



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA

TEMA:

“Cálculo y diseño de una instalación eléctrica en baja tensión para edificio aplicando electrobarras.”

AUTOR:

Medina Rivera, Eric Hernán

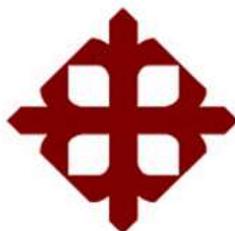
Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de

**INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL.**

TUTOR:

Vallejo Samaniego, Luis Vicente, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador 4 de marzo del 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE
INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Medina Rivera Eric Hernán**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico Mecánica con mención en gestión empresarial industrial**.

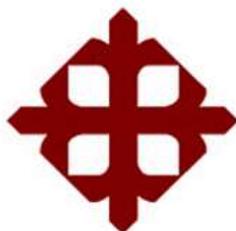
TUTOR

VALLEJO SAMANIEGO, LUIS VICENTE, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador 4 de marzo del 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE
SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA
DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Medina Rivera Eric Hernán**

DECLARO QUE:

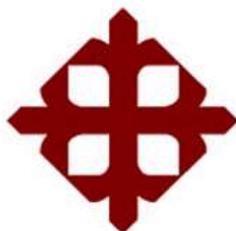
El Trabajo de Titulación, **Cálculo y diseño de una instalación eléctrica en baja tensión para edificio aplicando electrobarras**. Previo a la obtención del título de **Ingeniería en Eléctrico - Mecánica**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, Ecuador 4 de marzo del 2020

EL AUTOR

MEDINA RIVERA ERIC HERNÁN



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE
INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Medina Rivera Eric Hernán**

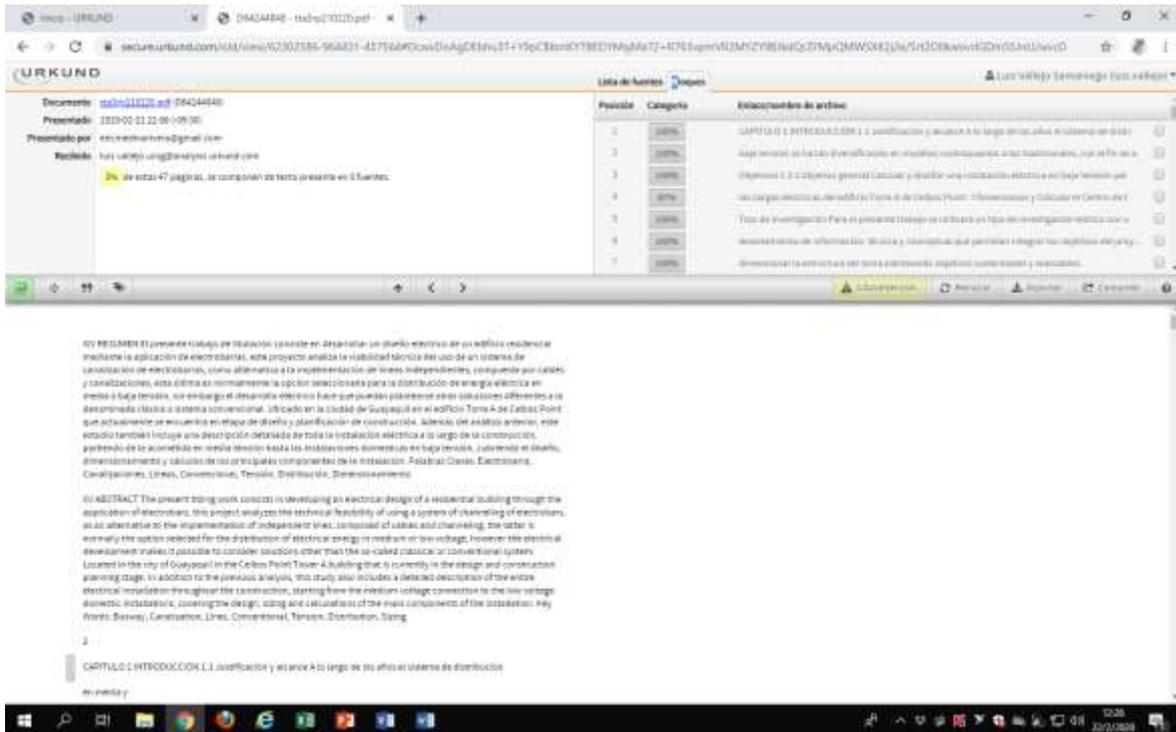
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Cálculo y diseño de una instalación eléctrica en baja tensión para edificio aplicando electrobarras**

, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

AUTOR:

MEDINA RIVERA ERIC HERNÁN

REPORTE URKUND



Conclusión: La revisión de coincidencias del resultado de la revisión, considera la desactivación de la información de texto de los formatos de presentación de trabajos de titulación en la UCSG. Se adjunta documento de Reporte URKUND de la Revisión Final en medio digital. Porcentaje de coincidencia final del 3%.

Atentamente,

Ing. Luis Vallejo Samaniego, M.Sc.

DOCENTE-TUTOR

AGRADECIMIENTO

Durante toda mi vida me enseñaron que el esfuerzo, es el único camino para alcanzar mis metas, una perspectiva que me ha permitido desarrollarme durante toda mi trayectoria, agradezco profundamente a mis padres Hernán Medina y Jaqueline Rivera por este y todos los demás valores y principios inculcados, siendo imprescindibles para el desarrollo de este proyecto.

Agradezco a mis hermanas ya profesionales que me dieron el ejemplo a seguir, a mi enamorada Adriana Villón que fue mi apoyo e inspiración en muchas largas noches de escritura.

