, su demanda es más grande, requiriendo así instalaciones adecuadas y óptimas. Para la culminación de este trabajo se contará con un lapso de aproximadamente 4 meses correspondientes.

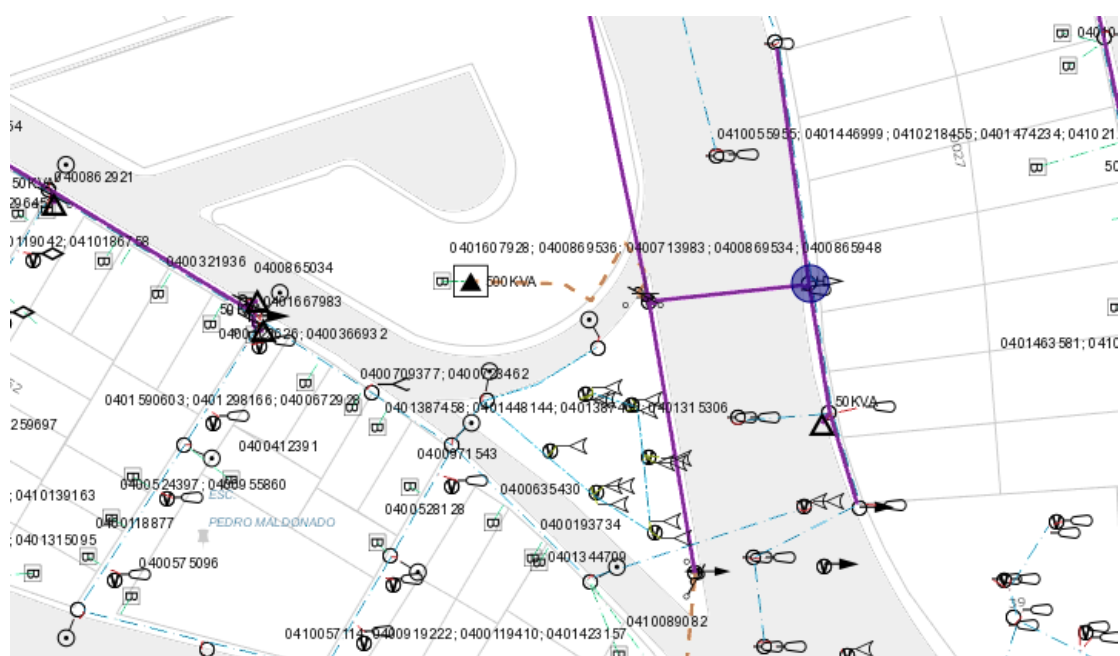


Figura 1. Ubicación del Edificio Elisabetta
Fuente: Geoportal CNEL EP [1]

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 General

Diseñar un sistema eléctrico para el edificio Elisabetta, teniendo en cuenta el cálculo de la demanda total.

1.5.2 Específicos

- Calcular la demanda total para el respectivo dimensionamiento de componentes eléctricos y equipos existentes en dicha edificación.
- Realizar un Diseño Eléctrico aplicando las normas constructivas y eléctricas actuales.
- Simular mediante el software PowerFactory – Digsilent el diagrama unifilar de la propuesta de diseño, verificando el funcionamiento en diferentes condiciones de carga.

1.6 METODOLOGÍA

La investigación es cuantitativa, porque se basa en cálculos para determinar las cantidades que son favorables para las actividades económicas y laborales. Los textos, proyectos de titulación y artículos científicos con información sobre el tema presentado actúan como una base de datos.

Para llevar a cabo las necesidades del edificio Elisabetta entre ellas: el adecuado dimensionamiento de los conductores, instalación de las protecciones tanto en baja y media tensión, equipos de medición para el transformador, entre otras. Se requiere la manera en la que se proveerá la energía eléctrica adquirida por medio de la red de distribución de la presente compañía encargada de la distribución, la cual se dirigirá a la célula de potencia intermedia con el fin de que sea suministrada a los transformadores. Se comienza a recogerse información del lugar, luego dar paso al levantamiento eléctrico de cada planta de la edificación y que se efectúe el diseño del plano eléctrico. Del mismo modo fueron tomadas las mediciones de los espacios, con la finalidad de que se conozca el mayor número de puntos eléctricos necesarios que incluye: iluminación, tomacorrientes generales, aires acondicionados y ascensor con sus especificaciones correspondientes. [2]

La zona externa de la edificación y los puestos de espera se alumbrarán y se dará la alimentación a los ascensores a través de motores, sea la manera en la que arriban, se distribuyen o bien son compartidos, todas las formas son iguales de manera primordial.

Serán colocados los diferentes medidores para cada una de las áreas del presente edificio con su debida protección, que asegura la durabilidad de los equipos ante posibles fallas. Con la toma de datos ya mencionado anteriormente se tendrá conocimiento de la demanda de cada una de las plantas, para así, dimensionar correctamente el calibre de los conductores tanto para baja y media tensión, de paneles de distribución, instalación eléctrica interna y externa, sistema puesta a tierra, en referencia también transformadores y sobre todo las protecciones adecuadas en cuanto a la magnitud de corriente que pasa por ellos. [3]

El diseño que se realizó en AUTOCAD está conformado por: el plano eléctrico, diagrama unifilar, medidas de los espacios que serán utilizados por los tableros de los medidores y transformador con los cortes establecidos por la normativa eléctrica vigente en el país. Una vez obteniendo los cálculos de la demanda y el diagrama unifilar, se procederá a simular en el software PowerFactory-Digsilent 15.1 para el funcionamiento del sistema eléctrico.

Con el fin de conseguir el logro en la consecución de los objetivos pretendidos por el programa, se utilizarán no sólo las normas jurídicas en vigor sino también los límites construidos dentro de los códigos legislativos que rigen el edificio. Asimismo, se utilizarán los medidores de electricidad correspondientes y se acatarán los principios fundamentales que se encuentran en la Norma de la Construcción para instalaciones de electricidad, en específico el Código NEC - SB - IE. También, se incorporará el manifiesto escrito por CNEL EP para la instalación de la Acometida junto a los Consumidores.[4]

CAPITULO II

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Conceptos Fundamentales

Voltaje

Se lo conoce como la diferencia de potencial que realiza el trabajo de mover una carga eléctrica de un lado a otro, se lo expresa en voltios (V). [5]

Corriente Eléctrica

Es el flujo de carga eléctrica entre dos puntos a distinta capacidad que recorre por un conductor, medido en amperes (A). [5]

Resistencia Eléctrica

Es la oposición a la corriente eléctrica dentro de un material conductor, se mide en ohm (Ω). [5]

Potencia Activa

La potencia activa P expresada en vatios (W) se produce por la conversión de energía entre el campo magnético y campo eléctrico, en la cual es la potencia que un equipo eléctrico necesita consumir. Es representado por el producto de la tensión, corriente y coseno del ángulo. [6]

Potencia Reactiva

La magnitud conocida como potencia reactiva Q se cuantifica en voltio amperios reactivos (VAr), y su dirección es desde los componentes capacitivos hacia los inductivos, generando consigo disipaciones en los dispositivos de naturaleza resistiva, teniendo como consecuencia una ineficacia en el sistema eléctrico. Se representa por el producto del voltaje, corriente y seno del ángulo. [6]

Potencia Aparente

La potencia aparente S medida en voltio amperio (VA) es la potencial total que se entrega al sistema, que tiene como objetivo realizar un trabajo e intercambiar de potencia entre la fuente [7]. En la Figura 2 se representa la expresión que corresponde a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la potencia activa y la potencia reactiva.

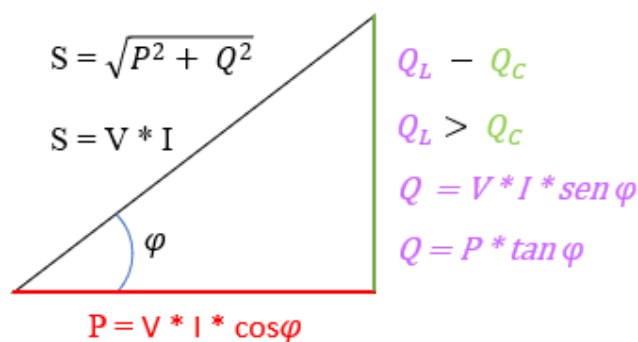


Figura 2. Fórmulas de Potencias

Fuente: Autora

Factor de Potencia

El coeficiente de potencia (fp) se define como el cociente resultante de dividir la potencia activa (P) entre la potencia aparente (S). El conjunto de cargas resistivas e inductivas da como factor de potencia menor a 1 y en atraso, en cambio, el conjunto de cargas resistivas y capacitivas su factor de potencia es menor a 1 y en adelanto. Para corregir un factor de potencia lo recomendable es el montaje de un banco de capacitores, condensadores y compensadores estáticos de VARS. [7]

2.1.2 Generalidades

Un conjunto de elementos primordiales constituye un sistema eléctrico de potencia (SEP), compuestos por las etapas de Generación, Transmisión y Distribución, tal como se ilustra en la Figura 3. La energía eléctrica que se genera puede ser mediante centrales Hidroeléctricas, Térmica, Fotovoltaicas y Eólicas pasando por todo este proceso para llegar a los consumidores bajos, medios y grandes en cada caso que se requiera.

En el ámbito de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad en Ecuador, bajo la normativa identificada como Número ARCONEL-019/18 [9], se establecen y gestionan distintos rangos de voltaje, a saber:

- **Bajo voltaje:** Corresponde a un voltaje igual o inferior a 0,6 kV.
- **Medio voltaje:** Se considera cuando el voltaje se encuentra por encima de 0,6 kV, pero no excede los 40 kV.
- **Alto voltaje del grupo #1:** Implica un rango de voltaje superior a 40 kV y hasta 138 kV.

- **Alto voltaje del grupo #2:** Incluye voltajes superiores a 138 kV.

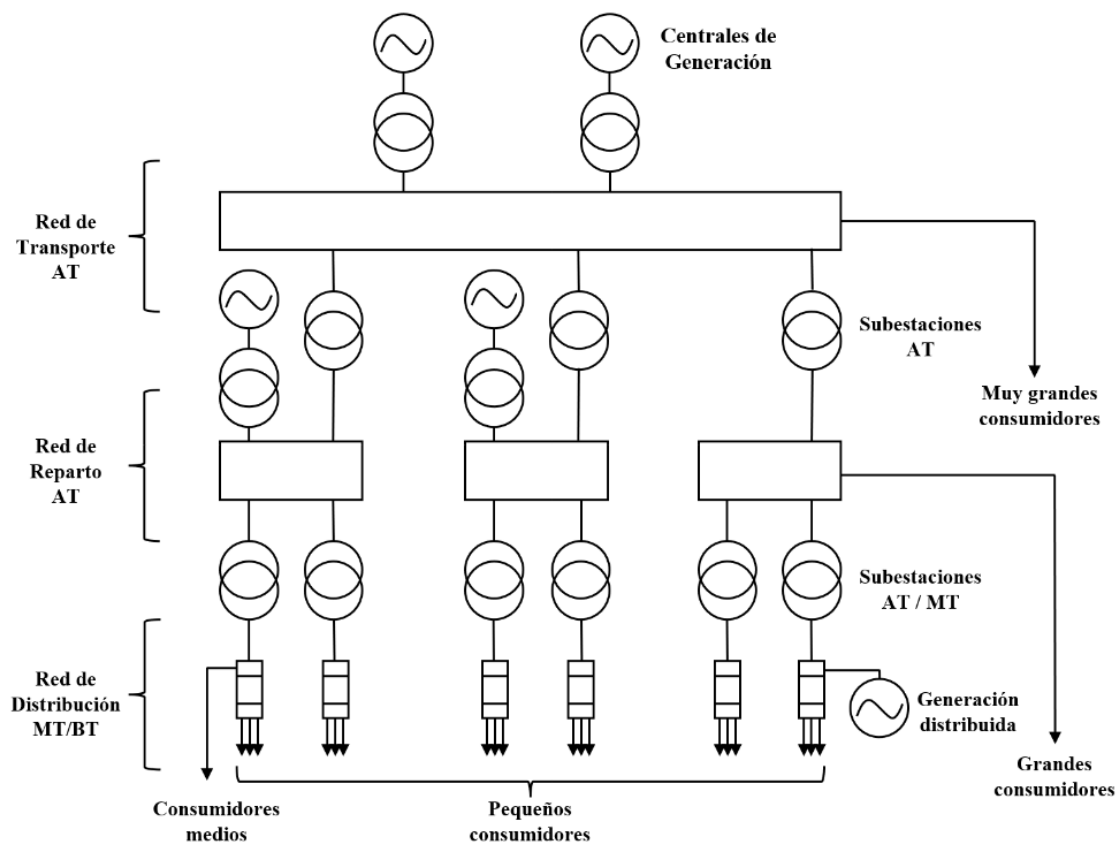


Figura 3. Estructura de un sistema de energía eléctrica

Fuente: Autora

2.1.3 Sistema Eléctrico de Distribución

El sistema de distribución eléctrica se encuentra compuesto por elementos que permiten la transferencia de energía eléctrica desde la subestación de potencia hasta el consumidor final. Esta parte del sistema engloba, líneas primarias y secundarias de distribución, líneas aéreas o subterráneas, transformadores de distribución, acometidas, medidores, torres y aisladores que permitirán tanto el paso de la energía como sus diferentes protecciones. Dicha distribución será realizada ya que debe entregar al usuario un buen suministro, sin ningún tipo de interrupciones con un valor de voltaje aceptable permitiendo que sus demás equipos funcionen correctamente.

Para que este sistema sea óptimo deben estar sujeto a redes bien diseñadas que resistan al incremento de la carga que pase por ello, por lo consiguiente, sus componentes y equipos a utilizar tienen que ser de mejor calidad para que de alguna u otra manera soporten el efecto de campo eléctrico y los efectos del ambiente por lo que se verán afectados durante su periodo de operación. [8]

Modelos del Sistema Eléctrico de Distribución

Anillo

Este sistema tiene más de un trayecto por el que discurre la fuente hasta el destino para proveer a los clientes del aprovisionamiento de suministro eléctrico. En otras palabras, la figura 4 representa cómo es el procedimiento, empezando desde el puesto de suministro desde el área hasta abastecer y retornando al lugar desde donde empezó, esto genera que la población sea proveída de los dos extremos y tenga la ventaja de que las posibles fallas se aíslen dentro del sistema. Cabe mencionar que este sistema es bastante intrincado con respecto a su defensa dentro de la misma.

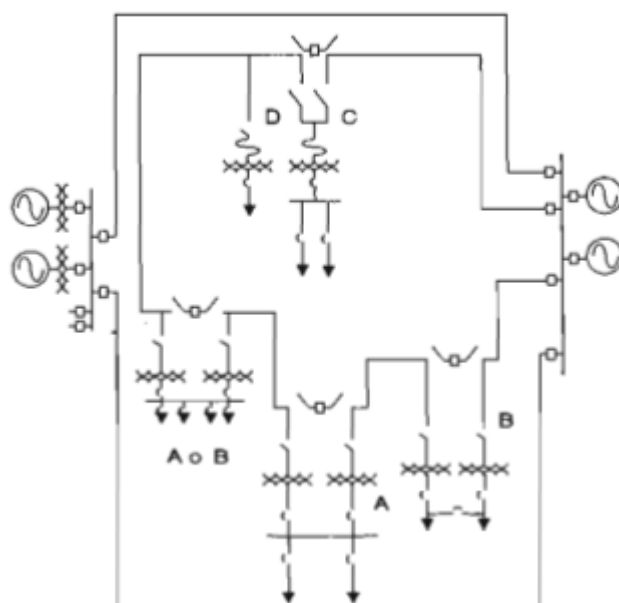


Figura 4. Topología anillo

Fuente: Libro “Sistemas de Distribución de energía eléctrica” [9]

Radial

Este tipo de estructura su flujo de potencia siempre va en el mismo sentido, quiere decir, que la corriente que pasa por ese camino ya no tiene vuelta atrás partiendo desde la subestación, como se observa en la Figura 5. Este tipo de sistema es económico y a la vez muy simple ya que debido al arreglo hace uso de la menor cantidad de equipos, pero, así como tiene sus ventajas también tiene sus desventajas como son: para realizar el respectivo mantenimiento en los interruptores, parte de la red estará fuera de operación; las fallas que afectan directamente al alimentador primario alteran a la carga que está conectada [10].

Además, este sistema puede ser instalado de manera aérea o subterránea, dependiendo del área en el cual se requiera. Por lo general, en la red aérea radial se usan en zonas urbanas y suburbanas, en cambio la red subterránea radial para zonas urbanas de densidad media y alta por el nivel de líneas eléctricas que circulan un mayor número de circuitos.

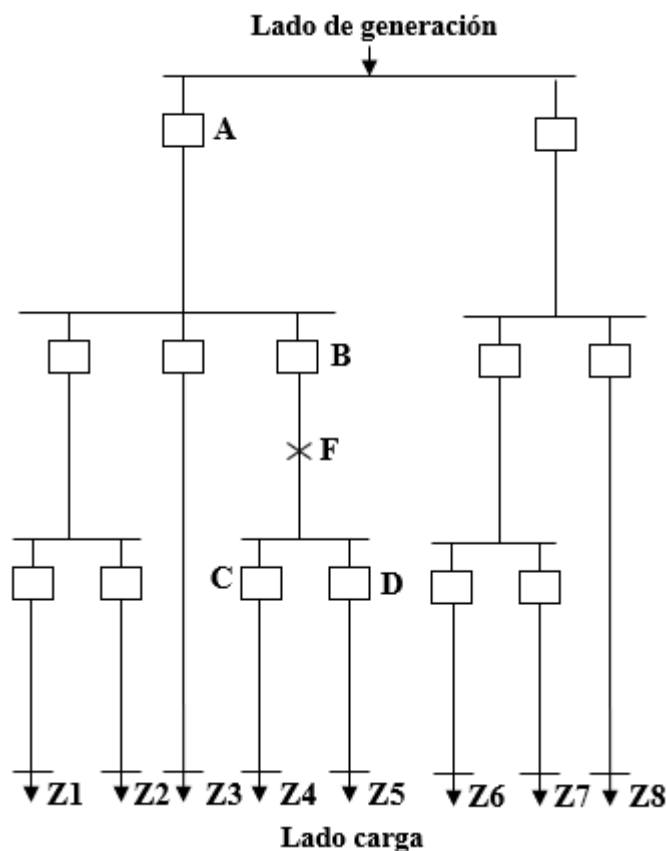


Figura 5. Topología radial

Fuente: Autora

Mallado

El siguiente sistema es un poco más complejo, ya que la potencia de cortocircuito aumenta de una manera extraordinaria conformada por redes en anillo en forma radial, ver Figura 6. En esta red será necesario hacer el uso de protecciones de sobreintensidades direccionales debido a que interviene una corriente superior al valor referencial. Pero tiene la ventaja de que su alimentación se da desde dos plantas, permitiendo que las potencias suministren de cada una de ellas a las diferentes subestaciones de distribución.