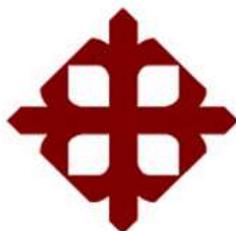
Gracias a mi tutor el Ing. Luis Vallejo y al Ing. Armando Heras que me dieron los parámetros para elaborar un proyecto lo más cercano a la esencia de la perfección. Al estimado Ing. Jhon Espinoza que me brindó el asesoramiento técnico para poder estructurar las bases de mi proyecto.

A mis amigos y profesores. Gracias

**EL AUTOR
MEDINA RIVERA ERIC HERNÁN**

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico, a Dios y a mi familia por todas las oportunidades que me han brindado, a mi enamorada por estar a mi lado en todo este trayecto, a mis amigos que me dieron la confianza para culminarlo y a mis padres que se esforzaron hasta el final, por verme cumplir este logro de mi vida.



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS, M.Sc.
DECANO

f. _____

ING. PHILCO ASQUI, LUIS ORLANDO, M.Sc.
COORDINADOR DE TITULACIÓN

f. _____

ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc.
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

REPORTE URKUND	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO 1	2
INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Justificación y alcance.....	2
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Tipo de investigación.....	3
1.5 Metodología.....	3
PARTE I MARCO TEÓRICO	4
CAPÍTULO 2	4
GENERALIDADES DE UN SISTEMA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN	4
2.1 Niveles de tensión.....	5
2.1.1 Alta tensión	5
2.1.2 Media tensión.....	6
2.1.3 Baja tensión	6
2.2 Suministro y comercialización	7
2.2.1 Clasificación de los sistemas de distribución	8
2.2.2 Redes de distribución aéreas	9
2.2.3 Redes de distribución subterránea.....	10

2.3	Instalación eléctrica en media tensión	11
2.3.1	Acometida.....	11
2.3.2	Cuarto de transformación.....	13
2.3.3	Normativa aplicada en media tensión.....	16
2.4	Instalación eléctrica en baja tensión	18
2.4.1	Transformadores	18
2.4.2	Distribución eléctrica en un edificio	20
2.4.3	Normativa aplicada en baja tensión	25
CAPÍTULO 3		26
FACTORES DE DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE CARGA		26
3.1	Definición	26
3.1.1	El intervalo	26
3.1.2	Relación de influencia de cargas	27
3.2	Factores de diseño.....	28
3.2.1	Carga instalada C_I	29
3.2.2	Capacidad instalada P_I	29
3.2.3	Carga máxima D_m	30
3.2.4	Factor de demanda F_D	30
3.2.5	Factor de utilización F_u	31
3.2.6	Factor de Potencia F_p	31
3.2.7	Potencia Aparente S	32
3.2.8	Factor de coincidencia F_{co}	33
3.3	Dimensionamiento de carga	33
3.3.1	Estimación de la demanda	34
3.3.2	Conductores.....	36
3.3.3	Selección y cálculo de conductores	37

3.3.4	Normativa aplicada	41
CAPÍTULO 4		42
DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ELECTROBARRAS		42
4.1	Definición	42
4.2	Descripción del sistema	43
4.3	Ventajas de las electrobarras.....	44
4.3.1	Seguridad	44
4.3.2	Flexibilidad	45
4.3.3	Inversión.....	46
4.3.4	Economía	46
4.3.5	Técnicas	48
4.4	Aplicación de electrobarras.....	48
4.4.1	Sistema eléctrico en edificios	50
4.4.2	Alimentación de transformador a tablero de distribución.....	50
4.4.3	Sistema de iluminación	51
4.5	Tipos de electrobarras.....	52
4.5.1	Electrobarras de media tensión	52
4.5.2	Electrobarras de baja tensión	54
4.5.3	Normativa para el uso de electrobarras.....	58
4.6	Selección de las electrobarras	58
4.6.1	Capacidad de corriente	59
4.6.2	Caída de tensión	60
4.6.3	Capacidad de cortocircuito	61
4.7	Partes principales del sistema de electrobarras.....	62
4.8	Elementos del sistema	65
4.8.1	Tramos rectos	66

4.8.2	Curvas	68
4.8.3	Curvas especiales	70
4.8.4	Cruce X	71
4.8.5	Elementos T (Tes)	71
4.8.6	Elemento conector a tablero	72
4.8.7	Elemento reductor de capacidad	73
4.8.8	Caja central.....	73
4.8.9	Caja final.....	74
4.8.10	Cajas de derivación	75
4.9	Resumen del sistema	76
PARTE II APORTACIONES		77
CAPÍTULO 5		77
DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE CARGA		77
5.1	Introducción.....	77
5.2	Ubicación y emplazamiento del edificio.....	77
5.3	Descripción del edificio	78
5.4	Dimensionamiento de cargas.....	79
5.4.1	Estudio de demanda	80
5.4.2	Departamentos.....	80
5.4.3	Servicios generales	85
5.4.4	Tableros de medición.....	90
CAPÍTULO 6		94
DIMENSIONAMIENTO DEL CUARTO DE TRANSFORMACIÓN		94
6.1	Dimensionamiento del transformador	94
6.2	Selección del transformador	95
6.3	Diseño del cuarto de transformación	95

CAPÍTULO 7	96
DISEÑO EN BAJA TENSIÓN CON ELECTROBARRAS.....	96
7.1 Dimensionamiento de electrobarra.....	96
7.2 Selección de electrobarra para departamentos	97
7.3 Selección electrobarras servicio generales	98
7.4 Diagrama unifilar del edificio con electrobarras	98
CAPÍTULO 8	99
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
8.1 Conclusiones	99
8.2 Recomendaciones	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXOS.....	104
GLOSARIO	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Niveles de Voltaje	5
Figura 2.2: Suministro y Comercialización	7
Figura 2.3: Sistema de distribución aéreo y subterráneo.....	8
Figura 2.4: Acometida en media tensión.....	12
Figura 2.5: Centro de transformación	13
Figura 2.6: CT a nivel de suelo	14
Figura 2.7: CT subterráneos	15
Figura 2.8: CT en interior de edificios	15
Figura 2.9: CT apoyados sobre la propia torre	16
Figura 2.10: Transformadores.....	18
Figura 2.11: Transformador trifásico.....	19
Figura 2.12: Distribución de energía dentro de edificios.....	20
Figura 2.13: Distribución-levantamiento Individual.....	21
Figura 2.14: Suministro agrupado	22
Figura 2.15: Suministro de piso individual.....	23
Figura 2.16: Suministro de doble alimentación.....	24
Figura 3.1: Cargas sobre las redes de distribución.....	27
Figura 3.2: Capacidad instalada PI	29
Figura 3.3: Edificio ejemplo	34
Figura 3.4: Partes de un conductor	36

Figura 3.5: Factores cálculo de calibre	37
Figura 3.6: Pasos para calcular calibres mínimos.....	38
Figura 4.1: Sistema de Electrobarras	43
Figura 4.2: Flexibilidad-Electrobarra.....	45
Figura 4.3: Reducción de espacio	47
Figura 4.4: Tamaño compacto	48
Figura 4.5: Sistema tradicional vs Electrobarras.....	49
Figura 4.6 Sistema vertical Electrobarra	50
Figura 4.7: Conexión transformador-tablero.....	50
Figura 4.8: Iluminación y distribución.....	51
Figura 4.9: : Electrobarra de fase no segregada MT.....	53
Figura 4.10: Electrobarra en molde de resina en MT	53
Figura 4.11: Electrobarra Tipo Sánduche	54
Figura 4.12: Electrobarra de fase no segregada.....	55
Figura 4.13: Electrobarra en molde en BT	56
Figura 4.14: Electrobarra de iluminación.....	56
Figura 4 15: Accesorio- electrobarra de iluminación	57
Figura 4.16: Electrobarra Híbrida	57
Figura 4.17: Aspectos básicos de selección para Electrobarras	58
Figura 4 18: Partes principales electrobarras	62
Figura 4.19: Alimentadores transformador – Central	62
Figura 4.20: Riser- Instalación vertical.....	63

Figura 4.21: Plug-in.....	63
Figura 4.22: Feeder de tablero a tablero.....	64
Figura 4.23: Elementos del Sistema.....	65
Figura 4 24: Tramos rectos.....	66
Figura 4 25: Enchufable	67
Figura 4.26: Electrobarra-Alimentador	68
Figura 4.27: Edgewise y Flatwise.....	68
Figura 4.29: Curva Edgewise (Lx)	69
Figura 4.30: Curva Flatwise LF	70
Figura 4.31: Curvas especiales.....	71
Figura 4.32: Cruce X.....	71
Figura 4.33: Elementos T (Tes)	72
Figura 4.34: Elemento conector a tablero	72
Figura 4.35: Elemento reductor de capacidad	73
Figura 4.36: Caja central	74
Figura 4 37: Caja final.....	74
Figura 4.38: Cajas de derivación.....	75
Figura 4.39: Resumen del sistema	76
Figura 5.1: Ubicación satelital Ceibos Point	77
Figura 5.2: Ubicación de TM.....	93
Figura 6.1: Diseño del cuarto de transformaciones	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Rangos especificados por ARCONEL	4
Tabla 2.2: Area mínima rectangular de los cuartos de transformadores	17
Tabla 3.1: Factores de simultaneidad	34
Tabla 3.2: Temperatura 30°C ambiente y no más de tres cables por canalización.	39
Tabla 3.3: Factores de corrección, de tres o más conductores por canalización	40
Tabla 3.4: Factores de corrección, de tres o más conductores por canalización	40
Tabla 5.1: Dimensionamiento de cargas.....	79
Tabla 5.2: Cálculo de demanda suit tipo 1 de un dormitorio	80
Tabla 5.3: Factores de corrección suit 1 de un dormitorio	81
Tabla 5.4: Cálculo de demanda suit tipo 2 de dos dormitorios.....	82
Tabla 5.5: Factores de corrección suit tipo 2 de dos dormitorios	82
Tabla 5.6: Cálculo de demanda suit tipo 3 de dos dormitorios.....	83
Tabla 5.7: Factores de corrección suit tipo 3 de dos dormitorios	83
Tabla 5.8: Cálculo de demanda suit tipo 4 de dos dormitorios.....	84
Tabla 5.9: Factores de corrección suit tipo 4 de dos dormitorios	85
Tabla 5.10: Cálculo de demanda área comunal	85
Tabla 5.11: Factores de corrección área comunal	85
Tabla 5.12: Cálculo de demanda del panel de bomba de agua SI	86
Tabla 5.13: Factores de corrección del panel de bomba de agua SI	86
Tabla 5.14: Cálculo de demanda de servicios generales	87

Tabla 5.15: Factores de corrección de servicios generales	87
Tabla 5.16: Cálculo de demanda de servicios generales	87
Tabla 5.17: Factores de corrección de servicios generales	88
Tabla 5.18: Cálculo de demanda de Bombas de Agua	88
Tabla 5.19: Factores de corrección de Bombas de Agua	89
Tabla 5.20: Cálculo de demanda del Ascensor	89
Tabla 5.21: Factores de corrección del Ascensor	89
Tabla 5.22: Cálculo de demanda de distribución generales TD-SG	90
Tabla 5.23: Cálculo de demanda del tablero general de medidores TM-2	91
Tabla 5.24: Cálculo de demanda del tablero general de medidores TM-3	91
Tabla 5.25: Cálculo de demanda del tablero general de medidores TM-4	92
Tabla 5.26: Cálculo de demanda del tablero general de medidores TM-5	92
Tabla 5.27: Ubicación de los tableros en del edificio	93
Tabla 6.1: Cálculo y demanda del tablero general y transformador	94
Tabla 6.2: Dimensionamiento del cuarto de transformación	95
Tabla 7.1: Características de ducto y conductor, capacidades de conducción	97

RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en desarrollar un diseño eléctrico de un edificio residencial mediante la aplicación de electrobarras, este proyecto analiza la viabilidad técnica del uso de un sistema de canalización de electrobarras, como alternativa a la implementación de líneas independientes, compuesta por cables y canalizaciones, esta última es normalmente la opción seleccionada para la distribución de energía eléctrica en media o baja tensión, sin embargo el desarrollo eléctrico hace que puedan plantearse otras soluciones diferentes a la denominada clásica o sistema convencional. Ubicado en la ciudad de Guayaquil en el edificio Torre A de Ceibos Point que actualmente se encuentra en etapa de diseño y planificación de construcción. Además del análisis anterior, este estudio también incluye una descripción detallada de toda la instalación eléctrica a lo largo de la construcción, partiendo de la acometida en media tensión hasta las instalaciones domésticas en baja tensión, cubriendo el diseño, dimensionamiento y cálculos de los principales componentes de la instalación.

Palabras Claves: Electrobarra, Canalizaciones, Líneas, Convencional, Tensión, Distribución, Dimensionamiento.

ABSTRACT

The present titling work consists in developing an electrical design of a residential building through the application of electrobars, this project analyzes the technical feasibility of using a system of channeling of electrobars, as an alternative to the implementation of independent lines, composed of cables and channeling, the latter is normally the option selected for the distribution of electrical energy in medium or low voltage, however the electrical development makes it possible to consider solutions other than the so-called classical or conventional system. Located in the city of Guayaquil in the Ceibos Point Tower A building that is currently in the design and construction planning stage. In addition to the previous analysis, this study also includes a detailed description of the entire electrical installation throughout the construction, starting from the medium voltage connection to the low voltage domestic installations, covering the design, sizing and calculations of the main components of the installation.

Key Words: Busway, Canalization, Lines, Conventional, Tension, Distribution, Sizing.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación y alcance

A lo largo de los años el sistema de distribución en media y baja tensión se ha ido diversificando en modelos contrapuestos a los tradicionales, con el fin de aumentar la eficiencia de conducción eléctrica y reducir pérdidas técnicas y económicas que actualmente se presentan con la instalación de cables eléctricos, por lo cual se presenta la propuesta de un sistema más compacto y seguro mediante la implementación de electrobarras que combinan los conductores y la canalización en un solo producto.

El proyecto propone un diseño para la implementación de las instalaciones eléctricas en un edificio por medio de electrobarras, el mismo que busca realizar un análisis respecto a los beneficios técnicos de este nuevo sistema, el proyecto está situado en la ciudadela Los Ceibos, ubicado en la Torre A de la urbanización de Ceibos Point.

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad, la construcción de nuevos proyectos y el desarrollo urbano junto al cambio de la matriz energética en el país, obliga a las empresas distribuidoras del suministro eléctrico a ser más eficientes en la entrega de energía eléctrica a los consumidores finales. Sin embargo, la distribución eléctrica en media y baja tensión actual de los usuarios y distribuidoras, aun se realiza mediante cables de secciones cada vez más grandes por la incrementación progresiva de la demanda, lo que significa reducción de espacios útiles para los usuarios, aumento de mano de obra e incremento de materiales de construcción. Es ahí donde nace el concepto de electrobarras y aprovechamiento energético, que involucra directamente a la empresa distribuidora con el consumidor final, con la especial finalidad de disminuir costos de instalación y tiempos de ejecución de la obra.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Calcular y diseñar una instalación eléctrica en baja tensión para edificio aplicando Electrobarras.

1.3.2 Objetivos específicos

- Dimensionar y calcular las cargas eléctricas del edificio Torre A de Ceibos Point.
- Dimensionar el Cuarto de transformación para la Torre A de Ceibos Point.
- Diseño del sistema eléctrico de baja tensión mediante electrobarras en el edificio Torre A.

1.4 Tipo de investigación

Para el presente trabajo se utilizará un tipo de investigación teórica con un enfoque analítico, para lo cual se hará uso de técnicas de investigación exploratorias, descriptivas y de campo, lo cual es totalmente factible para cumplir con lo requerido por este proyecto.

1.5 Metodología

La metodología de investigación es de tipo analítica documental y experimental, y está relacionada directamente con el análisis de la eficiencia y distribución energética en las edificaciones, la misma que se puede sustentar mediante el levantamiento de información, técnica y conceptual que permitan integrar los objetivos del proyecto. Parte de la recopilación de datos se basa en la visita de campo a diferentes proyectos similares que permitieron dimensionar la estructura del tema, planteando objetivos sustentables y realizables.

PARTE I MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES DE UN SISTEMA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

Un sistema de media y baja tensión se define como el conjunto de procesos de transmisión, transformación y distribución de la energía en las instalaciones eléctricas para satisfacer la demanda de uno o varios usuarios, los términos media y baja tensión corresponden al nivel de voltaje suministrado en la red eléctrica y controlado por las empresas distribuidoras de este servicio. El nivel de voltaje determina la densidad de demanda que el consumidor o usuario final tiene proyectado a utilizar, recordemos que el voltaje se define como la diferencia de potencial o tensión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza electromotriz (FEM) sobre las cargas haciendo que estas produzcan trabajo, entonces obtenemos la correlación carga y voltaje que se determinan como variables directamente proporcionales con respecto al volumen de la carga total.

El voltaje estándar es de 120 V y una frecuencia de 60 Hz, actualmente estas características eléctricas están diseñadas para producir trabajo en los aparatos eléctricos. La selección de los voltajes nominales y los rangos de variación definidos para cada nivel de voltaje, es el criterio básico para realizar un análisis de instalación, diseño o estructural a fin de garantizar la calidad de servicio eléctrico el Ecuador a estandarizado los niveles de voltaje a utilizar, en la tabla 2.1 se muestra los rangos de tensión propuestos por la ARCONEL.