Por lo tanto, se lo utiliza para que la energía eléctrica que pase por ello no tenga ningún tipo de interrupciones, ya que si se presenta una falla en un periodo de tiempo prolongado tendrá grandes consecuencias.

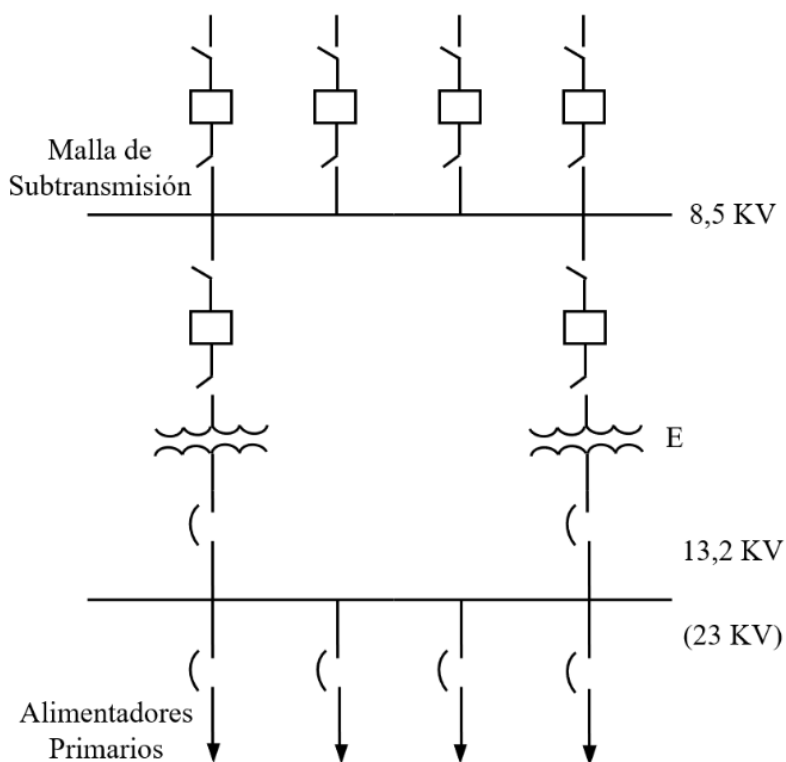


Figura 6. Topología mallada
Fuente: Autora

Elementos del Sistema Eléctrico de Distribución

Subtransmisión

Se trata de un conjunto de redes en el cual los trazados que se extienden desde la estación central proveen de energía a las subestaciones de distribución correspondientes. Estas líneas tienen la capacidad de transmitir altos niveles de voltaje a largas distancias, por lo que tiene la ventaja de presentar bajos niveles de pérdidas. Uno de los principales arreglos que presentan estos circuitos son el radial, anillo, mallado y anillo con amarre; siendo la más utilizada el sistema en anillo por la continuidad del servicio.

Además, unas de los montajes a utilizar en este sistema es la red radial ya que su construcción es simple y económica, por lo tanto, el suministro será menos fiable ya que al presentarse un posible fallo quedan fuera de operación las diferentes subestaciones de distribución. Ver Figura 7.

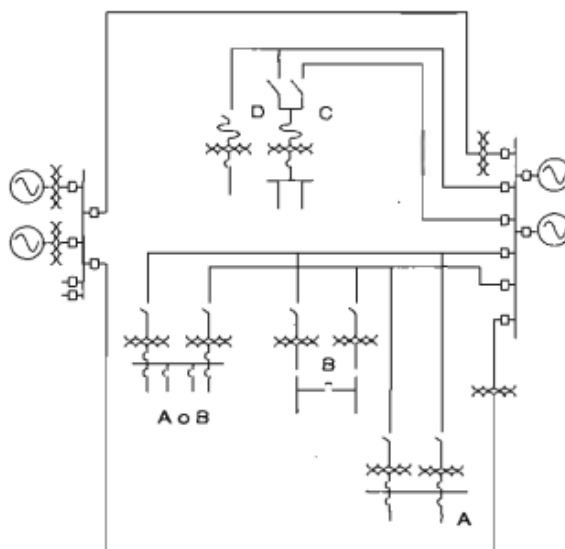


Figura 7. Sistema de Subtransmisión Radial

Fuente: Libro de “Sistemas de Distribución de energía eléctrica” [9]

Subestación de Distribución

Tiene el objetivo de ajustar los voltajes para trasladar a las siguientes subestaciones y que los niveles de voltaje sea el adecuado a los usuarios finales sin ningún tipo de perturbación. Además, están expuestos a diversas fallas por su largo alcance de recorrido, causándolo principalmente el corte de suministro en los consumidores finales. [10]

Alimentador Primario

Consisten en trayectos que se originan en las subestaciones de distribución y se dirigen hacia los transformadores primarios de distribución clave, como se muestra en la Figura 8. Por lo general, su estructura a utilizar es de forma radial ya que su sistema permite transmitir altos niveles de voltaje por las troncales hasta que la energía sea repartida por los ramales. Dentro del alimentador primario existen dos tipos de tramos:

Troncal: Es el tramo por el cual se necesita un calibre de conductor más resistente porque por el pasa una cantidad mayor de energía que va dirigido a los ramales.

Ramal: Estas redes se derivan de diversas fuentes y permiten la interconexión de los transformadores de distribución y los servicios especializados que suministran con una configuración de flujo medio. Requieren un tamaño de calibre más diminuto para los chófere en función de la cantidad de equipaje.

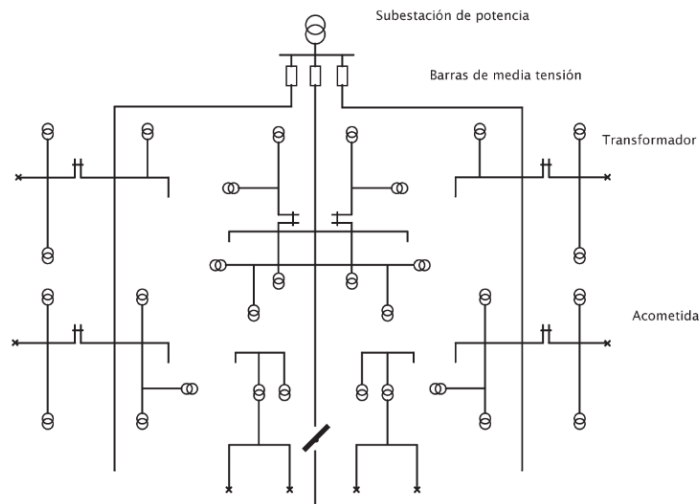


Figura 8. Alimentador Primario

Fuente: Libro de “Sistemas Eléctricos de Distribución” [8]

2.1.4 Redes Secundarias de Distribución

Las redes secundarias parten principalmente desde el transformador de distribución hacia a las acometidas de los clientes finales. En área residencial, por lo general su distribución es monofásica, mientras que para grandes industrias conformada por varios equipos su distribución es trifásica. Por lo general, una disposición de distribución de naturaleza monofásica implica tensiones de 120/240 V distribuidas en tres fases, mientras que una configuración trifásica se caracteriza por voltajes de 120/208 V y un esquema de conexión en configuración estrella. [9]

Acometidas

Es el grupo de equipos y conductores que parten de sistemas de distribución como es el transformador para suministrar la energía eléctrica de diferentes voltajes a los usuarios finales. Tenemos:

Acometida en bajo voltaje: Se trata de la que está conectada a un sistema eléctrico con una magnitud de hasta 600 V. [4]

Acometida en medio voltaje: Se relaciona con una red de distribución que tiene una magnitud de 600 V hasta 440 Kv, los conductores del fluido se relacionan con los componentes de la red, desde el sistema de distribución hasta los extremos del transformador o llegan a conocer la magnitud en el caso de que sea posible. [4]

Acometida aérea: Se refiere a los conductores que están a la intemperie que conecta a la red de distribución con la instalación eléctrica del cliente. [4]

Acometida de configuración bifásica, trifilar: Corresponde a aquella que se origina en el sistema de distribución, compuesta por tres conductores operativos y un cuarto conductor conectado al neutro del sistema. [4]

Acometida trifásica: Es la que parte desde la fuente de alimentación con 3 conductores que funcionaban y otro que estaba conectado al cero del sistema. [4]

Seguridad para Redes de Distribución

Los componentes más valiosos para cuidar son los chóferes y los transformadores. Las fallas frecuentes de componentes antes mencionados son los cortocircuitos, sobrecargas, sobretensiones debido a descargas atmosféricas o cortes en el suministro eléctrico. Antes de energizar todo el sistema en general, lo primordial es proteger la alimentación primaria ya que es la energía entrante en los equipos que van de la mano y así ese suministro se reparta con la misma calidad que ingresó.

Cabe recalcar que para proteger el lado primario de estas redes son los pararrayos, seccionadores, fusibles, mientras que en el lado secundario son los interruptores termomagnéticos y disyuntores.

2.1.5 Elementos principales de una red de Distribución del Edificio Elisabetta

Redes de Distribución

Siguiendo las pautas delineadas en la guía para la implementación de la Conexión de Acometida y el sistema de medición para los destinatarios finales por parte de CNEL EP, el proveedor de servicios eléctricos que abastece mediante las infraestructuras de distribución está encargado de efectuarlo a niveles de potencia intermedia, en correspondencia con las necesidades del consumidor.[4]:

En los sistemas de $13.8 \text{ kV}/\sqrt{3} \text{ kV}$, se brinda en el momento en que la petición del usuario final es superior a 30 kW e inferior a 90 kW, y la suma de la capacidad instalada no debe ser mayor a 100 kVA. Para los sistemas trifásicos, las compañías distribuidoras proveen un voltaje de 13.8 kV cuando la petición del consumidor final es menor a mil seiscientos watts y mayor a 30 kW. [11]

Aéreas

Se utilizan cables desnudos capaces de resistir niveles elevados de voltaje, los cuales se sustentan mediante aislantes fijados en las crucetas dispuestas en los postes construidos en materiales como concreto o madera. Esta estructura se compone de los elementos siguientes:

Postes: En las zonas urbanas, se utilizan estructuras de torres fabricadas en piedra caliza que alcanzan una altura de 14,12 metros y poseen capacidades de resistencia a la rotura de 1050, 50 y 510 kilogramos. Los aspectos vinculados al peso, la longitud y la capacidad de soportar fuerzas de ruptura son establecidos por el diseño de los trazados implementados en su creación. [12]

Conductores: Los circuitos primarios utilizan cables de aluminio y ACSR desnudos con calibres de 4/0, 2/0, 1/0 y 2 AWG, mientras que los circuitos secundarios utilizan cables desnudos o aislados con los mismos calibres. Los circuitos mencionados se componen de tres y cuatro hilos con un neutro colocado a tierra. Luego, los conductores de iluminación pública se conectan en paralelo. [12]

Crucetas: Se edifican utilizando un perfil de hierro galvanizado con una longitud de 2 metros (m), utilizado tanto para tensiones de 13.2 kV como 11.4 kV. Estos soportes son reforzados mediante diagonales conformadas por varillas o perfiles de ángulo de hierro, también reconocidos como elementos "pies de amigo". [12]

Herrajes: Están hechos de acero galvanizado, que se puede usar para bajas y medias tensiones. [12]

Transformadores y protecciones: Los transformadores monofásicos tienen una capacidad de 25/37.5/50/75 kVA y los transformadores trifásicos están dimensionados con capacidades de 30/45/75/112,5 y 150 kVA, cada uno dotado de su correspondiente sistema de salvaguardia, compuesto por un fusible y un dispositivo pararrayos de 12 kV. [12]

2.1.6 Subterráneas

La distribución residencial subterránea, que proporciona energía eléctrica a áreas residenciales, es una de las principales aplicaciones de la red subterránea. Las empresas de servicios públicos también usan instalaciones subterráneas para las salidas de las subestaciones y las conexiones

a trabajadores en los lugares de instalación de servicios para clientes industriales o comerciales. [12]

Se emplean en zonas donde el diseño de la ciudad, la congestión, la estética y las condiciones de salubridad no son adecuadas para el sistema de vuelos. En el presente, la red subterránea tiene una rivalidad con respecto a la red aérea en las zonas urbanizadas de mayor tamaño. También, los chóferes que se utilizan están aisladas por el voltaje de trabajo y poseen ciertas defensas y aislamientos. Aquellos conductores que están en forma directa dentro de conductos con cajas de observación en intervalos regulares son nombrados como tales.[12]

Ductos: Es posible que sean de cemento asbesto, de plástico o de conductos de metal con un diámetro inferior a 4 pulgadas.[12]

Cables: Pueden adoptar configuraciones tanto monopolares como tripolares, presentando aislamiento de tipo XLPE o EPR. Estos cables se encuentran disponibles en calibres que abarcan desde 500-400-350 MCM, hasta 4/0 AWG, y son empleados en sistemas con tensiones de 13.2, 7.6 y 4.16 kilovoltios.[12]

Cajas de Paso: Está compuesto por diferentes clases, una de las más frecuentes es la de comprobación e integración que tiene como objetivo la creación de vínculos, pruebas y arreglos. Es posible que hospedara a dos empleados para realizar sus respectivas labores. De entre ellos salen de uno a varios itinerarios pudiendo poseer herramientas de calibración, y además son usados para la extensión del cable. [12]

Empalmes, uniones y terminales: Estos elementos posibilitan el establecimiento de la continuidad requerida y aseguran conexiones sin fallas entre los cables y los dispositivos. [12]

2.1.7 Centro de Sección y Transformación

En el edificio Elisabetta al considerarse una instalación de transformador monofásico, cuya capacidad será máximo de 100 kVA que podrá ser de tipo convencional o auto protegido; en el caso de que sea la instalación de un banco de transformadores, cada transformador monofásico debe ser de tipo convencional y oportuno para ser utilizado en el sistema eléctrico de Distribución de CNEL EP. [4]

Celdas de Media Tensión

Se comprende la totalidad de las partes en la secuencia (celdas) de modo que se hallan los interruptores de potencia extraíbles, los seccionadores, y algunas de ellas, en una infraestructura externa de metal, con la capacidad de acumular y repartir energía eléctrica. [4]

La celda de media fuerza es un dispositivo utilizado para resguardar en las redes de electricidad, poseyendo una colección de componentes que funcionan como disparador y aislante en la protección contra sobre corriente, como se puede ver en la Figura 9. Además, la instrumentación habitual de cambio habitual se puede adaptar fácilmente a la automatización, debido a que los requisitos requieren de una habilidad que la mayoría de estos dispositivos ya poseen: la capacidad de lanzar y cerrar a distancia. Sin embargo, en lo concerniente a las herramientas de control cada vez más adaptables para gestionar el intrincado sistema operativo.[13]



Figura 9. Módulo de voltaje intermedio

Fuente: Libro “Avance de Sistemas Eléctricos y Estaciones de Transformación” [14]

2.1.8 Transformador de Distribución

El edificio Elisabetta se encuentra en la misma línea de construcción que las otras edificaciones, debido a que requieren de una gran cantidad de energía, la compañía suministradora provee un nivel de corriente de 13,8 kV, y a través de un transformador de tipo trifásico o monofásico se reduce la corriente a niveles de baja energía, que son utilizados por los diferentes usuarios del área. La gran parte de estos transformadores acostumbran a estar ubicados en depósitos de distribución. En este tipo de transformadores monofásicos en alimentación primaria llega

únicamente la línea directa de media tensión y en el lado secundario los bushing de baja tensión que tienen la capacidad de sacar el neutro.

Transformadores Monofásicos

Este transformador cuenta un devanado en el primario y otro en el secundario, utilizando tres transformadores monofásicos se puede suministrar un servicio trifásico. Además, su instalación no es compleja ya que no necesita varios conductores.

Está compuesto por boquillas de entrada de alta tensión denominadas con la letra H mayúscula y sus salidas que se las clasifica como X1, X2 y X3 que son las de baja tensión, las cuales se observa en la Figura 10.

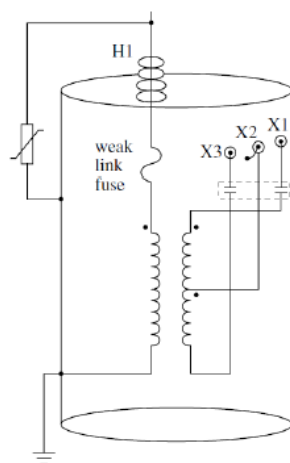


Figura 10. Diagrama de Transformador de Fase Única
Fuente: Libro “Manual de Distribución de Energía Eléctrica” [15]

Transformadores Trifásicos

Tienen la función de trabajar individualmente o se coloca a trabajar un banco de transformadores monofásicos para que cumplan con el mismo trabajo. Está conformado por 6 devanados, tres devanados primarios y tres devanados secundarios o salidas que permitirán una mayor eficiencia y resistencia a altos niveles de voltajes.

Existen dos conexiones importantes para este tipo de equipo: conexión estrella y conexión delta, depende de la empresa o industria que conexión le resulte más factible y confiable para su respectiva operación. Véase en la Figura 11 el modelo de un transformador trifásico con los componentes que hacen su correcto funcionamiento.



Figura 11. Transformador Trifásico
Fuente: Catálogo INATRA [16]

Diversos tipos de transformadores están disponibles, siendo que para esta aplicación se consideran los siguientes:

Convencionales

Estos respectivo transformadores de distribución que se utilizan en el exterior o en el interior tienen la capacidad de distribuir energía eléctrica en una magnitud de media corriente. Ideados específicamente para cambiar la magnitud de media a baja o viceversa y sobre todo utilizados en las instalaciones de servicios, comerciales e industriales. [17]

Pad Mounted

Este ejemplar de transformadores se utiliza en: instalaciones subterráneas de distribución, en usos residenciales, edificaciones, centros comerciales, hoteles y zonas de negocios. Poseen cerraduras de seguridad en las zonas de alta y baja tensión, respectivamente, que evitan posibles daños a personas que se hallen en esas zonas. Para las aplicaciones mencionadas se aplica una configuración radial como se muestra en la Figura 12, es decir, que el transformador está conectado a la línea de alimentación primaria y no permite la continuidad de este. [17]

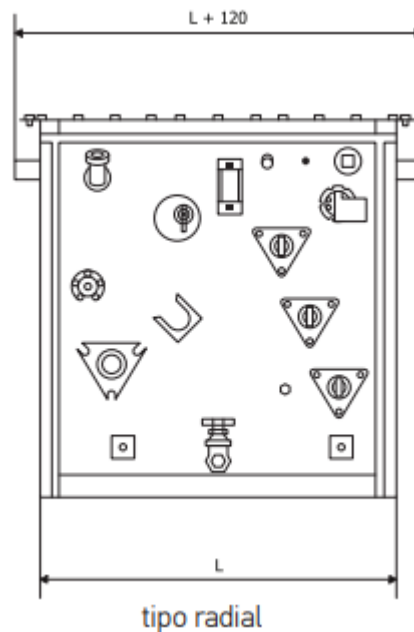


Figura 12. Transformador Monofásico tipo Pad Mounted
Fuente: Catálogo ECUATRAN [18]

Transformadores de Instrumentos

Los sistemas de electricidad que tienen como destino la distribución al trabajar con niveles de fuerza elevados requiere reducir en alguna medida esas cifras para poder ser medidos, es en este lugar que los transformadores de instrumento entran en juego. Estos instrumentos modifican estos parámetros en función de la fuerza que ejercen los que los operan y además disminuyen el precio de los instrumentos para medir.

Se consideran como herramientas electromagnéticas los transformadores que se utilizan con el objetivo de reducir la intensidad de la corriente y el valor de la tensión en un sistema eléctrico, sobre todo para su protección. [19]

Transformador de Corriente

Son equipos usados para medir la corriente y reducirla del sistema primario a niveles que puedan manejarse los dispositivos de medición y protección. [20]

Transformador de Potencial

Estos dispositivos presentan una disposición donde el conjunto principal de cables se enlaza al sistema eléctrico, buscando reducir de manera constante y segura los voltajes primarios y secundarios. La normalización de la fuerza eléctrica suele ser de 120 voltios de distancia a distancia. [21]

2.1.9 Instrumentos de Medición Eléctrica

Clases de Mediciones

Medición de tipo Directa

Se manifiestan cuando la corriente de energía y potencia provista fluye de manera rápida por las conexiones del medidor involucrado. [4]

Medición de tipo Indirecta

Ocurren cuando el aprovisionamiento de energía y potencia se transforma en seguida para los objetos que están siendo cargados y el sistema de medición es capturado a través de la correlación existente entre la potencia y la corriente, mediada por los transformadores de instrumentos, transformador de corriente (TC) y transformador de potencial (TP). [4]

Medición de tipo Semi-Directa

Se presentan cuando la entrega de energía y potencia se modifica inmediatamente en función de los dispositivos en funcionamiento, mientras que el sistema de medición se vincula mediante una relación de potencia mediada a través de los transformadores de potencia (TP). [4]

Medidores Eléctricos

Son herramientas electromecánicas o de electrónicos que contabilizan la utilización de energía eléctrica y otras particularidades de ellos. Dentro de ellos podemos encontrar:

Medidor para Medición Directa Auto-Contenido

Para su funcionamiento eficaz, este tipo de medidor generalmente depende de señales eléctricas y de voltaje, prescindiendo de la necesidad de transformadores en el proceso de medición. [4]

Dispositivo para Realización de Medición de Forma Indirecta.

Para la labor que realizan, utilizan señales de instrucción originadas desde los conversores de instrumento, los C's y P's. [4]

2.1.10 Tableros Eléctricos

Se denomina centro de carga a uno de los componentes fundamentales para una infraestructura eléctrica, dado que dentro de este elemento se salvaguardan los flujos de energía mediante dispositivos termomagnéticos y variados.

Tablero de Distribución Principal

También llamado TDP, está diseñado para proveer energía a la totalidad de los muebles que están dentro del edificio. Dentro de la residencia habrá colocado los instrumentos fundamentales de defensa y maniobrilla que resguardarán a las diferentes vías que se encuentran en ese establecimiento. [22]

Tablero de Distribución Secundario

Se le conoce como STD a aquel que es propulsado a través del principal tablero de distribución de energía y que provee energía a distintos circuitos: ascensor, cuarto de máquinas, servicios generales, parqueaderos y otros. [22]

Tablero de transferencia

El propósito de esta baraja es de ejecutar un movimiento manual o automático con el fin de reubicar la energía eléctrica faltante, para que un generador pueda comenzar a andar y desconectar la cadena de suministro eléctrica que ofrece la compañía distribuidora. [23]

2.1.11 Niveles de Iluminación

Dentro del ámbito de la iluminación se consideran las luminarias, lámparas y sus complementos para el alumbramiento de los ambientes tanto de adentro como de afuera. En la actualidad, con el fin de tener una iluminación más potente con la menor potencia viable, se utilizan luminarias de LED. Además, cada sector a alumbrar requiere de diferentes grados de iluminación que se encuentran reflejados en la norma UNE 12464.1.

La iluminancia está entre los factores del ambiente que tienen la capacidad de generar una condición de micro climático, con el fin de exhibir los elementos dentro de un entorno espacial, de manera que la tarea pueda llevarse a cabo en condiciones adecuadas de factibilidad, confiabilidad y comodidad. [24]

2.1.12 Tomacorrientes

Son herramientas que tienen huecos para la entrada de un cable y extremos para la conexión a las vías de escape. [25]

Tomacorrientes de Uso Especial

Son los artefactos que tienen una magnitud de potencia específica o una mayor a los 1500 W, de acuerdo con lo que precisa la legislación eléctrica, por lo cual para su creación es usual pensar en la potencia del dispositivo. [25]

Sistema de Aire Acondicionado

Se entiende por climatización el procedimiento de control de la temperatura del aire que se realiza anualmente, limitando la velocidad del aire, la limpieza y la temperatura interior, con el fin de generar las condiciones apropiadas para el bienestar del usuario y conseguir el desplazamiento de aire en lugares que no cuentan con ventilación natural y, por lo tanto, requieren de una terapia específica. [26]

2.1.13 Conductores Eléctricos

Un conductor puede transferir energía eléctrica. Este término alambre es regularmente usado para nombrar un conductor. La gran parte de los conductores son de metal o plástico y están o no aisladas. Las empresas de electricidad emplean aluminio en la gran mayoría de los nuevos emplazamientos de rutas aéreas. El aluminio es la sustancia más liviana y económica con respecto a su capacidad para transportar energía. El cobre para el conductor es una aleación de 1350 que tiene una pureza del 99.5 % y una conductividad inicial del 61.0 %. [15]

Los chóferes son categorizados por el número de calibre y estas características están gobernadas por el sistema de medida de América del Norte, en el caso de que el chófer tenga una superficie elevada, se utiliza la unidad del circular mil (MCM). [23]

Generalmente, el cobre se encuentra más frecuentemente en las áreas urbanizadas y en los usos industriales. Este elemento exhibe una conductividad inferior y un rango más amplio de dimensiones específicas. El cable de suministro incorpora un aislante de fase elaborado con cobre o aluminio, una pantalla envolvente de cinta, generalmente de cobre, y, con regularidad, un revestimiento conformado por al menos tres capas de aislamiento.

2.1.14 Perdida de voltaje

Se detectan descensos de energía presentes en líneas de distribución que serán evaluados con meticulosidad, al fin de que en las transformaciones en la carga de potencia las tensiones se

mantengan dentro de una franja normal. Una reducción de la tensión superior a 10 % genera dificultades para los usuarios de electricidad. [9]

Se puede calcular la magnitud del declive de la tensión de una vía monofásica de energía alternativa a través de la siguiente expresión 1[27]:

$$\Delta V = 2 * I * R * \cos \theta$$

Ecuación 1: Caída de tensión en una línea monofásica

ΔV : decrecimiento de la fuerza en la corriente en [V]

I_{nom} : corriente nominal de cálculo en amperios [A]

R: resistencia eléctrica del conductor de cobre [Ω]

$\cos \theta$: factor de potencia con un valor de 0,92

2.1.15 Incremento del Coeficiente de Potencia: Banco de Capacitores

Las cargas inductivas son responsables de la obtención de un índice de potencia reducido, tal como ocurre en las circunstancias de los motores, baleros, transformadores, y otros. Este modelo de equipamiento tiene una relación entre la fuerza de corriente y el voltaje. [28]

El banco de capacitores está formado por entre 2 y 5 capacitores que se interconectan entre sí, con el fin de aumentar la calidad de la energía eléctrica, y en cada espacio en donde se van a ubicar los artefactos se incrementa el voltaje. En los conjuntos de distribución, se utilizan condensadores en configuración paralela con el propósito de alcanzar la capacidad KVAR requerida. En contraste, en sistemas de impulsión, estos condensadores se emplean de manera conjunta para lograr la estabilidad y el nivel de voltaje deseado.[28]. Existen dos tipos de bancos de capacitores con lo cual se pueden instalar los alimentadores:

Capacitores de configuración fija: Se emplean en situaciones donde las cargas permanecen constantes y no experimentan cambios.

Capacitores automáticos: Se utilizan cuando las cargas exhiben variabilidad en su comportamiento.

Los condensadores a primera vista pueden parecer elementos simples y desprovistos de complejidad, puesto que están estructurados mediante láminas metálicas separadas por un dieléctrico, careciendo de componentes móviles y operando exclusivamente al paso de la corriente eléctrica. A pesar de ello, el rol real que tiene un capacitor es de gran importancia para

los expertos en tecnología. Esta circunstancia de materiales delgados, sin embargo, es posible que esté sujeta a energía eléctrica, picos de voltaje y daños en las líneas.

2.1.16 Normativas

La observancia de regulaciones, directrices y legislación ha conducido, como resultado, al avance de sistemas de energía eléctrica que garantizan la seguridad y óptima sin afectar al ecosistema y a la comunidad, teniendo en cuenta que no acatar una norma genera penalidades económicas. [29]

En caso de que se observen las siguientes reglas para las diferentes instalaciones de electricidad:

Norma Ecuatoriana de la Construcción

La actual legislación tiene como objetivo primordial establecer las particularidades técnicas y los requisitos esenciales que deben ser satisfechos en la planificación y la implementación de sistemas eléctricos destinados a uso residencial, el objetivo es reducir los riesgos de electricidad, demostrando las condiciones de seguridad que tienen los usuarios y sus propiedades. [25]

El certificado en cuestión se basa en las siguientes legislaciones como son el Código Eléctrico Ecuatoriano (CPN INEN 019), Cables y Alambre con Recubrimiento Termoplástico (NTE INEN 2345), Tensiones Estandarizadas (NTE INEN 3098), Normativa Técnica NATSIM 2012 (CNEL EP Unidad de Negocio Guayaquil), Símbolos Gráficos para Diagramas (IEC 60617) y por último el Código Eléctrico Nacional 2011 (NFPA 70).

Esta regulación únicamente es aplicable a sistemas eléctricos internos de viviendas a nivel de baja tensión y a estructuras en proceso de construcción.

Norma Técnica Ecuatoriana

El objetivo principal de la presente ley es preservar la totalidad de la Integridad de los individuos y de los objetos, en el caso de que se pudieran producir daños potenciales a causa de la utilización de la energía eléctrica. En el ámbito de este decreto se contemplan varias recomendaciones importantes, de las cuales resaltan los parámetros del factor de demanda que corresponden a cada clase de carga, además de los requisitos fundamentales que tienen las infraestructuras de baja electricidad. Es factible apuntar que la legislación aplicable es el Codex de Prácticas de Ecuador, denominado Código Eléctrico EC (CPE INEN 19:2001). [30]

Norma Europea para Alumbrado de Interiores

La ley correspondiente se dará el sustento para los proyectos de alumbrado de lugares de labor en ambientes interiores, exponiendo los grados de iluminación necesarios para conseguir la comodidad visual en las diferentes zonas de labor. La legislación aplicable es la UNE 12464.1. [31]

2.1.17 Software para el Análisis de la Demanda

POWERFACTORY-DIGSILENT 15.1

Es un programa que ayuda para el estudio de los sistemas de potencia de un tamaño integrado, identificando métodos factibles, cómodos y versátiles de representación y cálculos. Se describen los estudios de flujo de potencia AC/DC, análisis de cortocircuito, fallas generales, coordinación de relés de protección, cálculo de confiabilidad, simulación dinámica, simulación de transitorios electromagnéticos, diagramas unifilares del sistema modelado, entre otras.

Descripción

PowerFactory-Digsilent tiene diferentes herramientas de base que posibilitan ampliar el programa. Con estas almejas se utiliza el software de edición de componentes, al igual que también diversas almejas que posibilitan diferentes labores. Es posible realizar cálculos de potencias relacionados a modo de MW, MVAR, MVA, AMP Y FP de sistemas monofásicos si se muestran en términos de KVA o MVA, y es necesario establecer ciertos valores para calcular las cifras no conocidas.

La barra de herramientas tiene diferentes herramientas a ubicar como el transformador, los conductores, los capacitores, el panel de distribución, etc. Además, posibilita cambiar las configuraciones de los parámetros para ejecutar el flujo de carga. El programa informático posibilita la creación de componentes en forma de ramas, de fuentes y de cargas, de objetos compuestos, y de dispositivos de defensa. Se tienen la posibilidad de realizar estudios de flujos de energía AC, de cortocircuito AC, de cálculos de fiabilidad y de análisis de errores comunes. De la totalidad de lo mencionado anteriormente, el sistema nos ofrece un diagnóstico detallado de la totalidad de acciones que se hayan solicitado.

2.1.18 Reglas por Cumplir para la Simulación de la Demanda del Edificio Elisabetta

Factor de Demanda

Constituye la proporción existente entre el pico máximo de consumo en un sistema eléctrico o en una parte de este, y el conjunto total de la instalación o una fracción de esta. [30] El parámetro de la demanda que hay que tomar en consideración en alumbramiento y tomacorrientes generales se encuentra en:

En lo que respecta a las residencias de tamaño pequeño a mediano, se observa una tasa de Factor de Demanda (FD) de 0,70 para la iluminación y 0,50 para los tomacorrientes.

En la categoría de viviendas medianas grandes y grandes, estas cifras se modifican a 0,55 para la iluminación y 0,40 para los tomacorrientes.

En otro escenario, en las viviendas clasificadas como especiales, los FD se establecen en 0,53 para la iluminación y 0,30 para los tomacorrientes.

La solicitud de asignación de factores de demanda para cargas especiales se fundamenta en la operatividad específica de la carga en consideración, a través de la utilización de las variables de solicitud que serán detalladas en los apartados subsiguientes.

Los coeficientes de demanda (FD) para Cargas Especiales se encuentran determinados en relación con la cantidad de cargas y el Consumo Específico (CE). En el escenario de una única carga, el FD se establece en 0,80. En situaciones con la presencia de dos o más cargas, cuando el CE es inferior a 10kW, el FD se fija en 0,75; si el CE oscila entre 10kW y 20kW, el FD adopta el valor de 0,65. Para cargas que presentan un CE superior a 20kW, el FD se mantiene en 0,65.

Alumbrado de tipo general

Los distintos coeficientes de demanda serán empleados en relación con la carga total calculada del circuito de iluminación general. [30]

Se presentan los porcentajes de los factores de demanda que se aplican a la fracción de la carga destinada al alumbrado, en función del tipo de ocupación:

En el contexto de unidades de vivienda, se emplea un factor de demanda del 100% para las primeras 3 000 o menos VA, un 35% para las cargas que oscilan entre 3 001 y 120 000 VA, y un 25% para las cargas a partir de 120 000 VA.

En el caso de hospitales, el factor de demanda es del 40% para las primeras 50 000 VA o menos, y del 20% para las cargas a partir de 50 000 VA.

En hoteles, moteles y bloques de apartamentos sin cocina, el factor de demanda es del 50% para los primeros 20 000 VA o menos, del 40% para las cargas que están entre 20 001 y 100 000 VA, y del 30% para las cargas a partir de 100 000 VA.

Para depósitos, se aplica un factor de demanda del 100% para las primeras 12 500 VA o menos, y del 50% para las cargas a partir de 12 500 VA. En todas las otras ocupaciones, se implementa un factor de demanda basado en los VA totales del sistema, con un valor del 100%.

Tomacorriente en Edificaciones

Se dará la posibilidad de incorporar en las mezclas de iluminación recargamientos para tomacorrientes no mayor a 180 VA para establecimientos no destinados a viviendas, y deberá estar condicionada a las necesidades que se exponen [30].

Los coeficientes de demanda pertinentes para la porción de la carga originada en los tomacorrientes en el ámbito de edificaciones no residenciales están detallados. Cuando las cargas no exceden los primeros 10 000 VA, se aplica un factor de demanda del 100%, mientras que para aquellas cargas que superan los 10 000 VA, el factor de demanda se establece en 50%.

Factor de Potencia

El cálculo del factor de potencia de la carga se realiza utilizando la Ecuación 2, y se efectúa en intervalos de 10 minutos.

$$fp_k = \frac{kWh_k}{kVAh_k}$$

Ecuación 2: Factor de potencia de la carga

Donde:

fp_k representa el factor de potencia en el intervalo "k" de 10 minutos.

Por otro lado, "kWhk" hace referencia a la energía activa registrada en ese mismo intervalo de tiempo, mientras que "kVAhk" corresponde a la energía aparente registrada en dicho intervalo de 10 minutos.

El consumidor deberá tener en cuenta que, si bien la potencia del factor de potencia se puede regular, la conexión de la carga a la red de distribución se establece en un valor de 0.92 para el factor de potencia. Si este factor disminuye por debajo de 0.6, se notifica al consumidor y se le

proporciona una ampliación de plazo para corregir su factor de potencia. En consenso con la ARCONEL 005/17. [32]

Porcentaje máximo para la caída de tensión

Bajo la norma del ARCONEL – 053/18 para la caída de tensión existen porcentajes aceptables que se lo desglosa de la siguiente manera: [33]

Las tolerancias de variación de voltaje permitidas en función del nivel de voltaje correspondiente. En la categoría de Alto Voltaje, que abarca tanto el Grupo 1 como el Grupo 2, se establece un rango de variación admisible de $\pm 5,0\%$. En el caso de la categoría de Medio Voltaje, se permite una variación dentro del rango de $\pm 6,0\%$. Para el nivel de Bajo Voltaje, se fija un margen de variación admitida de $\pm 8,0\%$.

Cargabilidad de las Líneas y Transformadores

A lo largo de la extensión no se aceptarán sobrecargas que no sean transitorias, en tanto que a lo corto plazo es posible establecer límites sobre las sobrecargas en función de la duración de la condición. Sea lo que fuere, no excederán la temperatura máxima permitida para el equipo con el fin de evitar una disminución en la vida útil. [34]

Para la toma de decisión sobre las necesidades de aumentar la capacidad de transformación, se emplean como medida los grados de calor del equipamiento existente y la condición de que el porcentaje de capacidad que tiene sea del 80% (en la máxima capacidad). [34]

CAPITULO III

3.1 Metodología

3.1.1 Diseño Eléctrico del Edificio Elisabetta

En el momento de realizar el diseño de una eléctrica se tiene que tomar en consideración diferentes normas de diseño para cada sección. Lo primero que se hace es analizar el boceto arquitectónico, que se puede ver en el Anexo 1, para luego ubicar y precisar la cantidad de escapes de electricidad necesarios en el boceto en base a la utilización y el espacio. La representación eléctrica está estandarizada de acuerdo con el NEC-SB-IE [4]. En el Anexo 2 se presenta la disposición eléctrica del establecimiento de Elisabetta.