Tabla 2.1: Rangos especificados por ARCONEL

NIVELES DE VOLTAJE	TENSIÓN
BAJA TENSIÓN	Menor o igual a 0,6 kV
MEDIA TENSIÓN	Mayor a 0,6 y menor igual a 40 kV
ALTO VOLTAJE GRUPO 1	Mayor a 40 y menor igual a 138 kV
ALTO VOLTAJE GRUPO 2	Mayor a 138 kV

Fuente: (ARCONEL, 2017)

2.1 Niveles de tensión en los sistemas eléctricos

En la figura 2.1 se muestra un esquema simplificado de la trayectoria de corriente eléctrica desde las centrales eléctricas hacia los consumidores, indicando los rangos de voltajes que son utilizados en relación al consumo. Sin embargo, el voltaje o tensión eléctrica que llega a las terminales de la carga es por lo general menor que el voltaje de alimentación, la diferencia de voltaje entre estos puntos se conoce como “Caída de voltaje”.

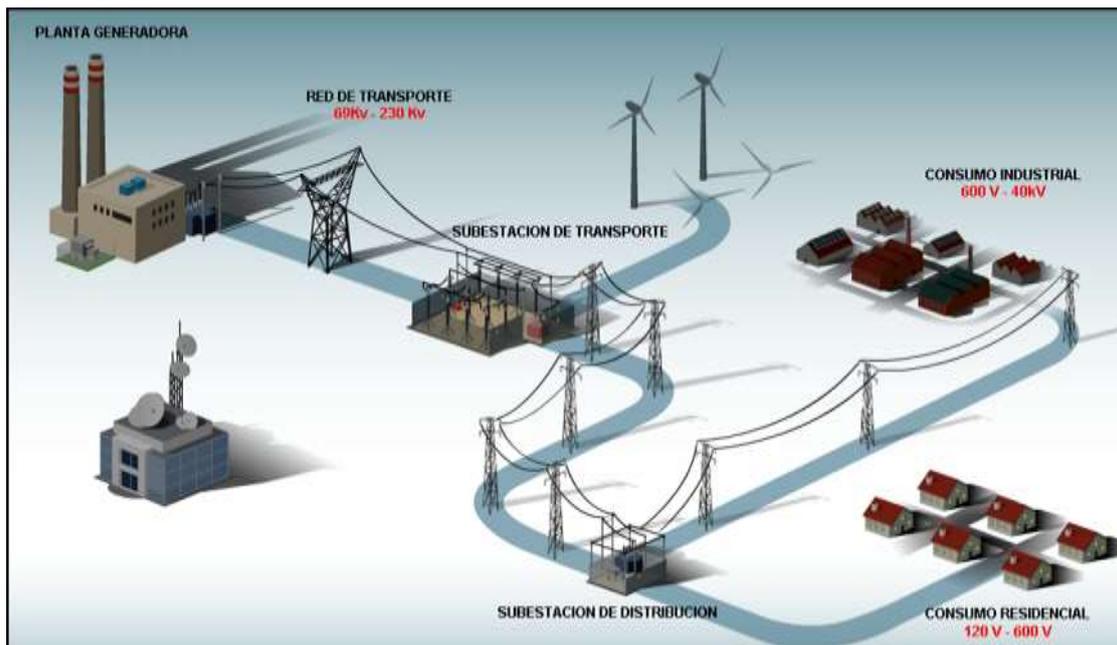


Figura 2.1: Niveles de Voltaje
Fuente: (Martínez, 2013)

Esta caída de tensión se ve compensada por las unidades de transformación ubicadas estratégicamente para obtener las menores pérdidas posibles, no obstante, la ARCONEL emite que el desbalance máximo de voltaje en estado estable no deberá superar el 5% en cada fase. Una caída excesiva de tensión (mayor del 5%) conduce a resultados indeseables debido a que el voltaje de ingreso en la carga se reduce.

2.1.1 Alta tensión

Se considera instalación de alta tensión eléctrica aquella que genere, transporte, transforme, distribuya o utilice energía eléctrica con tensiones superiores

a 40 kV. Su tendido es mediante cableado eléctrico aéreo. Una línea de transporte de energía eléctrica o línea de alta tensión es básicamente el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de energía a grandes distancias. La red de alto voltaje se encuentra constituida por tres cables (conductores) que presentan las siguientes características:

- Cada fase es transportada por un conductor
- Cada fase tiene la misma amplitud de voltaje, desfasadas 120° una con respecto de la otra
- Líneas (conductores) simétricas.

2.1.2 Media tensión

Este tipo de tensión se estructura para el transporte de la energía eléctrica desde las estaciones de distribución hasta las unidades de transformación de media baja tensión, cubriendo distancias de 5 hasta 25 km. El tendido del cableado puede ser aéreo o subterráneo. Los grandes complejos industriales y fábricas que requieren una cantidad sustancial de energía a menudo utilizan voltajes de suministro medios. El análisis de variaciones eléctrico dicta que el voltaje es inversamente proporcional al amperaje. Esto significa que cuando el voltaje aumenta, el amperaje disminuye para completar la operación. Los motores y equipos eléctricos diseñados para operar con voltajes más altos usan menos electricidad y son más económicos de operar. La mayoría de las subestaciones primarias no reciben más de 35,000 VCA del suministro de servicios públicos. La subestación primaria puede suministrar energía reducida a subestaciones secundarias o a un solo edificio.

2.1.3 Baja tensión

Se considera instalación de baja tensión eléctrica aquella que distribuya o genere energía eléctrica para consumo público, como el de las calles de las ciudades y que además provee del servicio de energía eléctrica a las viviendas. El bajo voltaje tiene múltiples significados en el mundo eléctrico / electrónico. Una regla general común es que cualquier cosa por debajo de 600 voltios se considera de bajo voltaje, las fábricas que usan automatización pueden usar múltiples voltajes.