3.1.2 Demanda Eléctrica

Se refiere a la cantidad de potencia que suministra un consumidor o cliente final. Existen diferentes maneras de expresar la demanda como es kVA, kW, kVAR, ya que es indispensable para indicar en qué medida se lo puede contar. La transformación de la petición en relación con la duración de un trabajo particular genera la forma en que se carga, que se representa con un arco de "Demanda contra tiempo". La petición de electricidad se basa primordialmente en las actividades que se ejecutan diariamente. [12]

Los horarios en que se presenta una demanda mayor son especialmente entre las 7 pm a 10 pm teniendo un factor de carga bajo con respecto a cargas residenciales, mientras que en cargas comerciales es entre las 8 am a 6 pm y las industriales su operación es constante y por lógica tiene un factor de carga alto.

Una vez ubicados los escapes de electricidad dentro del boceto de electricidad que se muestra en el Anexo 2, es necesario precisar la cantidad de personas que viven en el edificio Elisabetta y la totalidad de su carga. Para conseguir estos valores se hace una planilla de carga o una tabla de circuito derivada (general o por panel de distribución), la misma tiene: En el Anexo 2 se incluye el diseño detallado de los circuitos formados, indicando la cantidad de tomas de corriente en cada circuito junto con su respectiva potencia en vatios. Además, se proporciona información sobre la capacidad instalada total, factor de demanda, la demanda máx, los ciclos de conexión, los tipos de cables empleados, las dimensiones de la tubería de conducción y las medidas de protección implementadas. Estos parámetros en conjunto permiten calcular la capacidad de protección tanto de los paneles de distribución como de los conductores que los

abastecen. En la determinación del proceso de los valores obtenidos a través de las tablas de capacidades está detallado en el Anexo 3, y en base a estos resultados se construye la tabla correspondiente a cada sector. Las hojas de cálculo que describen los circuitos derivados y la demanda general se encuentran en el Anexo 4.

3.1.3 Dimensionamiento de la Capacidad de Transformador

La Tabla 1 presenta un resumen conciso de la demanda general del sistema eléctrico en el edificio Elisabetta. El dimensionamiento de la capacidad de un transformador destinado a alimentar estas cargas se basa en la demanda total expresada en kVA [36]. Cuando el consumo se encuentra en el rango entre 30 kW y 90 kW, el proveedor de servicios eléctricos proporciona un suministro monofásico a $13,8 \text{ kV}/\sqrt{3}$ [V], con una capacidad máxima permitida de 100 kVA monofásico [13]. En este caso, el transformador es provisto por el propio consumidor. [4].

DEMANDA GENERAL DEL EDIFICIO ELISABETTA										
TABLERO DE MEDIDORES GENERAL										
DESCRIPCIÓN	CARGA INSTALADA (W)	FASES	FACTOR DEMADA	DEMANDA (KW)	FACTOR POTENCIA	DEMANDA (KVA)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	CONDUCTOR	DISYUNTOR
LOCAL COMERCIAL	26426,50	AB	1	26,43	0,92	28,73	240	119,69	2F #6, N #8, T #10 AWG THHN Cu	150A – 2P
DEPARTAMENTO	15852,50	AB	1	15,85	0,92	17,23	240	71,80	2F #6, N #8, T #10 AWG THHN Cu	100A – 2P
SERVICIOS GENERALES	10530,00	AB	1	10,53	0,92	11,44	241	47,49	2F #6, N #8, T #10 AWG THHN Cu	70A – 2P
CLÍNICA	21270,00	AB	1	21,27	0,92	23,12	242	95,54	2F #6, N #8, T #10 AWG THHN Cu	150A – 2P
BOUTIQUE	11242,00	AB	1	11,24	0,92	12,22	243	50,29	2F #6, N #8, T #10 AWG THHN Cu	70A – 2P
DEPARTAMENTO 2	9842,00	AB	1	9,84	0,92	10,59	244	43,84	2F #6, N #8, T #10 AWG THHN Cu	70A – 2P
SUBTOTAL	95163,00			95,16	0,92	103,33				

POTENCIA INST. [kW]	95,16	
DEMANDA ESTIMADA [kVA]	103,33	
FACTOR _{COINCIDENCIA}	0,80	
DEMANDA [kVA]	82,664	
RESERVA 10%	8,2664	
FACTOR DE POTENCIA	0,92	
DEMANDA TOT. [kVA]	91,03	
DEMANDA TOT. [kW]	83,74	
INTENSIDAD 1F [A] Bt	379,29	
INTENSIDAD 1F [A] Mt	11,42	
BREAKER PRINCIPAL [A]	3P-500 AMP REG	
TRANSFORMADOR MONOFÁSICO [kVA]	100	Pad Mounted 7967/240-120 V tipo radial.
ACOMETIDA (Mt)	1F #2 AWG CU XLPE 100%-15 kV, N#4 AWG-TW	
ALIMENTADOR (Bt)	2(2#4/0 + N#3/0 + T#2) AWG CU THHN	
TUBERIA	4'' Metálica Rígida	
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (Bt)	500:5	

Tabla 1. Planilla General de Demanda de la Electrificación
Fuente: Autora

Es un parámetro estimado que refleja el uso proyectado de las cargas en una instalación eléctrica, el cual se determina de acuerdo con el diseño y las previsiones correspondientes se denomina Factor de coincidencia (Fcoi). Para el cálculo del dimensionamiento del transformador, se asume un valor de 0,80 según lo indicado en la Tabla 2. La demanda calculada en (kVA) para modelo del transformador se incrementa en 10% como elemento de reserva, considerando posibles ampliaciones a futuro con la demanda. [35]

Equipo	Fdiv	Fcoi
Entre transformadores	1.2 – 1.35	0.74 – 0,833
Entre alimentadores primarios	1.08 – 1.2	0.833 – 0.926
Entre subestaciones de distribución	1.05 – 1.25	0.80 – 0.952

Tabla 2. Factor de Coincidencia para Transformadores
Fuente: Autora

La demanda del sistema eléctrico viene dada por la Ecuación 3:

$$\text{Demanda (kVA)} = \text{factor coincidencia} * \text{Demanda Estimada (kVA)}$$

Ecuación 3: Demanda sin reserva del 10% en kVA

Evaluando los parámetros:

$$\text{Demanda (kVA)} = 0,80 * 103,33 = 82,664 \text{ kVA}$$

Se obtiene un valor de demanda 82,664 kVA que multiplicado al 0,1 que es el 10% se obtendrá lo siguiente:

$$\text{Demanda (kVA) Reserva 10\%} = 82,664 * 0,1 = 8,2664 \text{ kVA}$$

$$\text{Demanda Total (kVA)} = \text{Demanda} + \text{Reserva 10\%}$$

Ecuación 4: Demanda total en kVA

$$\text{Demanda Total (kVA)} = 82,664 + 8,2664 = 91,03 \text{ kVA}$$

En la verificación de los parámetros, la suma de la demanda resulta ser un valor de 91,03 kVA. Para la fuerza de 91,03 kVA, escogida por el valor de la demanda total, se utiliza un transformador monofásico padecido tipo radial, del conjunto ECUATRAN, que tiene una fuerza en el primer grado de 7967 V y una capacidad de 100 kVA a 60 Hz. La hoja de datos del panel del catálogo para el transformador se puede ver en el Anexo 5.

La suma de la demanda total en kilovatios del transformador que se puede ver en la Ecuación 5 se logra con la fuerza aparente y el factor de potencia:

$$\text{Demanda}_{(kW)} = S [\text{kVA}] * \cos(\theta)$$

Ecuación 5: Demanda total en kW

Obteniendo el valor de 83,74 kW

$$\text{Demanda (kW)} = 91,03 * 0,92 = 83,74 \text{ kW}$$

3.1.4 Corriente de Baja Tensión

La corriente de baja resistencia del adaptador se puede calcular a partir de la ecuación 6:

$$I_{BT} = \frac{S (\text{KVA}) * 10^3}{V_s (\text{V})}$$

Ecuación 6: Corriente en baja tensión

Evaluando los parámetros:

$$I_{BT} = \frac{91,03 * 10^3}{240} = 379,29 \text{ A}$$

Se obtiene un valor de $I_{BT} = 379,29 \text{ A}$

3.1.5 Protección de Baja Tensión

Para esta defensa su sitio no puede estar más de diez metros (m) lejos de los extremos secundarios del transformador hasta los mostradores de la electricidad, se conforme con el NATSIM. Este instrumento de defensa tendrá una amplitud mayor a la mayor demanda. Este instrumento de protección tendrá una ampacidad que no sea mayor al 125% de la corriente que pasa por los conductores.[11]

$$I_{BT} = 379,29 * 1,25 = 474,11 \text{ A} \approx 474 \text{ A}$$

La seguridad en el lado secundario del transformador ha sido establecida en 500 A, incluyendo la habilidad de regulación en ambos modos, monofásico y trifásico. Esta especificación es acorde al contenido del catálogo "Power circuit breakers and switch-disconnectors direct current from 16 to 4000" [36] detallado en el Anexo 6. Su función principal será la protección de los tableros de distribución principales en distintas zonas, tales como el espacio comercial, las unidades residenciales y la clínica.

3.1.6 Corriente de Media Tensión

La magnitud de la corriente en el nivel de voltaje intermedio del transformador está definida por la Ecuación 7:

$$I_{MT} = \frac{S \text{ (kVA)} * 10^3}{V_p \text{ (V)}}$$

Ecuación 7: Corriente de media tensión

Evalutando los parámetros:

$$I_{MT} = \frac{91,03 * 10^3}{7967} = 11,42 \text{ A}$$

Se obtendrá un valor de $I_{MT} = 11,42 \text{ A}$

3.1.7 Protección de Media Tensión

En el lado de media tensión se tendrá una protección interna del transformador de 10 amperios (A). Según la norma del NATSIM para protección del lado de media tensión del transformador consistirá en una caja de fusibles de 100 amperios 15kV y un pararrayo de 10 kV en cada fase de alimentación, pero para este caso se utilizará un pararrayo de 15 kV lo cual vendrá directamente de la línea monofásica de CNEL de 13,8 kV.

3.1.8 Cálculo y Dimensionamiento de la Acometida en Niveles de Baja y Media Tensión

Los conductores deben ser dimensionados de manera que puedan soportar una corriente de carga que sea al menos un 125% de la corriente máxima prevista, siguiendo las directrices establecidas en la Norma NEC-SB-IE. [25]. En consecuencia, se obtienen los siguientes grados de potencia para precisar la o las personas capaces de soportar la demanda del sistema eléctrico:

$$I_{BT} = 379,29 * 1,25 = 474,11 \text{ A}$$

$$I_{MT} = 11,42 \text{ A} * 1,25 = 14,3 \text{ A}$$

Del lado complementario del transformador habrá 2 conductores por fase de calibre #4/0 THHN, con el fin de equiparar los flujos de corriente y evitar que los conductores se sobrecalienten, para la conexión del neutro, se emplearán dos conductores de calibre #3/0 THHN, además de dos conductores a tierra de calibre #2 THHN. Desde el lado inicial del transformador se nutre con un conductor de calibre # 2 Cu-XLPE, que es un aislante eléctrico, y con un neutro de calibre # 4 AWG-TW.

3.1.9 Cálculo de la Caída de Tensión

Para que el voltaje se encuentre dentro de la franja común, los receptores de energía eléctrica utilizan varias maneras de elegir los calibres de los conductores y de los cables en base a la caída de voltaje. La estimación del cálculo de la caída de voltaje en una línea que trabaja con corriente alterna se realiza conforme a la Ecuación 8[27]. También, se expusieron las cifras de las variables que están atadas a las Ecuaciones 9 y 10.:

$$\Delta V = 2 * I * R * \cos \theta$$

Ecuación 8: Cálculo de Caída de Tensión

$$R = R_{20^{\circ}} * [1 + \alpha (T - 20^{\circ})]$$

Ecuación 9: Resistencia total del conductor

Donde:

α : coeficiente de temperatura, valor constante de [0,00393 1/°C]

$$R_{20^{\circ}} = \rho \frac{L}{S}$$

Ecuación 10: Resistencia del conductor a 20 °C

Donde:

ρ : coeficiente de resistividad eléctrica del cobre [0,01754 Ω /mm²]

L: longitud del circuito desde que empieza la conexión hasta la ubicación de la carga principal [m]

S: sección del conductor en [mm²]

$$\Delta V \% = \frac{\Delta V}{V} * 100$$

Ecuación 11: Caída de tensión en porcentaje

Donde:

ΔV : caída de tensión [V]

V: tensión usada en media o baja tensión

Para el primer caso que se refiere al área del Local Comercial, se muestra el ejemplo de los cálculos respectivos para hallar la caída de tensión. Se tendrá la corriente nominal y la longitud de este, donde se reemplazará los valores correspondientes para obtener la caída de tensión, y así sucesivamente con todas las áreas que se mostrará en la planilla denominada en la Tabla 3:

$$I = 119,69 \text{ A}$$

$$L = 50,93 \text{ m}$$

$$R_{20} = \frac{0,01764 (\Omega/\text{mm}^2) * 50,93\text{m}}{35 \text{ mm}^2} = 0,02567 \Omega$$

$$R = 0,02567 * [1 + 0,00393(40^\circ - 20^\circ)] = 0,02769 \Omega$$

$$\Delta V = 2 * I * R * \cos \theta$$

$$\Delta V = 2 * (119,69) * (0,02769) * 0,92$$

$$\Delta V = 6,10 \text{ V}$$

En porcentaje se tiene:

$$\Delta V \% = \frac{\Delta V}{V} * 100$$

$$\Delta V \% = \frac{6,10}{240} * 100 = 2,54\%$$

Se detalla la caída de tensión de todo el sistema eléctrico del Edificio Elisabetta se encuentra presentada en la Tabla 3:

ESTUDIO DE LA DEMANDA GENERAL DEL EDIFICIO ELISABETTA								
CAIDA DE TENSIÓN								
Medidores	Longitud (m)	Resistencia (Ω)	Cos θ	Caída (V)	% CV	Corriente (A)	VFINAL	Conductor
Local Comercial	50,93	0,02769	0,92	6,10	2,54 %	119,69	240	2F#6, N#8, T#10 AWG Cu THHN
Departamento	32	0,03822	0,92	5,05	2,10 %	71,80	240	2F#6, N#8, T#10 AWG Cu THHN
Servicios Generales	12	0,0383	0,92	3,35	1,39 %	47,49	241	2F#6, N#8, T#10 AWG Cu THHN
Clínica	16	0,01194	0,92	2,10	0,87 %	95,54	242	2F#6, N#8, T#10 AWG Cu THHN
Boutique	36	0,06808	0,92	6,30	2,62 %	50,29	243	2F#6, N#8, T#10 AWG Cu THHN
Departamento 2	22	0,07190	0,92	5,80	2,42 %	43,84	244	2F#6, N#8, T#10 AWG Cu THHN
Media tensión	33,80	0,42879	0,92	9,01	0,11 %	11,42	7967	1F#2-15kV Cu – XLPE 100%, T#4 THHN
Baja tensión	7	0,000555	0,92	0,39	0,16 %	379,29	240	2F#4/0, N#3/0, T#2 AWG Cu THHN

Tabla 3. Planilla Caída de Tensión del Sistema Eléctrico

Fuente: Autora

Con los parámetros que el software de computadora Digsilent brindó para la dureza de cada conductor en base al tamaño, cantidad de corriente que tiene cada carga, y la longitud que tiene el conductor, es posible obtener la caída de voltaje en una red monofásica. Para el suministrador principal el cual se encuentra en el primer lado del transformador se tiene la caída de corriente, y se analizan los parámetros:

I: 11,42 A

R: 0,42879 Ω

$$\Delta V = 2 * I * R * \cos \theta$$

$$\Delta V = 2 * (11,42) * (0,42879) * 0,92$$

$$\Delta V = 9,01 \text{ V}$$

Para calcular la magnitud de la caída de voltaje en porcentaje, se hace una comparación de esta con las tensiones en uso, sea esta alta o baja.

$$\Delta V\% = \frac{9,01}{7967} * 100\%$$

$$\Delta V = 0,11 \%$$

En base a la resolución en cuestión se creó la tabla 8, en la que se puede ver la magnitud se proporciona en la tabla el registro de la caída de voltaje individual para cada conductor, asegurando que no exceda los límites del 8% y 6% para baja y media tensión. Y de manera simultánea se corroboraron dentro del programa informático Digsilent.

3.1.10 Medición en Baja Tensión

La medida en baja tensión se realizará directamente mediante medidores auto-contenidos de tipo socket e indirectamente utilizando transformadores de corriente rigiéndose con las normas de la NEC-SB-IE [25] y del NATSIM [11]. Para la evaluación del CT's se lo realizó mediante el cálculo de la corriente en baja tensión, que implica la potencia en kVA y voltaje que sale del secundario del transformador, la selección de estos se da por medio de los cuadros estandarizados por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

Para un valor medido del 125% de la corriente, se calcula y da como resultado 474 A, lo que motivó la elección de un transformador de corriente estandarizado según las pautas de la IEEE[37] que presenta una relación de transformación de 500:5 para cada fase, tal como se muestra en la Tabla 4.

Typical Current Ratings (A) ²				
Double ratio with taps in secondary winding	Double ratio with series-parallel primary windings	Single ratio		
25/50:5	25 * 50:5	1 500:5	150:05:00	5:05
50/100:5	50 * 100:5	1 600:5	200:05:00	10:05
100/200:5	100 * 200:5	2 000:5	250:05:00	15:05
200/400:5	200 * 400:5	2 500:5	300:05:00	20:05
300/600:5	400 * 800:5	3 000:5	400:05:00	25:05:00
400/800:5	500 * 1 000:5	4 000:5	500:05:00	30:05:00
500/1 000:5	600 * 1 200:5	5 000:5	600:05:00	40:05:00
600/1 200:5	1 000 * 2 000:5	6 000:5	750:05:00	50:05:00
1 000/2 000:5	2 000 * 4 000:5	8 000:5	800:05:00	60:05:00
1 500/3 000:5		10 000:5	1 000:5	75:05:00
2 000/4 000:5		12 000:5	1 200:5	100:05:00

Tabla 4. Rango para CT's con uno o dos radios

Fuente: Autora

3.1.11 Esquema Unifilar del Edificio Elisabetta

El boceto unifilar que se puede hallar en el Anexo 7, dará cuenta del sistema en el cual se exhibe de manera visual los diferentes componentes y sus respectivas relaciones que conforman el sistema eléctrico del edificio Elisabetta además de ver la Figura 13.

3.1.12 Simulación del Sistema Eléctrico del Edificio Elisabetta en el software computacional Digsilent.

La simulación del sistema eléctrico del edificio Elisabetta en el software computacional Digsilent constituye una fase crucial en el proceso de diseño y análisis. Esta simulación se basa en la información detallada proporcionada, la cual abarca desde la demanda general de las cargas instaladas hasta los aspectos críticos de protección y caída de tensión. Al llevar a cabo

esta simulación, se logra una comprensión más profunda y precisa del comportamiento del sistema eléctrico en diversas condiciones operativas.

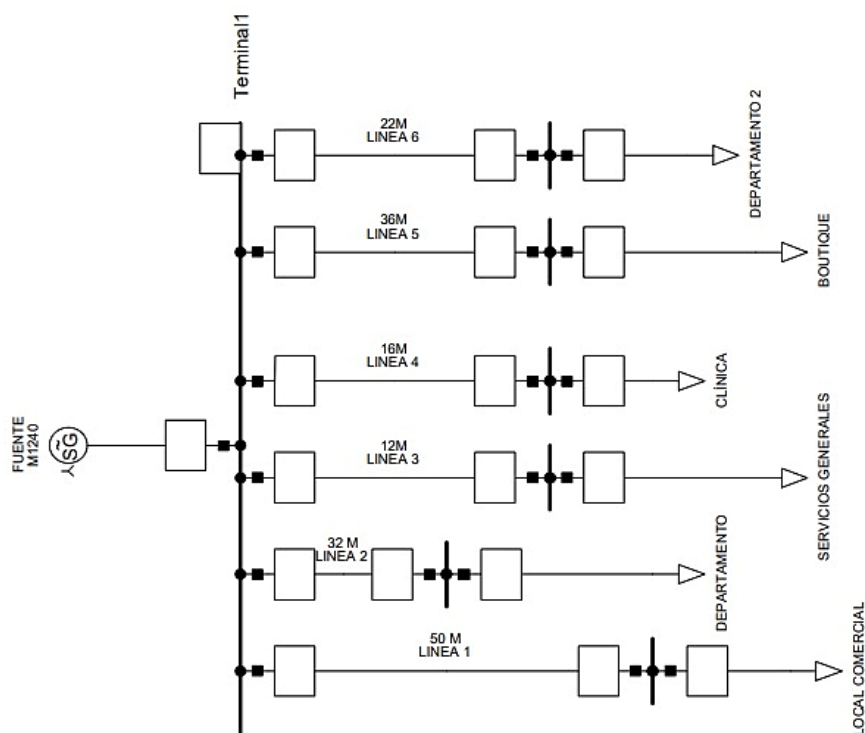


Figura 13: Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico del Edificio Elisabetta
Fuente: Autora

En la representación gráfica proporcionada en la Figura 14, se destaca claramente el factor de potencia obtenido a través de la simulación en el software Digsilent, que registra un valor de 0.92. Además, la suma total de corrientes en el sistema eléctrico es de 0.395 kA. Al examinar detenidamente los resultados en diferentes áreas del edificio Elisabetta, se revela una distribución específica de corrientes.

En el área identificada como "Local Comercial", se registra una corriente de 0.072 kA, lo que refleja la demanda eléctrica de ese espacio. Por otro lado, en el segmento designado como "Departamento", la corriente medida se eleva a 0.124 kA, indicando una mayor demanda en comparación con el "Local Comercial". En el sector de "Servicios Generales", la corriente es de 0.048 kA, lo que refleja la carga asociada con esta área.

La "Clínica" del edificio Elisabetta muestra una corriente de 0.056 kA, lo que sugiere un nivel de demanda significativo en ese espacio. Similarmente, en la sección de la "Boutique", se

observa una corriente de 0.051 kA, señalando un consumo eléctrico particular en esa área. Por último, en el "Departamento 2", se identifica una corriente de 0.044 kA.

Este análisis de las corrientes eléctricas en diferentes secciones del edificio resulta esencial para comprender la distribución y el consumo de energía en cada área. La evaluación simultánea del factor de potencia permite una visión más completa de la eficiencia y el rendimiento del sistema eléctrico en el contexto del edificio Elisabetta.

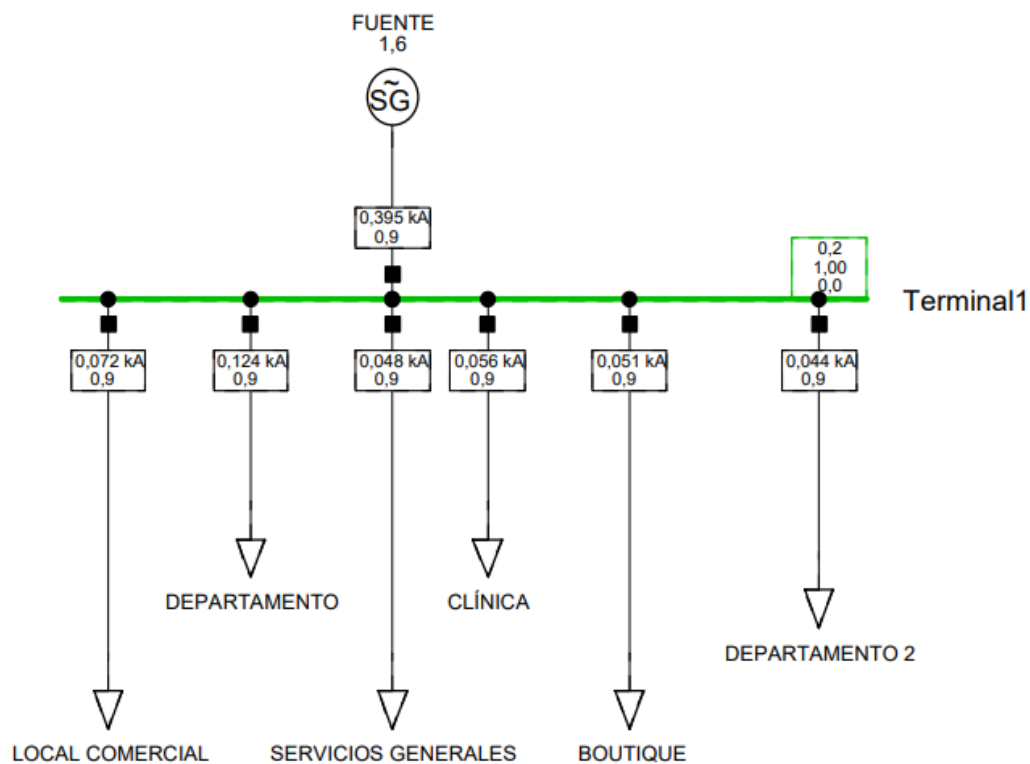


Figura 14: Simulación del Sistema Eléctrico del Edificio Elisabetta

Fuente: Autora

CAPITULO IV

4.1 Análisis de Resultados

Tras llevar a cabo un análisis minucioso de los resultados derivados del proceso de dimensionamiento de la capacidad del transformador en el contexto del sistema eléctrico implementado en el edificio Elisabetta, se halla provisto de una perspectiva detallada de este proceso crítico en el campo del diseño eléctrico.

El informe resumido de la demanda global en el sistema eléctrico provee una exposición exhaustiva de las cargas que han sido instaladas en la infraestructura edilicia. Detallando aspectos como la potencia, las fases, el factor de demanda, la demanda en kilovatios (kW) y la demanda en kilo voltamperios (kVA), se logra trazar una panorámica clara de la demanda total que emana de todas las áreas. Este análisis constituye un componente esencial en el cálculo de la capacidad indispensable del transformador.

La consideración de un rango de consumo que abarca desde los 30 kW hasta los 90 kW recibe respaldo de la empresa que distribuye la energía, la cual abastece un nivel de voltaje monofásico de $13800 \text{ V}/\sqrt{3}$. Es digno de mención que se ha estipulado una capacidad máxima del transformador de 100 kVA monofásico. Este enfoque garantiza una provisión de energía que se amolda a los requerimientos, evitando excesos superfluos y asegurando la ininterrupción operativa.

La fórmula que da sustento al cálculo de la demanda, y que incorpora tanto el factor de coincidencia como la reserva del 10%, aporta un método riguroso para la obtención de la demanda total expresada en kVA. Dicha metodología considera tanto las proyecciones de uso futuro como la variabilidad de las cargas a lo largo del tiempo, lo cual conduce a una planificación más precisa y sostenible.

La elección de un transformador monofásico Pad Mounted con una capacidad de 100 kVA es el resultado de una evaluación robusta de las demandas inherentes al sistema. Además, no debe pasarse por alto que la inclusión de la ficha técnica del catálogo del transformador en el Anexo 5 confiere un apoyo adicional a la elección realizada.

La caída de tensión, una variable crítica en el proceso de diseño eléctrico debido a su impacto en la calidad del suministro energético ha sido objeto de un tratamiento minucioso. La tabla detallada que mapea la caída de tensión en el sistema eléctrico del edificio Elisabetta permite

un análisis preciso de este factor. Fórmulas y parámetros asociados a la resistencia, la longitud y el coseno del ángulo de fase se emplean para el cálculo de las caídas de tensión en distintos puntos del sistema. El hecho de que las caídas de tensión en baja y media tensión se ajusten a los límites permitidos da fe de un diseño coherente y rigurosamente ejecutado.

En lo que concierne a las medidas de protección en baja y media tensión, se adhiere a las normativas estipuladas en el NEC-SB-IE y el código NATSIM. La elección de los transformadores de corriente (CT) se efectúa en consonancia con los cálculos de corriente nominal, y la selección de un transformador con relación 500:5 recibe respaldo por parte de los estándares de la IEEE. El aseguramiento adecuado de las corrientes en baja y media tensión garantiza la integridad y el rendimiento eficiente del sistema.

La aportación fundamental del diagrama unifilar contenido en el Anexo 7 radica en su utilidad para visualizar y entender la disposición y las conexiones de los componentes del sistema eléctrico. Este diagrama presenta una representación gráfica nítida y organizada de la interacción entre los elementos y la distribución de la energía en el edificio Elisabetta.

En conjunto, la evaluación de los resultados concernientes al dimensionamiento de la capacidad del transformador y aspectos concomitantes brinda una perspectiva integral del diseño eléctrico. Los cálculos rigurosos, la adhesión a las normativas, la selección precisa de los componentes y la consideración de aspectos críticos como la caída de tensión, respaldan un enfoque técnico y metodológico sólido que garantiza la eficiencia, la seguridad y la confiabilidad del sistema eléctrico en el edificio.

CONCLUSIONES

Se calculó la demanda total del edificio Elisabetta, en que se hace énfasis en la importancia destacable al dimensionamiento adecuado en relación con los componentes eléctricos y otros dispositivos que conforman el equipamiento de la edificación en cuestión. La cautelosamente valorada demanda total se trata de una pieza fundamental para conseguir un equilibrio óptimo entre la cantidad de trabajo y la capacidad de los dispositivos, evitando así mismo el sobredimensionamiento, que implicaría un uso ineficaz de los recursos, y el subdimensionamiento, que resultaría en fracasos y sobre estiramientos. Esta noción se estima como un elemento fundamental para promover la eficiencia y preservar la honestidad del sistema eléctrico involucrado.

Se realizó el Diseño Eléctrico de acuerdo con el cumplimiento normativo que emerge como una premisa ineludible en el proceso del mismo. La concepción y estructuración de la edificación bajo los cánones y regulaciones vigentes en términos constructivos y eléctricos adquiere una connotación primordial. Al adherirse a estos estándares, se asegura no solo la seguridad operativa, sino también la confiabilidad y eficiencia del sistema. En este contexto, la prevención de riesgos eléctricos y la adaptación fluida al marco normativo resultan ser componentes intrínsecos de una estrategia de diseño responsable y sostenible.

En última instancia se simuló por medio del software Digsilent, la validez y funcionalidad del diseño que adquiere relevancia máxima en la simulación, que, mediante el uso de herramientas avanzadas como PowerFactory – Digsilent, despliega un panorama proactivo y prospectivo del desempeño del sistema en diversas situaciones de carga. Esta metodología otorga la oportunidad de identificar inconvenientes potenciales y afinar los detalles del diseño antes de su concreción. En consecuencia, se puede argumentar que la simulación se postula como un recurso esencial para la optimización continua y la garantía de un rendimiento acorde a las expectativas establecidas.

En un plano más pragmático, la optimización de recursos adquiere una trascendencia innegable. La meticulosa determinación de la demanda eléctrica y su correspondiente traslado a un diseño adecuado concilian la eficiencia energética con una inversión económica sensata. La elección certera de componentes y la disposición racional de los mismos garantizan no solo una administración eficaz de la energía, sino también una distribución equitativa de los recursos financieros, evitando gastos excesivos y redundantes.

RECOMENDACIONES

La asociación fuerte con expertos en electricidad y especialistas en legislaciones del lugar es fundamental para estar en sintonía con los estándares. La combinación de conocimientos técnico-científicos y normativos garantizará una ejecución sin errores y una disposición consistente con las mejores prácticas. La idea de un sistema de electricidad debe complementar una visión de futuro. Diseñar con flexibilidad y una escala de tiempo en mente, facilitará una adaptación efectiva a las necesidades cambiantes, evitando costosos retrabajos y maximizando la inversión.

Antes de traducir el diseño en la realidad, se insta a realizar simulaciones integrales a través de plataformas como PowerFactory – Digsilent. La evaluación bajo distintas condiciones de carga permitirá detectar y corregir problemas potenciales antes de que afecten la operatividad del sistema. Mantener una documentación detallada de todos los pasos, cálculos, diseños y simulaciones efectuadas durante el proceso resulta fundamental, ya que permitirá tener una buena base para que más adelante no haya ningún tipo de interrupción para una futura expansión. Que además se rige como un componente clave para el cumplimiento de las disposiciones reglamentarias.

En las condiciones en las que los especialistas en mantenimiento y operación del sistema no tengan familiaridad con el diseño, se aconseja dar instrucción específica y entendimientos, dado que, al suscitarse un incremento de cargas, se recomienda una inspección en conductores y protecciones que en proyecciones futuras alimentarán el dicho incremento. El objetivo es evitar que las líneas se sobrecarguen y provoquen una caída de voltaje. Esto garantizará una administración segura y correcta del sistema eléctrico, minimizando los posibles riesgos. Considerando la evolución constante de las normativas y tecnologías, se recomienda contemplar revisiones regulares del diseño para garantizar su concordancia con los estándares y prácticas más recientes. Esta actualización continua se perfila como un factor clave para mantener la eficacia y relevancia del sistema a lo largo del tiempo.

REFERENCIAS

- [1] “Geoportal CNEL EP.” <https://geoportal.cnelep.gob.ec/cnel/> (accessed Jun. 19, 2023).
- [2] F. De Ingenierías, D. Andrés, and M. Bocca, “Levantamiento de las instalaciones eléctricas para baja y media tensión y reingeniería del sistema eléctrico del Hospital León Becerra de la ciudad de Guayaquil,” 2011, Accessed: May 20, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1713>
- [3] C. De and I. Eléctrica, “Diseño eléctrico en bajo voltaje para una edificación considerando análisis de distintos escenarios constructivos,” 2023, Accessed: May 20, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24633>
- [4] “Manual para la instalación de la acometida y sistema de medición - CNEL EP.” <https://www.cnelep.gob.ec/manual-para-la-instalacion-de-la-acometida-y-sistema-de-medicion/> (accessed Jun. 19, 2023).
- [5] J. M. Redondo Gallardo and Mariano. Domínguez Herranz, “Electrotecnia,” p. 234, 2000, doi: 10.0/CSS/ALL.MIN.D74D1A5D029B.CSS.
- [6] O. D. Montoya, A. Garcés Ruiz, and W. J. Gil González, “Compensación de potencia reactiva en sistemas de distribución: un enfoque formal basado en optimización matemática”, doi: 10.0/CSS/ALL.MIN.D74D1A5D029B.CSS.
- [7] J. E. C. BECERRA. JAVIER GUERRERO SEDENO, “Análisis de circuitos eléctricos: estado estable”, doi: 10.0/CSS/ALL.MIN.D74D1A5D029B.CSS.
- [8] J. Antonio. Yebra Morón, “Sistemas eléctricos de distribución,” 2009, doi: 10.0/CSS/ALL.MIN.D74D1A5D029B.CSS.
- [9] J. Dolores and J. Cervantes, “Sistemas de distribución de energía eléctrica,” *Exploraciones, intercambios y relaciones entre el diseño y la tecnología*, pp. 57–79, 1995, doi: 10.16/CSS/JQUERY.DATATABLES.MIN.CSS.
- [10] A. Gómez *et al.*, “Análisis y operación de sistemas de energía eléctrica”.
- [11] “Natsim 2012.” <https://es.slideshare.net/albertama/natsim-2012-13326343> (accessed Jun. 20, 2023).