Cada división realiza una misión crítica para la operación de la fábrica. Ambos deben estar trabajando para la producción. Las Fábricas que requieren un suministro de voltaje medio o alto de la compañía eléctrica pueden tener una subestación dedicada. Estas subestaciones reducen los niveles de voltaje y se distribuyen a los edificios en toda la propiedad. Sin embargo, no todas las fábricas requieren voltajes altos o medios. Algunos requieren bajos voltajes de 240, 480 o 600 VCA de los servicios públicos. En este caso, la energía se dirige directamente al sistema de distribución de la planta.

2.2 Suministro y comercialización

El suministro engloba todas las actividades relacionadas con la venta de electricidad a los usuarios finales como la adquisición al por mayor, contratación, lectura, asesoramiento al cliente, facturación y cobro.

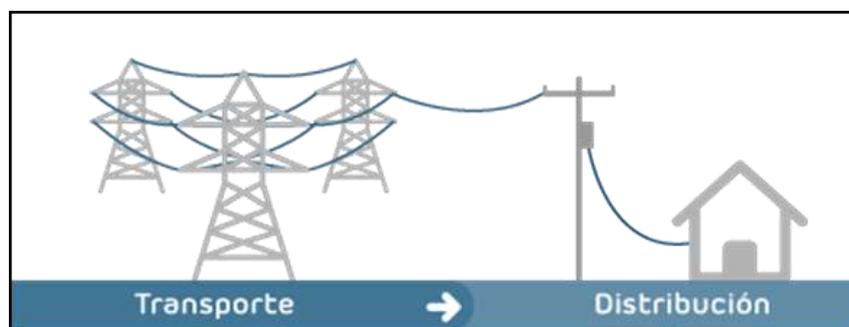


Figura 2.2: Suministro y Comercialización
Fuente: (López, 2017)

Por lo general las compañías distribuidoras se han encargado de suministrar la electricidad a los consumidores. Por otra parte, no existe ninguna razón económica que avale la idea de que sólo ellas deben encargarse de esta actividad. En caso de que permita el acceso a las redes de transmisión y distribución mediante unas condiciones adecuadas, el suministro de energía eléctrica a los usuarios finales puede realizarlo una entidad distinta a la compañía de distribución que opera en la zona. Por tanto, el abastecimiento eléctrico se convierte en una actividad potencialmente competitiva, en la que las empresas de generación, las que distribuyen en otras regiones, o en cualquier otra, pueden rivalizar con la encargada de la distribución en un área geográfica concreta (Bazán, 2003).

Actualmente en el Ecuador la empresa encargada del suministro eléctrico es CNEL EP, la misma emite sus propias normas estandarizadas para el consumo eléctrico a nivel general es decir que para poder gozar de este derecho ahora considerado vital se debe cumplir ciertos requisitos técnico-económicos.

2.2.1 Clasificación de los sistemas de distribución

Dividir el uso eléctrico en forma de instalación y suministro ayuda a comprender el uso. La distribución de energía eléctrica es una actividad cuyas técnicas están en un proceso constante de evolución reflejada en el tipo de equipos y herramientas utilizadas, en los tipos de estructuras, en los materiales con los que se construyen las redes de distribución y en los métodos de trabajo de las cuadrillas de construcción y mantenimiento, reflejada también en la metodología de diseño y operación por esa razón en la actualidad podemos clasificar el sistema de distribución en líneas aéreas o líneas subterráneas.



Figura 2.3: Sistema de distribución aéreo y subterráneo.
Fuente: (Cárceles, 2018)

Las líneas constituyen uno de los principales elementos que intervienen en la composición de una red eléctrica. La interconexión de sistemas y el transporte, reparto y distribución de la energía dentro de un sistema determinado se realizan por medio de líneas aéreas o cables aislados. La interconexión entre redes regionales o nacionales, así como el transporte entre grandes centros de producción y consumo, para los que siempre se emplean altas tensiones con distancias de orden elevado, son dominio exclusivo de las líneas aéreas.

Cuando se trata de redes rurales, provinciales, o cuando las distancias superan algunos kilómetros, predominan de las líneas aéreas. Cuando se trata de centros urbanos, zonas industriales densas o distancias muy cortas, es práctica normal utilizar las líneas subterráneas. La elección de un sistema u otro depende de un gran número de factores. Las consideraciones económicas constituyen el principal factor de decisión. El coste de un sistema enterrado puede alcanzar de 5 a 10 veces el coste de un sistema aéreo. Un sistema aéreo de distribución puede tener una vida útil de 25 años, mientras que un sistema enterrado puede alcanzar los 50 años.

Un sistema aéreo es más propenso a sufrir mayor número de averías como consecuencia del viento, hielo, nieve o accidentes de todo tipo, sin embargo, conviene no olvidar que la reparación y localización de averías es mucho más sencilla en un sistema aéreo que en un sistema subterráneo. Sin embargo, se presenta una comparación general de ambos sistemas en diversos aspectos tales como económicos, estéticos, técnicos, confiabilidad y duración.

2.2.2 Redes de distribución aéreas

En esta modalidad, el conductor que usualmente está desnudo va soportado a través de aisladores instalados en crucetas, en postes de madera o de concreto. Al comparársele con el sistema subterráneo.

Tiene las siguientes ventajas:

- Costo inicial más bajo.
- Son las más comunes y materiales de fácil consecución.
- Fácil mantenimiento.
- Fácil localización de fallas.
- Tiempos de construcción más bajos.

Tiene las siguientes desventajas:

- Mal aspecto estético.
- Menor confiabilidad.
- Menor seguridad (ofrece más peligro para los transeúntes).
- Son susceptibles de fallas y cortes de energía ya que están expuestas a: descargas atmosféricas, lluvia, granizo, polvo, temblores, gases y brisa salina.