- [12] S. R. Castaño, “Redes de Distribución de Energía,” 2004.
- [13] T. Gonen, “Ingeniería de sistemas de transmisión de energía eléctrica: análisis y diseño,” 2011, Accessed: Jun. 28, 2023. [Online]. Available: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=M5XLBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=G%C3%B6nen,+Turan&ots=JjUkFpyPJ8&sig=Pr6zIVpIkeGqd7nLOy85GJYbfHw>
- [14] J. T. MONTECELOS, “Desarrollo de redes eléctricas y centros de transformación,” 2013, Accessed: Jun. 28, 2023. [Online]. Available: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=TfdEr2pd-SUC&oi=fnd&pg=PA9&dq=desarrollo+de+redes+electricas+y+centros+de+transformacion&ots=P4_gkregoQ&sig=yrdBHpY9e6RnT93cdYoVOHnZO7I
- [15] T. A. (Tom A.) Short, “Electric power distribution handbook,” p. 850.
- [16] “Archivo técnico y Catálogo digital - Transformadores Ecuador | INATRA.” <https://inatra.com/archivotec-catalogodig/> (accessed Jun. 05, 2023).
- [17] E. F. González González, J. A. Morante Benavides, and W. F. Vicuña Terán, “Estudio de un sistema de distribución y acometidas en baja tensión.” 2015, Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10236>
- [18] “Transformadores de Distribución | Ecuatran.” https://www.ecuatran.com/portafolio_category/distribucion/ (accessed Jun. 30, 2023).
- [19] C. Romero, “Diseño de Subestaciones Electricas - Jose Raul Martín.” Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: https://www.academia.edu/27315372/Dise%C3%B1o_de_Subestaciones_Electricas_Jose_Raul_Mart%C3%ADn
- [20] " Diseño, Y. C. De, U. N. Módulo, P. Protección, and I. R. Santana, “Diseño de un módulo para protección diferencial de transformadores.” 2015, Accessed: Jun. 30, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10655>
- [21] S. Guayaquil, X. Andrés, and B. Puente, “Prueba de inyección de corriente secundaria a los relés de protecciones de los módulos de sistemas eléctricos de potencia utilizando la

- Omicron CMC 356,” 2020, Accessed: Jul. 01, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19568>
- [22] C. De and I. Eléctrica, “Diseño eléctrico en bajo voltaje para una edificación considerando análisis de distintos escenarios constructivos,” 2023, Accessed: Jul. 01, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24633>
- [23] L. R. Román Loaiza, “Proyecto y diseño de instalaciones en media y baja tensión para un edificio,” 2016, Accessed: Jul. 01, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/5410>
- [24] J. C. Pugo León, “Estudio de iluminación natural y artificial en la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.,” 2019, Accessed: Jul. 01, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17316>
- [25] “Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) – MIDUVI – Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.” <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/> (accessed May 20, 2023).
- [26] N. Beatriz.-D. J. Colocho López and M. T. . Paula Andrea.-Guzmán Álvarez, “Manual básico de sistemas de aire acondicionado y extracción mecánica de uso común en arquitectura.”
- [27] “Sesion 9.2 Calculos Electricos Caida de Tension | PDF | Resistencia Eléctrica y Conductancia | Corriente eléctrica.” <https://es.scribd.com/document/463432140/sesion-9-2-calculos-electricos-caida-de-tension#> (accessed Jul. 31, 2023).
- [28] A. X. Cooper Florencia, “Implementación de tres bancos de condensadores para el mejoramiento del factor de potencia en la fábrica Plásticos Ecuatorianos S.A.,” Mar. 2020, Accessed: Jul. 03, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/14296>
- [29] A. Y. Propuesta D Eléctricas De La Universidad Polité, P. Reyes José Julian Flores Bernal Andrés Mauricio, and F. Bernal Andrés Mauricio, “Auditoría y propuesta de mejora a las instalaciones eléctricas de la universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.,” 2015, Accessed: Jul. 04, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10280>

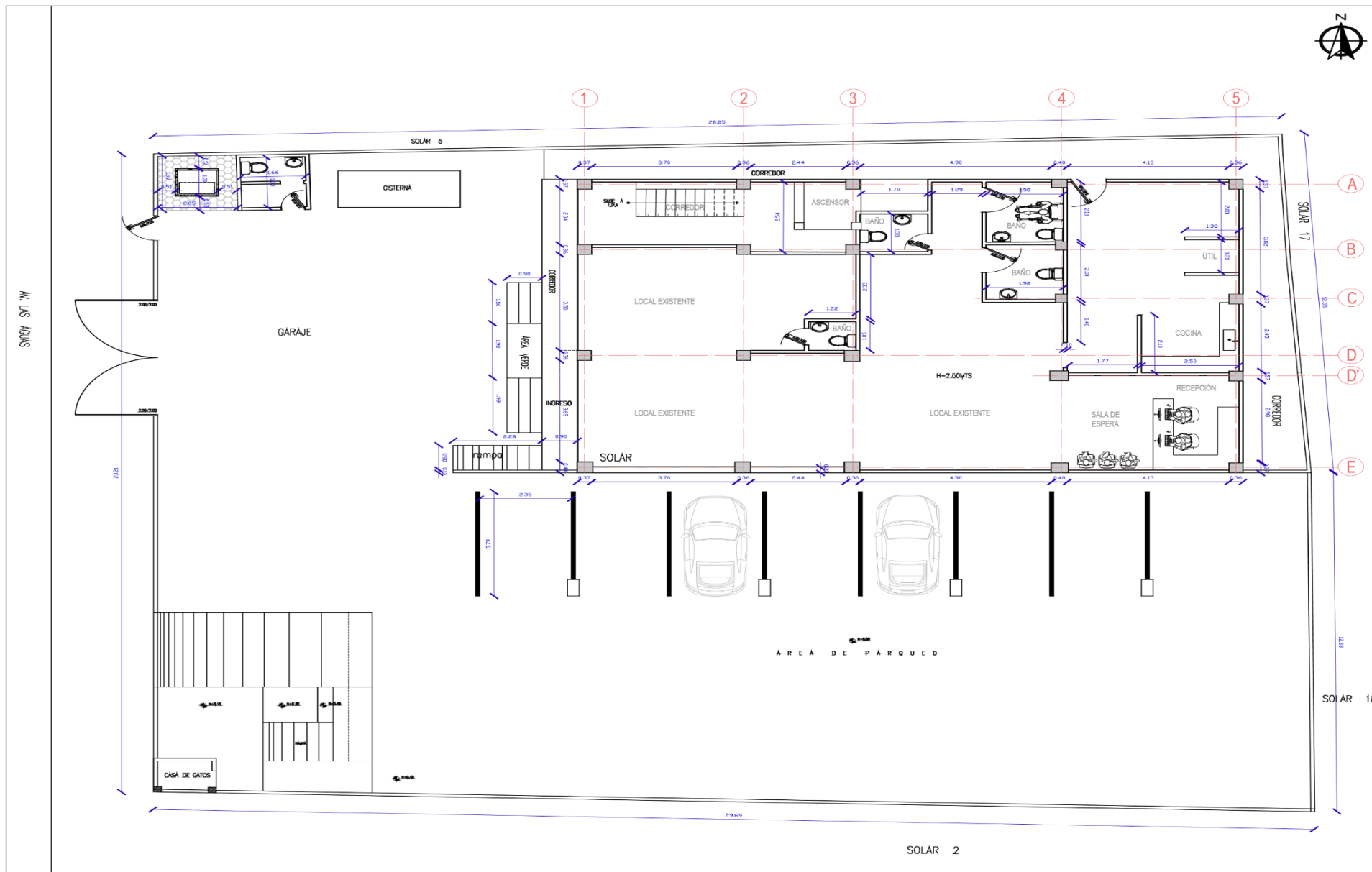
- [30] Q. -Ecuador and P. Edición, “INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN CÓDIGO DE PRÁCTICA ECUATORIANO CPE INEN 19:2001 CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL”.
- [31] “Norma europea sobre la iluminación para interiores”.
- [32] “Regulación Nro. ARCONEL 005/17 | Ecuador - Guía Oficial de Trámites y Servicios.” <https://www.gob.ec/regulaciones/regulacion-nro-arconel-00517> (accessed Jul. 06, 2023).
- [33] “Resolución Nro. ARCONEL-053/18. REGULACIÓN No. ARCONEL 053/18 EL DIRECTORIO DE LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD ARCONEL.” <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/regulaciones/> (accessed Jul. 07, 2023).
- [34] “Plan Maestro de Electricidad – Ministerio de Energía y Minas.” <https://www.recursosyenergia.gob.ec/plan-maestro-de-electricidad/> (accessed Jul. 08, 2023).
- [35] José Daniel Acosta Moreno, “Guía Metodológica: Cálculo de transformadores y cuadros de carga ,” *EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN*, Sep. 2019.
- [36] “LV438268 - Interruptor automático NSX500F DC - TM-DC - 500 A - 3P | Schneider Electric España.” <https://www.se.com/es/es/product/LV438268/interruptor-autom%C3%A1tico-nsx500f-dc-tmdc-500-a-3p/> (accessed Aug. 01, 2023).
- [37] “IEEE SA - IEEE C57.13-1993.” <https://standards.ieee.org/ieee/C57.13/2734/> (accessed Aug. 22, 2023).

PRESUPUESTO

A	Denominación	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (US\$)	Costo Total (US\$)
RECURSOS MATERIALES					
1	EQUIPOS DE COMPUTACIÓN (LAPTOP MARCA DELL Core i5, IMPRESORA EPSON L350)	2	U	\$ 1200 Laptop \$200 Impresora	\$ 1400
2	TRANSPORTE Y MOVILIZACIÓN	1	U	\$ 500	\$ 500
3	MATERIALES DE OFICINA (PLUMAS, HOJAS BOND, PERFORADORA, GRAPADORA, ETC.)	1	U	\$ 20	\$ 20
12% del sub-Total				Sub Total	\$ 1714
				IVA 12%	\$ 206
				Total (A)	\$ 1920

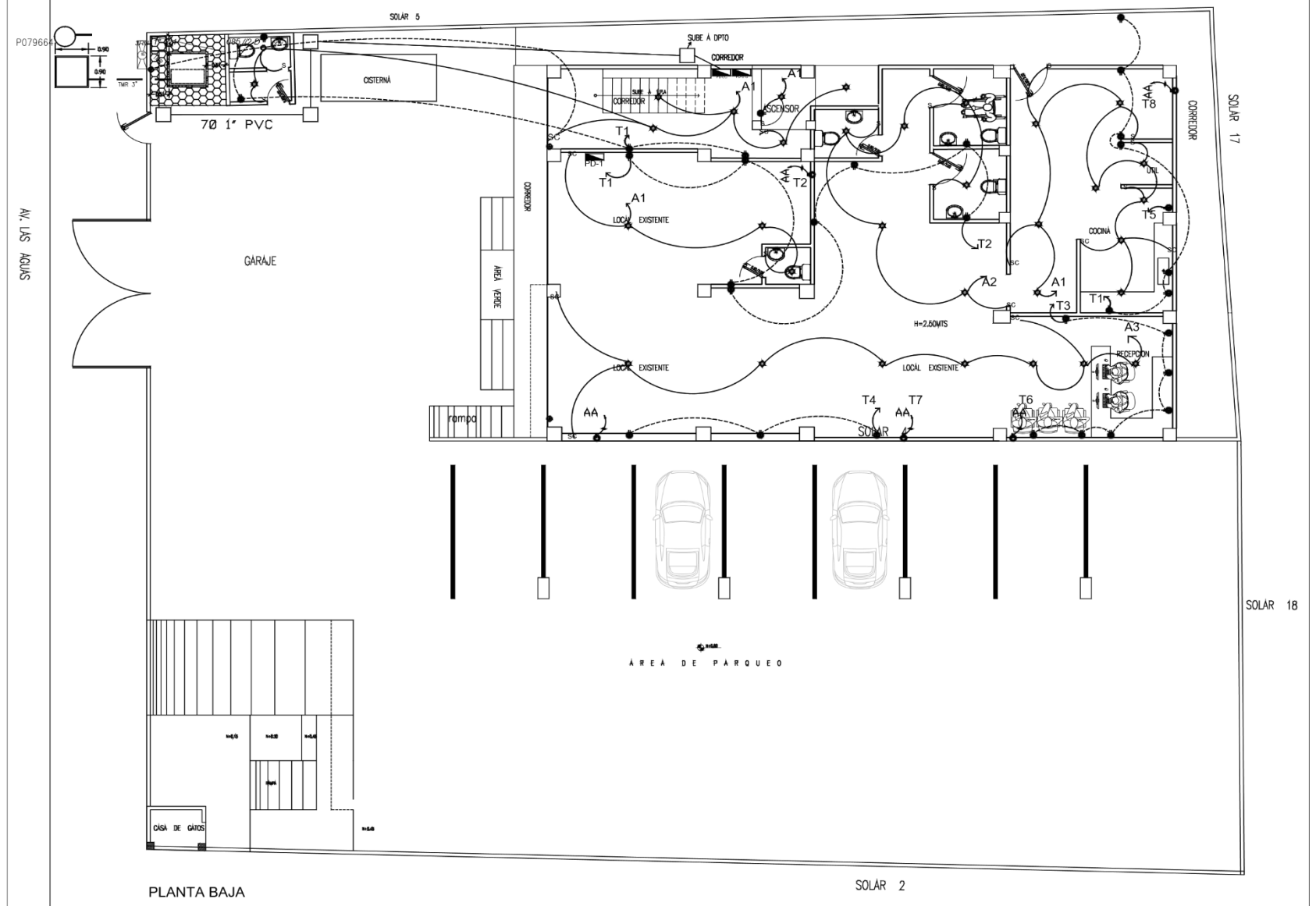
ANEXOS

Anexo 1: Plano Arquitectónico



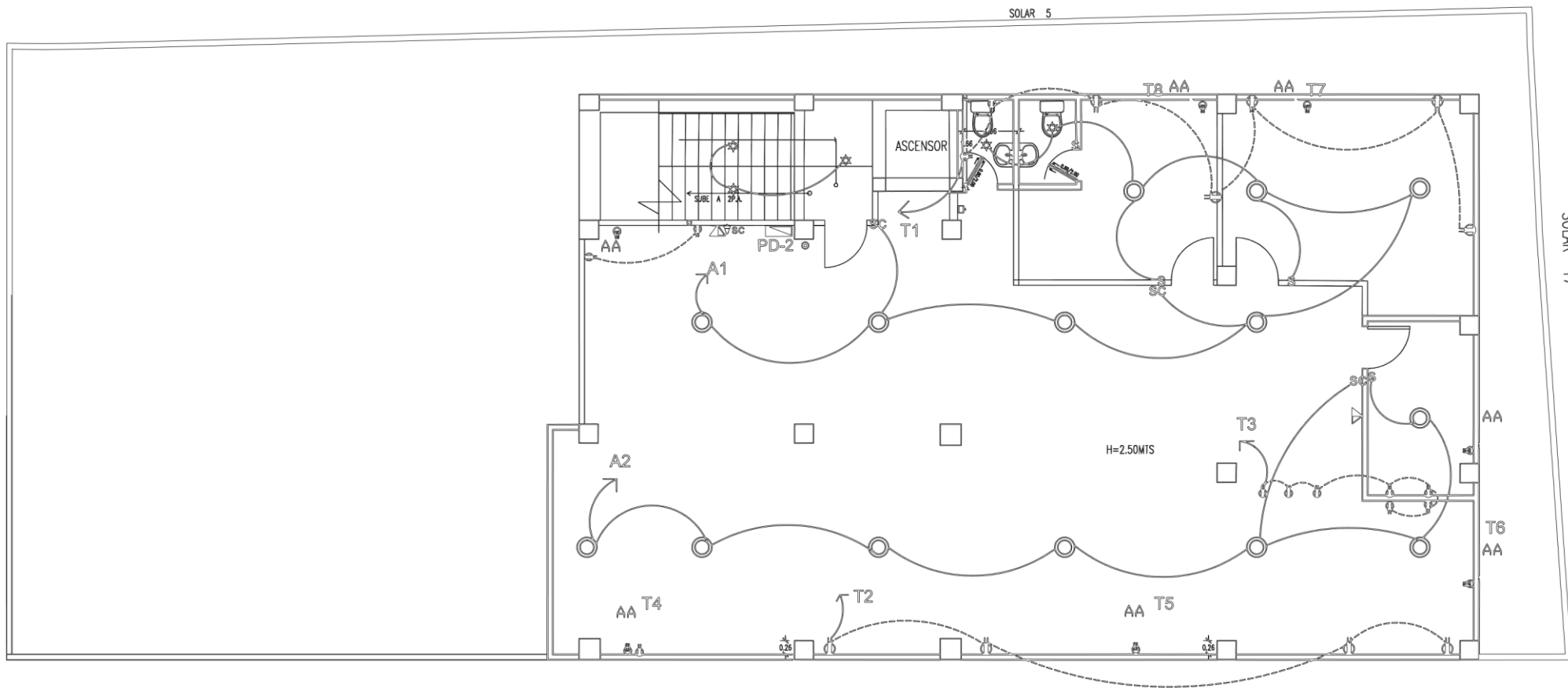


Anexo 2: Diseño Eléctrico del Edificio Elisabetta

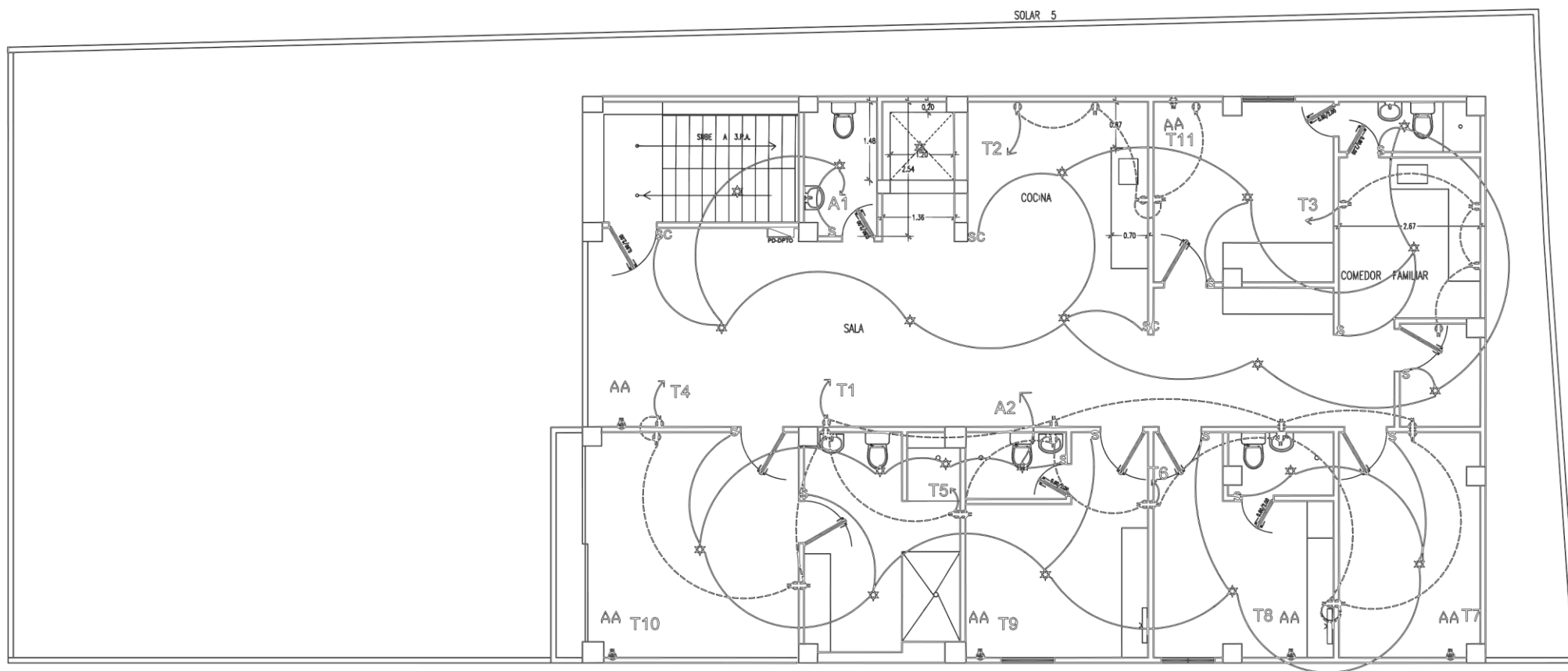


PLANTA BAJA

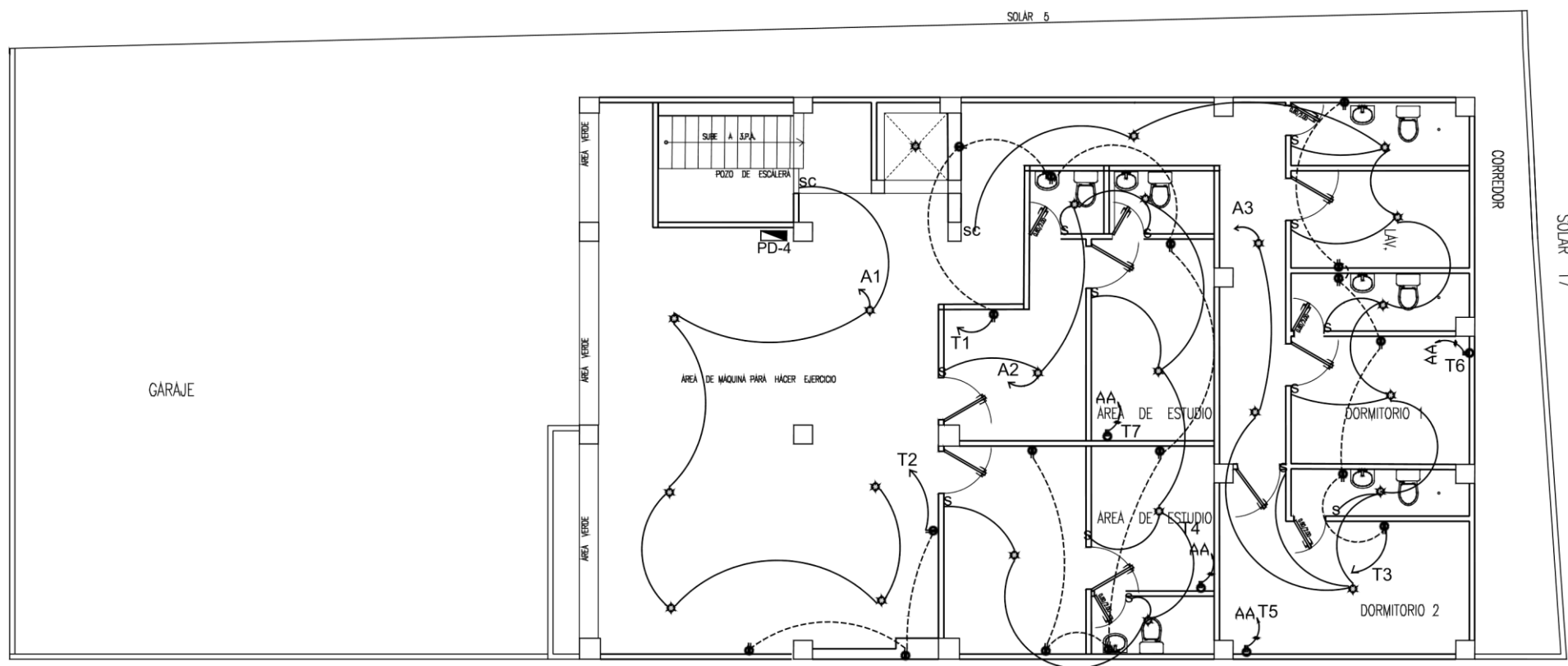
SOLAR 2



PRIMER PISO



SEGUNDO PISO



TERCER PISO

Anexo 3: Resolución de Planillas

La derivación de circuitos está diseñada según las especificaciones en la Norma Ecuatoriana de la Construcción para Instalaciones Eléctricas [25]. La corriente máxima para alimentar una carga en circuitos de alumbrado es de 15 amperios y que no sea mayor a 15 puntos de conexión, con respecto a la conexión de tomacorrientes será con un máximo de 10 conexiones a una capacidad de 20 amperios. Por último, para alimentaciones especiales se arma el circuito de manera individual resistiendo al valor nominal de la carga de dicho equipo.

La capacidad instalada total especificada en la Ecuación 12, resulta de la adición de potencias nominales de cada componente [25]. Por lo cual, la Ecuación 13 demuestra la potencia nominal de cada circuito:

$$\text{Potencia total instalada (kW)} = P1 + P2 + P3 + P4 + \dots + Pn$$

Ecuación 12: Potencia total instalada

$$P_{\text{Instalada}} \text{ (kW)} = \frac{N^{\circ} \text{ puntos} * \text{Potencia}}{1000}$$

Ecuación 13: Potencia Instalada de cada circuito

Circuito A1, A4

Puntos: 6

Vatios por punto: 100

$$\text{Potencia Instalada (kW)} = \frac{6 * 100}{1000} = 0,6 \text{ kW}$$

Circuito A2

Puntos: 4

Vatios por punto: 100

$$\text{Potencia Instalada (kW)} = \frac{4 * 100}{1000} = 0,4 \text{ kW}$$

Circuito A3

Puntos: 11

Vatios por punto: 100

$$\text{Potencia Instalada (kW)} = \frac{11 * 100}{1000} = 1,1 \text{ kW}$$

Circuito T2, T7

Puntos: 5

Vatios por punto: 200

$$\text{Potencia Instalada (kW)} = \frac{5 * 200}{1000} = 1 \text{ kW}$$

Circuito T3

Puntos: 4

Vatios por punto: 200

$$\text{Potencia Instalada (kW)} = \frac{4 * 200}{1000} = 0,8 \text{ kW}$$

Circuito T4

Puntos: 6

Vatios por punto: 200

$$\text{Potencia Instalada (kW)} = \frac{6 * 200}{1000} = 1,2 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia instalada total (kW)} = 0,6 + 0,6 + 0,4 + 1,1 + 1 + 1 + 0,8 + 1,2$$

$$\text{Potencia instalada total (kW)} = 6,7 \text{ kW}$$

La razón entre la máxima demanda y la capacidad instalada se denomina factor de demanda (fd) establecido para los circuitos bajo la Norma Ecuatoriana de la Construcción para Instalaciones Eléctricas [25]. Por lo general, se describe por la vida útil estimada de la carga en un tiempo determinado, siendo su valor 1 o menor a él. En la Ecuación 14 se muestra la fórmula en la cual se representa la demanda máxima:

$$\text{Demanda máx (kW)} = \text{Fd} * \text{Potencia instalada (kW)}$$

Ecuación 14: Demanda máxima

Circuito A1, A4

$$\text{Demanda máx} = 0,8 * 0,6 = 0,48 \text{ [kW]}$$

Circuito A2

$$\text{Demanda máx} = 0,8 * 0,4 = 0,32 \text{ [kW]}$$

Circuito A3

$$\text{Demanda máx} = 0,8 * 1,1 = 0,88 \text{ [kW]}$$

Circuito T2, T7

$$\text{Demanda máx} = 0,8 * 1 = 0,8 \text{ [kW]}$$

Circuito T3

$$\text{Demanda máx} = 0,8 * 0,8 = 0,64 \text{ [kW]}$$

Circuito T4

$$\text{Demanda máx} = 0,8 * 1,2 = 0,96 \text{ [kW]}$$

Máxima demanda total (kW)= 0,48 + 0,48 + 0,32 + 0,88 + 0,8 + 0,8 + 0,64 + 0,96

Máxima demanda total (kW)= 5,36 [kW]

El sistema eléctrico está clasificado en 0,92 fp (factor de potencia) por lo cual estará permitido por la empresa que distribuye la energía eléctrica [32]. Al usar este valor en cada circuito, da como resultado la capacidad instalada total (kVA), con respecto al texto Análisis y Operación del Sistema de Energía Eléctrica [10]. Se tiene en la Ecuación 15 la representación del factor de potencia:

$$\cos \theta = Fp$$

Ecuación 15: Factor de Potencia

$$\cos \theta = \frac{P \text{ (kW)}}{S \text{ (kVA)}}$$

$$\text{Demanda} = \frac{P \text{ (kW)}}{Fp}$$

Circuito A1, A4

$$\text{Demanda} = \frac{0,48}{0,92} = 0,521 \text{ [kVA]}$$

Circuito A2

$$\text{Demanda} = \frac{0,32}{0,92} = 0,347 \text{ [kVA]}$$

Circuito A3

$$\text{Demanda} = \frac{0,88}{0,92} = 0,956 \text{ [kVA]}$$

Circuito T2, T7

$$\text{Demanda} = \frac{0,8}{0,92} = 0,869 \text{ [kVA]}$$

Circuito T3

$$\text{Demanda} = \frac{0,64}{0,92} = 0,695 \text{ [kVA]}$$

Circuito T4

$$\text{Demanda} = \frac{0,96}{0,92} = 1,043 \text{ [kVA]}$$

Demanda total (kVA) = 0,521 + 0,521 + 0,347 + 0,956 + 0,869 + 0,869 + 0,695 + 1,043

Demanda total (kVA) = 5,821 [kVA]

Para evitar el sobrecalentamiento de los conductores y garantizar fases uniformes, los circuitos se distribuyen correctamente. Es crucial determinar el tamaño apropiado de los conductores eléctricos considerando las pérdidas mínimas y su capacidad de desempeño en respuesta a las demandas del sistema eléctrico. Según las directrices NEC-SB-IE [25], los conductores deben diseñarse para una resistencia de hasta el 125% de carga máxima. Se utilizará un mínimo del 125% de la corriente de cada conductor para degradar las protecciones de los circuitos derivados [4].

La corriente de carga para servicio monofásico viene dada por la Ecuación 16:

$$I = \frac{P(\text{kW}) * 10^3}{V(\text{V}) * 0,92} * 1,25$$

Ecuación 16: Corriente para servicio monofásico

Circuito A1, A4

$$I = \frac{0,48 * 10^3}{120 * 0,92} * 1,25 = 5,43 \text{ [A]}$$

Circuito A2

$$I = \frac{0,32 * 10^3}{120 * 0,92} * 1,25 = 3,62 \text{ [A]}$$

Circuito A3

$$I = \frac{0,88 * 10^3}{120 * 0,92} * 1,25 = 9,96 \text{ [A]}$$

Circuito T2, T7

$$I = \frac{0,8 * 10^3}{120 * 0,92} * 1,25 = 9,05 \text{ [A]}$$

Circuito T3

$$I = \frac{0,64 * 10^3}{120 * 0,92} * 1,25 = 7,24 \text{ [A]}$$

Circuito T4

$$I = \frac{0,96 * 10^3}{120 * 0,92} * 1,25 = 10,86 \text{ [A]}$$

Para acomodar en su interior los cables requeridos, es importante que los ductos tengan el diámetro adecuado a las secciones de sus conductores, y su total no debe exceder el 40% del área de la sección interna [25]. Para proteger los tableros de reparto se utilizan las demandas aparentes totales para determinar el alcance de toda la corriente y el tamaño de los cables que

servirán de conexión para alimentar el tablero. A la salida del contador se ubicará el disyuntor o protección principal [4].

$$S = \text{Voltaje [V]} * \text{Corriente [A]}$$

$$I_{\text{Amp}} = \frac{S \text{ (kVA)} * 10^3}{V(V)} * 1,25$$

$$\text{Demanda total (kVA)} = 5,821 \text{ [kVA]}$$

$$I = \frac{5,821 * 10^3}{120} * 1,25 = 60,63 \text{ [A]}$$

El Manual de la Corporación Nacional Eléctrica del Ecuador (CNEL EP) [4] proporciona orientación sobre la selección de un medidor autónomo para baja tensión y consumidores que requieren protección de 70 A a 175 A. Asimismo, los medidores autónomos de bloque de terminales y enchufes clase 100 se utilizan para mediciones de carga con protección inferior a 70 A. Si la protección es superior a 175 A y superior, medida a partir de 1000 A, se utilizarán contadores eléctricos de clase 20 con CT's [11].

Anexo 4: Planillas de Carga del Edificio Elisabetta

DEMANDA GENERAL DEL EDIFICIO ELISABETTA										
TABLERO DE MEDIDORES GENERAL										
DESCRIPCIÓN	CARGA INSTALADA (W)	FASES	FACTOR DEMADA	DEMANDA (KW)	FACTOR POTENCIA	DEMANDA (KVA)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	CONDUCTOR	DISYUNTOR
LOCAL COMERCIAL	26426,50	AB	1	26,43	0,92	28,73	240	119,69	2F #6, N #8, T #10 AWG THHN Cu	150A – 2P
DEPARTAMENTO	15852,50	AB	1	15,85	0,92	17,23	240	71,80	2F #6, N #8, T #10 AWG THHN Cu	100A – 2P
SERVICIOS GENERALES	10530,00	AB	1	10,53	0,92	11,44	241	47,49	2F #6, N #8, T #10 AWG THHN Cu	70A – 2P
CLÍNICA	21270,00	AB	1	21,27	0,92	23,12	242	95,54	2F #6, N #8, T #10 AWG THHN Cu	150A – 2P
BOUTIQUE	11242,00	AB	1	11,24	0,92	12,22	243	50,29	2F #6, N #8, T #10 AWG THHN Cu	70A – 2P
DEPARTAMENTO 2	9842,00	AB	1	9,84	0,92	10,59	244	43,84	2F #6, N #8, T #10 AWG THHN Cu	70A – 2P
SUBTOTAL	95163,00			95,16	0,92	103,33				

POTENCIA INST. [kW]	95,16	
DEMANDA ESTIMADA [kVA]	103,33	
FACTOR _{COINCIDENCIA}	0,80	
DEMANDA [kVA]	82,664	
RESERVA 10%	8,2664	
FACTOR DE POTENCIA	0,92	
DEMANDA TOT. [kVA]	91,03	
DEMANDA TOT. [kW]	83,74	
INTENSIDAD 1F [A] Bt	379,29	
INTENSIDAD 1F [A] Mt	11,42	
BREAKER PRINCIPAL [A]	3P-500 AMP REG	
TRANSFORMADOR MONOFÁSICO [kVA]	100	Pad Mounted 7967/240-120 V tipo radial.
ACOMETIDA [Mt]	1F #2 AWG-CU-XLPE 100%-15 KV + N#4 AWG-TW	
ALIMENTADOR PRINCIPAL (Bt)	2(2#4/0 + N#3/0 + T#2) AWG CU THHN	
TUBERIA	4'' Metálica Rígida	
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE [Bt]	500:5	

LOCAL COMERCIAL												
PANEL DE DISTRIBUCIÓN	NOMBRE DEL CIRCUITO	SERVICIO	VOLTAJE	PUNTOS	POTENCIA PUNTO(W)	FACTOR DEMANDA	POTENCIA TOTAL (W)	AMP	ALIMENTADOR	AISLAMIENTO	TUBERÍA	PROTECCIÓN
LOCAL COMERCIAL 240V 2 FASES	SG	SERVICIOS GENERALES	240	1	1620,00	1	1620	7,34	1#12+N#12+T#1 4	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	PD-1	PANEL DE DISTRIBUCION 1	240	1	10950,00	1	10950	49,59	1#12+N#12+T#1 5	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	PD-2	PANEL DE DISTRIBUCION 2	240	1	8520,00	1	8520	38,59	1#12+N#12+T#1 4	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	ASC	ASCENSOR	240	1	10000	1	10000	45,29	1#12+N#12+T#1 4	THHN	1/2" EMT	1P-20A

POTENCIA TOTAL INSTALADA (W)	31090,00	I NOMINAL (AMP)	119,69
FACTOR COINCIDENCIA	0,85	I NOMINAL +25% PROTECCIÓN (AMP)	149,61
POTENCIA DEMANDADA (W)	26426,50	I BREAKER (AMP)	2P-150A
		ACOMETIDA	2#1/0+N#2+T# 4
POTENCIA TOTAL DEMANDADA (VA)	28724,46	TUBERIA	12" EMT
		MEDIDOR	1F CL-200

PD-SERVICIOS GENERALES												
PANEL DE DISTRIBUCIÓN	NOMBRE DEL CIRCUITO	SERVICIO	VOLTAJE	PUNTOS	POTENCIA PUNTO(W)	FACTOR DEMANDA	POTENCIA TOTAL (W)	AMP	ALIMENTADOR	AISLAMIENTO	TUBERÍA	PROTECCIÓN
SERV. GENERALES 240V 2 FASES	A1	LUMINARIA	120	10	100	0,8	800	7,25	1#12+N#12+T#1 4	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A2	LUMINARIA	120	3	100	0,8	240	2,17	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T1	TOMACORRIENTES GENERALES	120	4	400	0,7	1120	10,14	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A

POTENCIA TOTAL INSTALADA (W)	2160,00	I NOMINAL (AMP)	7,34
FACTOR COINCIDENCIA	0,75	I NOMINAL +25% PROTECCIÓN (AMP)	9,17
POTENCIA DEMANDADA (W)	1620,00	I BREAKER (AMP)	2P-30A
		ACOMETIDA	2#8+N#10 +T#12
POTENCIA TOTAL DEMANDADA (VA)	1760,87	TUBERIA	1/2" EMT

PD-1												
PANEL DE DISTRIBUCIÓN	NOMBRE DEL CIRCUITO	SERVICIO	VOLTAJE	PUNTOS	POTENCIA PUNTO(W)	FACTOR DEMANDA	POTENCIA TOTAL (W)	AMP	ALIMENTADOR	AISLAMIENTO	TUBERÍA	PROTECCIÓN
PD 1 240V 2 FASES	A1	LUMINARIA	120	9	100	0,8	720	6,52	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	1P-20ª
	A2	LUMINARIA	120	6	100	0,8	480	4,35	1#12+N#12+T#15	THHN	½" EMT	1P-20ª
	A3	LUMINARIA	120	7	100	0,8	560	5,07	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	1P-20ª
	A4	LUMINARIA	120	3	100	0,8	240	2,17	1#12+N#12+T#15	THHN	½" EMT	1P-20ª
	T1	TOMACORRIENTES GENERALES	120	7	400	0,7	1960	17,75	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	1P-20ª
	T2	TOMACORRIENTES GENERALES	120	6	400	0,7	1680	15,22	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	1P-20ª
	T3	TOMACORRIENTES GENERALES	120	7	400	0,7	1960	17,75	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	1P-20ª
	T4	TOMACORRIENTES GENERALES	120	3	400	0,7	840	7,61	1#12+N#12+T#15	THHN	½" EMT	1P-20ª
	T5	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	2P-20ª
	T6	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#15	THHN	½" EMT	2P-20ª

T7	AIRE ACONDICIONADO 18 KBTU	240	1	1800	0,8	1440	6,52	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	2P-20"
T8	AIRE ACONDICIONADO 18 KBTU	240	1	1800	0,8	1440	6,52	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	2P-20"
T9	TOMACORRIENTES GENERALES	120	4	400	0,7	1120	10,14	1#12+N#12+T#15	THHN	½" EMT	1P-20"
T10	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	2P-20"

POTENCIA TOTAL INSTALADA (W)	14600,00	I NOMINAL (AMP)	49,59
FACTOR COINCIDENCIA	0,75	I NOMINAL +25% PROTECCIÓN (AMP)	61,99
POTENCIA DEMANDADA (W)	10950,00	I BREAKER (AMP)	2P-70"
		ACOMETIDA	2#4+N#6+T#8
POTENCIA TOTAL DEMANDADA (VA)	11902,17	TUBERÍA	1 ½" EMT