La distribución se hace en el nivel de media tensión (M.T) o en baja tensión (B.T.). Los clientes residenciales y comerciales se alimentan en baja tensión., los clientes industriales en cambio se alimentan en media tensión o en baja tensión., según los requerimientos de cada uno de ellos. En estos sistemas de distribución se puede encontrar varios tipos de conexiones así tenemos: trifásicas, bifásicas o monofásicas. Si bien es cierto que en media tensión la gran mayoría son redes trifásicas, se puede también encontrar cargas monofásicas, especialmente en zonas rurales. Pero es en baja tensión en donde se encuentran los más variados tipos de conexiones, por la gran mayoría de cargas residenciales de naturaleza monofásica.

2.2.3 Redes de distribución subterránea

Son empleadas en zonas donde por razones de urbanismo, estética, congestión o condiciones de seguridad no es aconsejable el sistema aéreo. Actualmente el sistema subterráneo es competitivo frente al sistema aéreo en zonas urbanas céntricas. Tiene las siguientes ventajas:

- Mucho más confiable ya que la mayoría de las contingencias mencionadas en las redes aéreas no afectan a las redes subterráneas.
- Son más estéticas, pues no están a la vista.
- Son mucho más seguras.
- No están expuestas a vandalismo.

Tienen las siguientes desventajas:

- Su alto costo de inversión inicial.
- Se dificulta la localización de fallas.
- El mantenimiento es más complicado y reparaciones más demoradas.
- Están expuestas a la humedad y a la acción de los roedores.

En las grandes ciudades se utilizan tanto los sistemas de distribución aéreos como subterráneos, el costo de la distribución subterránea es mucho mayor que el de la distribución aérea. Al aumentar las densidades de carga, la construcción aérea se vuelve difícil de manejar en virtud de los transformadores y conductores de mayor tamaño que se requiere.

Por esta razón en las zonas comerciales del centro o en urbanizaciones residenciales, en la mayor parte de las ciudades se acostumbra a utilizar la distribución subterránea. Debido a una imagen urbana muy deteriorada causada por el cruce de las redes eléctricas aérea, telefónica y además la cercanía extrema de las redes a las edificaciones, la imposibilidad de construcción de nuevas redes aéreas por las características geométricas, con calles estrechas, discontinuas, sin aceras, grandes pendientes podemos decir que las redes subterráneas se han convertido en una alternativa favorable.

2.3 Instalación eléctrica en media tensión

Antes de enfocar nuestro problema en la parte de la instalación ya descrita, resulta conveniente realizar una breve descripción de los elementos que se utilizan en nuestra instalación y que hacen que el suministro de energía eléctrica sea el adecuado. Se establecerán además unas prescripciones generales que han de cumplir dichos elementos de manera que se garantice su correcto funcionamiento y su adecuación a las normas NEC-11. Se procederá a la descripción de los elementos, así como a los requisitos principales que estos tendrán que cumplir en la instalación estudiada, desde el inicio de ésta hasta los diferentes puntos de consumo finales.

La red de alimentación al centro de transformación, gestionada por la compañía eléctrica distribuidora, es una red de media tensión de tipo subterráneo. El suministro de energía se efectúa a 60 Hz la cual es la frecuencia de servicio. La instalación de media tensión finaliza en el centro de transformación, en el cual, a través de transformadores, se ajusta a las condiciones necesarias para alimentar en baja tensión a la instalación.

2.3.1 Acometida

La acometida en MT es responsabilidad de la compañía eléctrica. Del apoyo de la línea eléctrica de la compañía sale una línea subterránea hasta el Centro de Transformación, cuya conexión e instalación se realiza por el servicio técnico de la compañía distribuidora. Los conductores van alojados en las correspondientes

canalizaciones, bajo tubo ya que la acometida es subterránea. La Norma NTE INEN 1869:99 es la encargada de establecer las condiciones que debe cumplir la acometida. Tal y como se define en esta instrucción, para la elección de cables se tiene en cuenta que los cables no deben ser propagadores de incendio y con emisiones de humo y opacidad reducidas, cumpliendo en todo momento los criterios ya establecidos en el código eléctrico nacional.

Recordemos que un sistema subterráneo en algún punto es alimentado también por un sistema aéreo es decir que existe un punto de interconexión donde se entrelazan ambos sistemas, el poste que realiza esa conexión se la denomina poste primario es el encargado de que la acometida se incorpore de la red aérea del sistema al centro de transformación será determinada por el poste más cercano al centro de transformación o deberá cumplir con los requerimientos exigidos por la empresa distribuidora. En la figura 2.4 representa la acometida realizada en media tensión desde poste primario al cuarto de transformación.