PD-2												
PANEL DE DISTRIBUCIÓN	NOMBRE DEL CIRCUITO	SERVICIO	VOLTAJE	PUNTOS	POTENCIA PUNTO(W)	FACTOR DEMANDA	POTENCIA TOTAL (W)	AMP	ALIMENTADOR	AISLAMIENTO	TUBERÍA	PROTECCIÓN
PD 2 240V 2 FASES	A1	LUMINARIA	120	9	100	0,8	720	6,52	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	1P-20"
	A2	LUMINARIA	120	7	100	0,8	560	5,07	1#12+N#12+T#15	THHN	½" EMT	1P-20"
	T1	TOMACORRIENTES GENERALES	120	7	400	0,7	1960	17,75	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	1P-20"
	T2	TOMACORRIENTES GENERALES	120	4	400	0,7	1120	10,14	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	1P-20"
	T3	TOMACORRIENTES GENERALES	120	7	400	0,7	1960	17,75	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	1P-20"
	T4	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	2P-20"
	T5	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	2P-20"
	T6	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#15	THHN	½" EMT	2P-20"
	T7	AIRE ACONDICIONADO 18 KBTU	240	1	1800	0,8	1440	6,52	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	2P-20"
T8	AIRE ACONDICIONADO 18 KBTU	240	1	1800	0,8	1440	6,52	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	2P-20"	
POTENCIA TOTAL INSTALADA (W)							11360,00		I NOMINAL (AMP)		38,59	
FACTOR COINCIDENCIA							0,75		I NOMINAL +25% PROTECCIÓN (AMP)		48,23	
POTENCIA DEMANDADA (W)							8520,00		I BREAKER (AMP)		2P-70"	
									ACOMETIDA		2#4+N#6+T#8	
POTENCIA TOTAL DEMANDADA (VA)							9260,87		TUBERÍA		1 ½" EMT	

DEPARTAMENTO												
PANEL DE DISTRIBUCIÓN	NOMBRE DEL CIRCUITO	SERVICIO	VOLTAJE	PUNTOS	POTENCIA PUNTO(W)	FACTOR DEMANDA	POTENCIA TOTAL (W)	AMP	ALIMENTADOR	AISLAMIENTO	TUBERÍA	PROTECCIÓN
PD-3 240V 2 FASES	A1	LUMINARIA	120	10	100	0,8	800	7,25	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	1P-20"
	A2	LUMINARIA	120	9	100	0,8	720	6,52	1#12+N#12+T#15	THHN	½" EMT	1P-20"
	T1	TOMACORRIENTES GENERALES	120	4	200	0,7	560	5,07	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	1P-20"
	T2	TOMACORRIENTES GENERALES	120	5	200	0,7	700	6,34	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	1P-20"
	T3	TOMACORRIENTES GENERALES	120	4	200	0,7	560	5,07	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	1P-20"
	T4	TOMACORRIENTES GENERALES	120	3	200	0,7	420	3,80	1#12+N#12+T#15	THHN	½" EMT	1P-20"
	T5	TOMACORRIENTES GENERALES	120	3	200	0,7	420	3,80	1#12+N#12+T#15	THHN	½" EMT	1P-20"
	T6	TOMACORRIENTES GENERALES	120	5	200	0,7	700	6,34	1#12+N#12+T#15	THHN	½" EMT	1P-20"
	T7	AIRE ACONDICIONADO 18 KBTU	240	1	1800	0,8	1440	6,52	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	2P-20"
T8	AIRE ACONDICIONADO 18 KBTU	240	1	1800	0,8	1440	6,52	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	2P-20"	
T9	AIRE ACONDICIONADO 18 KBTU	240	1	1800	0,8	1440	6,52	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	2P-20"	

T10	AIRE ACONDICIONADO 18 KBTU	240	1	1800	0,8	1440	6,52	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	2P-20"
T11	AIRE ACONDICIONADO 18 KBTU	240	1	1800	0,8	1440	6,52	1#12+N#12+T#14	THHN	½" EMT	2P-20"
PD-3	PANEL DISTRIBUCIÓN 3	240	1	7300,00	0,9	6570,00	29,76	2#6+N#8+T#12	THHN	1" EMT	2P-50"

POTENCIA TOTAL INSTALADA (W)	18650,00	INOMINAL (AMP)	71,80
FACTOR COINCIDENCIA	0,85	INOMINAL +25% PROTECCIÓN (AMP)	89,74
POTENCIA DEMANDADA (W)	15852,50	BREAKER (AMP)	2P-100"
		ACOMETIDA	2#4+N#6+T#8
POTENCIA TOTAL DEMANDADA (VA)	17230,98	TUBERIA	2" EMT
		MEDIDOR	1F CL-200

PD-3												
PANEL DE DISTRIBUCIÓN	NOMBRE DEL CIRCUITO	SERVICIO	VOLTAJE	PUNTOS	POTENCIA PUNTO(W)	FACTOR DEMANDA	POTENCIA TOTAL (W)	AMP	ALIMENTADOR	AISLAMIENTO	TUBERÍA	PROTECCIÓN
PD-3 240V 2 FASES	A1	LUMINARIA	120	6	100	0,8	480	4,35	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A2	LUMINARIA	120	7	100	0,8	560	5,07	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A3	LUMINARIA	120	9	100	0,8	720	6,52	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T1	TOMACORRIENTES GENERALES	120	8	200	0,7	1120	10,14	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T2	TOMACORRIENTES GENERALES	120	4	200	0,7	560	5,07	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T3	TOMACORRIENTES GENERALES	120	7	200	0,7	980	8,88	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T4	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A
	T5	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A
	T6	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	2P-20A
	T7	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A

POTENCIA TOTAL INSTALADA (W)	7300,00	INOMINAL (AMP)	29,76
FACTOR COINCIDENCIA	0,9	INOMINAL +25% PROTECCIÓN (AMP)	37,19
POTENCIA DEMANDADA (W)	6570,00	BREAKER (AMP)	2P-50A
		ACOMETIDA	2#6+N#8+T#12
POTENCIA TOTAL DEMANDADA (VA)	7141,30	TUBERIA	1" EMT

SERVICIOS GENERALES												
PANEL DE DISTRIBUCIÓN	NOMBRE DEL CIRCUITO	SERVICIO	VOLTAJE	PUNTOS	POTENCIA PUNTO(W)	FACTOR DEMANDA	POTENCIA TOTAL (W)	AMP	ALIMENTADOR	AISLAMIENTO	TUBERÍA	PROTECCIÓN
SERV. GENERALES 240V 2 FASES	A1	LUMINARIA	120	11	100	0,8	880	7,97	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A2	LUMINARIA	120	22	100	0,8	1760	15,94	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T1	TOMACORRIENTES GENERALES	120	6	200	0,7	840	7,61	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T2	TOMACORRIENTES GENERALES	120	4	200	0,7	560	5,07	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T3	ASCENSOR	240	1	10000	1	10000	45,29	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A

POTENCIA TOTAL INSTALADA (W)	14040,00	INOMINAL (AMP)	47,69
FACTOR COINCIDENCIA	0,75	INOMINAL +25% PROTECCIÓN (AMP)	59,61
POTENCIA DEMANDADA (W)	10530,00	BREAKER (AMP)	2P-70A
		ACOMETIDA	2#4+N#6+T#8
POTENCIA TOTAL DEMANDADA (VA)	11445,65	TUBERIA	1 1/2" EMT
		MEDIDOR	1F CL-100

CLINICA												
PANEL DE DISTRIBUCIÓN	NOMBRE DEL CIRCUITO	SERVICIO	VOLTAJE	PUNTOS	POTENCIA PUNTO(W)	FACTOR DEMANDA	POTENCIA TOTAL (W)	AMP	ALIMENTADOR	AISLAMIENTO	TUBERÍA	PROTECCIÓN
CLINICA 240V 2 FASES	A1	LUMINARIA	120	11	100	0.8	880	7.97	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A2	LUMINARIA	120	22	100	0.8	1760	15.94	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A3	LUMINARIA	120	22	100	0.8	1760	15.94	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A4	LUMINARIA	120	22	100	0.8	1760	15.94	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A5	LUMINARIA	120	22	100	0.8	1760	15.94	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T1	TOMACORRIENTES GENERALES	120	3	200	0.7	420	3.80	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T2	TOMACORRIENTES GENERALES	120	6	200	1	1200	10.87	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T3	TOMACORRIENTES GENERALES	120	6	200	0.7	840	7.61	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T4	TOMACORRIENTES GENERALES	120	6	200	1	1200	10.87	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T5	TOMACORRIENTES GENERALES	120	6	200	0.7	840	7.61	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T6	TOMACORRIENTES GENERALES	120	6	200	1	1200	10.87	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T7	TOMACORRIENTES GENERALES	120	6	200	0.7	840	7.61	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T8	TOMACORRIENTES GENERALES	120	5	200	1	1000	9.06	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T9	TOMACORRIENTES GENERALES	120	5	200	0.7	700	6.34	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T10	TOMACORRIENTES GENERALES	120	7	200	1	1400	12.68	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T11	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0.8	720	3.26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A
	T12	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0.8	720	3.26	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	2P-20A
	T13	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0.8	720	3.26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A
	T14	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0.8	720	3.26	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	2P-20A
	T15	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0.8	720	3.26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A
	T16	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0.8	720	3.26	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	2P-20A
	T17	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0.8	720	3.26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A
	T18	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0.8	720	3.26	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	2P-20A
	T19	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0.8	720	3.26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A
	T20	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0.8	720	3.26	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	2P-20A
T21	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0.8	720	3.26	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	2P-20A	
T22	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0.8	720	3.26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A	
T23	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0.8	720	3.26	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	2P-20A	
T24	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0.8	720	3.26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A	
T25	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0.8	720	3.26	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	2P-20A	

POTENCIA TOTAL INSTALADA (W)	28360,00	NOMINAL (AMP)	96,33
FACTOR COINCIDENCIA	0,75	NOMINAL +25% PROTECCIÓN (AMP)	120,41
POTENCIA DEMANDADA (W)	21270,00	BREAKER (AMP)	2P-150A
		ACOMETIDA	2#1/0+N#2+T#6
POTENCIA TOTAL DEMANDADA (VA)	23119,57	TUBERIA	2" EMT
		MEDIDOR	1F CL-200

PANEL DE DISTRIBUCIÓN	BOUTIQUE						POTENCIA TOTAL (W)	AMP	ALIMENTADOR	AISLAMIENTO	TUBERÍA	PROTECCIÓN
	NOMBRE DEL CIRCUITO	SERVICIO	VOLTAJE	PUNTOS	POTENCIA PUNTO(W)	FACTOR DEMANDA						
BOUTIQUE 240V 2 FASES	A1	LUMINARIA	120	6	100	0,8	480	4,35	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A2	LUMINARIA	120	4	100	0,8	320	2,90	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A3	LUMINARIA	120	11	100	0,8	880	7,97	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A4	LUMINARIA	120	6	100	0,8	480	4,35	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A5	LUMINARIA	120	8	100	0,8	640	5,80	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A6	LUMINARIA	120	6	100	0,8	480	4,35	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T1	TOMACORRIENTES GENERALES	120	2	200	0,7	280	2,54	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T2	TOMACORRIENTES GENERALES	120	5	200	1	1000	9,06	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T3	TOMACORRIENTES GENERALES	120	4	200	0,7	560	5,07	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T4	TOMACORRIENTES GENERALES	120	6	200	1	1200	10,87	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T5	TOMACORRIENTES GENERALES	120	4	200	0,7	560	5,07	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T6	TOMACORRIENTES GENERALES	120	4	200	1	800	7,25	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T7	TOMACORRIENTES GENERALES	120	5	200	0,7	700	6,34	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T8	TOMACORRIENTES GENERALES	120	6	200	1	1200	10,87	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T9	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A
	T10	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	2P-20A
	T11	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A
T12	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	2P-20A	
T13	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A	
T14	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	2P-20A	
T15	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A	
T16	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	2P-20A	
T17	AIRE ACONDICIONADO 9 KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A	

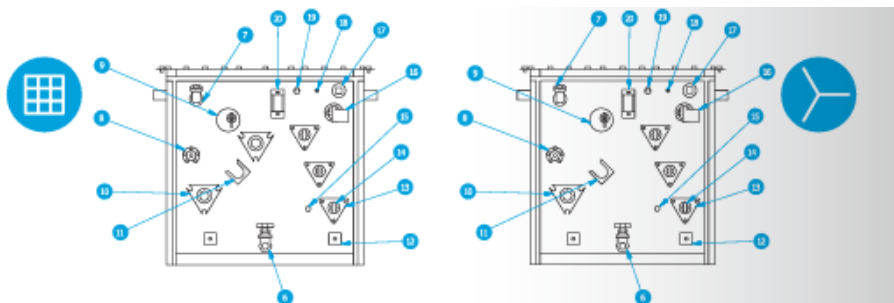
POTENCIA TOTAL INSTALADA (W)	16060,00	I NOMINAL (AMP)	50,91
FACTOR COINCIDENCIA	0,7	I NOMINAL +25% PROTECCIÓN (AMP)	63,64
POTENCIA DEMANDADA (W)	11242,00	I BREAKER (AMP)	2P-70A
		ACOMETIDA	2#4+N#6-T#8
POTENCIA TOTAL DEMANDADA (VA)	12219,57	TUBERIA	1 1/2" EMT
		MEDIDOR	1F CL-100

DEPARTAMENTO												
PANEL DE DISTRIBUCIÓN	NOMBRE DEL CIRCUITO	SERVICIO	VOLTAJE	PUNTOS	POTENCIA PUNTO(W)	FACTOR DEMANDA	POTENCIA TOTAL(W)	AMP	ALIMENTADOR	AISLAMIENTO	TUBERÍA	PROTECCIÓN
DEPARTAMENTO 240V 2 FASES	A1	LUMINARIA	120	11	100	0,8	880	7,97	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A2	LUMINARIA	120	7	100	0,8	560	5,07	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A3	LUMINARIA	120	7	100	0,8	560	5,07	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A4	LUMINARIA	120	8	100	0,8	640	5,80	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	A5	LUMINARIA	120	10	100	0,8	800	7,25	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T1	TOMACORRIENTES GENERALES	120	5	200	0,7	700	6,34	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T2	TOMACORRIENTES GENERALES	120	5	200	1	1000	9,06	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T3	TOMACORRIENTES GENERALES	120	6	200	0,7	840	7,61	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T4	TOMACORRIENTES GENERALES	120	8	200	1	1600	14,49	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T5	TOMACORRIENTES GENERALES	120	7	200	0,7	980	8,88	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T6	TOMACORRIENTES GENERALES	120	6	200	1	1200	10,87	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T7	TOMACORRIENTES GENERALES	120	5	200	0,7	700	6,34	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	1P-20A
	T8	AIRE ACONDICIONADO 9KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A
	T9	AIRE ACONDICIONADO 9KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A
T10	AIRE ACONDICIONADO 9KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	2P-20A	
T11	AIRE ACONDICIONADO 9KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#14	THHN	1/2" EMT	2P-20A	
T12	AIRE ACONDICIONADO 9KBTU	240	1	900	0,8	720	3,26	1#12+N#12+T#15	THHN	1/2" EMT	2P-20A	

POTENCIA TOTAL INSTALADA (W)	14060,00		INOMINAL (AMP)	44,57
FACTOR COINCIDENCIA	0,7		INOMINAL +25% PROTECCIÓN (AMP)	55,72
POTENCIA DEMANDADA (W)	9842,00		BREAKER (AMP)	2P-70A
			ACOMETIDA	2#4+N#6+T#8
POTENCIA TOTAL DEMANDADA (VA)	10697,83		TUBERIA	1 1/2" EMT
			MEDIDOR	1F CL-100

Anexo 5: Catálogo del Transformador

Transformador Pedestal Monofásico



ITEM	CANTIDAD (MALLA)	CANTIDAD (RADIAL)	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	1	1	Cubo	Acero al carbono
2	1	1	Tapa emperrada	Acero al carbono
3	1	1	Armarío basculante	Acero al carbono
4	4	4	Soportes de izado	Acero al carbono
5	1	1	Base basculante	Acero al carbono
6	1	1	Válvula de drenaje	Sin toma de muestras
7	1	1	Porta fusibles	Bay-o-net
8	1	1	Cambiador derivaciones	Sin carga
9	1	1	Seccionador	(Opcional)
10	2	1	Bushing de media tensión	Tipo pozo
11	1	1	Soporte de parqueo	Acero al carbono
12	2	2	Platina conectar a tierra	Acero inoxidable
13	3	3	Bushing de baja tensión	Tipo pad
14	3	3	Paleta de conexión de BT	(Opcional)
15	1	1	Tuerca de atornillamiento de BT	Acero al carbono
16	1	1	Breaker sumergido en aceite	(Opcional)
17	1	1	Tapón de llenado	Acero al carbono
18	1	1	Tuerca para válvula de nitrógeno	Sin válvula incluida
19	1	1	Válvula de sobrepresión	Neumática
20	1	1	Visor de nivel de aceite	Mirilla

- * El transformador a partir de 75 KVA posee un radiador posterior para enfriamiento.
- ** Este accesorio es a pedido del cliente en el caso del tipo Radial. Además se dispone de seccionador de 4 pos.
- ‡ Accesorios adicionales como bushing insert, elbow conector, etc, serán pedido

Anexo 6: Catálogo de Conductores

CONDUCTORES DE COBRE

THHN

Conductor de cobre para 600 V. aislado con policloruro de vinilo (PVC) 90°C, y chaqueta de poliamida (nylon), resistente a la humedad, calor elevado, aceite y gasolina.

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Espesor de Chaqueta (mm)	Diámetro Externo Aprox (mm)	Peso total Aprox. (kg / km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos					
FORMACIÓN SÓLIDO Y CABLEADO CONCÉNTRICO							
14	2,08	1	0,38	0,10	2,59	22,56	25
12	3,31	1	0,38	0,10	3,01	34,32	30
10	5,261	1	0,51	0,10	3,81	54,74	40
8	8,367	1	0,76	0,13	5,04	89,55	55
8	8,367	7	0,76	0,13	5,48	94,93	55
6	13,3	7	0,76	0,13	6,44	144,57	75
4	21,15	7	1,02	0,15	8,22	231,68	95

CONDUCTORES DE COBRE

TW

Conductor de cobre para 600 V. aislado con policloruro de vinilo (PVC) 60°C resistente a la humedad.

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox (mm)	Peso total Aprox. (kg / km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos				
FORMACIÓN SÓLIDO Y CABLEADO CONCÉNTRICO						
14	2,08	1	0,76	3,15	26,30	15
12	3,31	1	0,76	3,57	38,62	20
10	5,261	1	0,76	4,11	57,72	30
8	8,367	1	1,14	5,54	95,99	40
8	8,367	7	1,14	5,98	101,89	40
6	13,3	7	1,52	7,70	164,63	55
4	21,15	7	1,52	8,92	245,90	70

Anexo 7: Diagrama Unifilar