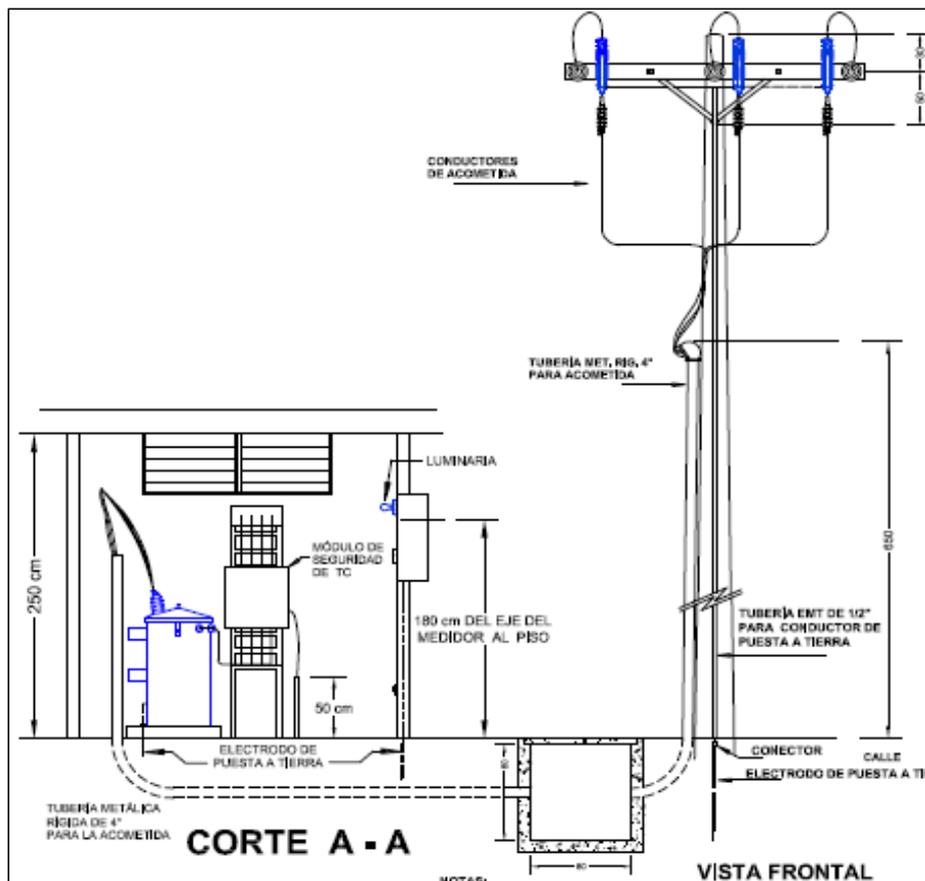


Figura 2.4: Acometida en media tensión
Fuente: (NATSIM, 2012)

2.3.2 Cuarto de transformación

Llamamos Centro de Transformación Eléctrica, a la instalación que se encarga principalmente de recibir electricidad en alta tensión eléctrica y transformarla en electricidad en media tensión eléctrica. Englobamos dentro de esta definición todos los elementos que la componen y hacen posible esta transformación eléctrica. Por lo tanto, un Centro de transformación o CT será el conjunto de elementos que lo componen y hacen posible esta transformación del potencial eléctrico; elementos de seccionamiento y de medida, el mismo transformador y los elementos de protección necesarios. (Jiménez, 2013)

Cuando se trata de alimentar a diversos abonados en BT, la empresa distribuidora, instala un centro de transformación de potencia adecuada al consumo previsto del conjunto de abonados. Por tanto, el CT es propiedad de la empresa suministradora de electricidad la cual efectúa su explotación y mantenimiento, y se responsabiliza de su funcionamiento sin embargo para el consumo individual cuando se presentan consumidores que superen una potencia de 30 kw, como edificios o centro comerciales la empresa distribuidora exige la instalación un centro de transformación suministrado por el propio cliente. En la figura 2.5 se muestran todos los elementos que se encuentran en el centro de transformación y que se montan en el interior de unos armarios que se denominan celdas modulares.



Figura 2.5: Centro de transformación
Fuente: (Comuval, 2016)

Cada celda modular es independiente y recibe el nombre según la función que vaya a realizar, así por ejemplo existen las celdas de protección, celdas de medida, etc. Al hacerlo de esta manera, se facilita mucho la preparación y montaje de un Centro de Transformación eléctrica, ya que vienen preparadas comercialmente para que sea muy sencilla su conexión e instalación dentro de dichos armarios eléctricos.

Ahora bien, a partir de una determinada potencia y/o consumo, existe la opción de contratar el suministro de energía directamente en media tensión. En este caso, el abonado debe instalar su propio centro de transformación y realizar el respectivo mantenimiento. Los diferentes centros de Transformación se pueden clasificar según sea su lugar de instalación, así pues, existen generalmente 4 variantes:

A nivel de suelo en la superficie: Son los más comunes y los que nos solemos encontrar en la calle cuando paseamos por la ciudad. Se encuentran en el interior de casetas prefabricadas de hormigón armado.



Figura 2.6: CT a nivel de suelo
Fuente: (Comuval, 2016)

Subterráneos: Cuando la infraestructura de la edificación existente imposibilita la instalación del transformador de forma superficial, se procede a instalar una cámara de transformación de forma subterránea obteniendo un aumento en ahorro de espacio, pero complicando la ventilación del sistema y acondicionamiento del transformador, por ello necesitan de rejillas de ventilación en las aceras para un correcto funcionamiento.



Figura 2.7: CT subterráneos
Fuente: (Comuval, 2016)

En el interior de edificios: En otras ocasiones, ya sea por cuestiones técnicas, normativas o estéticas, los Centros de Transformación eléctrica se construyen en el interior de los edificios en habitaciones acondicionadas para ello.



Figura 2.8: CT en interior de edificios
Fuente: (Comuval, 2016)

Se afirman sobre la propia torre: Cuando la zona lo permite, sectores rurales, sobre todo, se pueden instalar los Centros de Transformación Eléctrica en el aire libre pero apoyado sobre barras y en altura, aprovechando la misma torreta de alta tensión eléctrica. Esto supone un ahorro considerable en costes de instalación.



Figura 2.9: CT apoyados sobre la propia torre
Fuente: (Comuval, 2016)

Una característica importante se destaca en el costo de la energía eléctrica en media tensión es menor que el de baja tensión, a partir de ciertas potencias (kVA) y/o consumos (kWh) resulta más favorable contratar el suministro en MT, aun teniendo en cuenta el coste del centro de transformación y su mantenimiento (ambos a cargo del abonado).

2.3.3 Normativa aplicada en media tensión

- Acometida

Según las normas ecuatorianas de construcción NEC en su capítulo 15, menciona que los conductores pertenecientes a la acometida deben tener un tamaño nominal no menor a 8 AWG (8,37 mm²) si son de cobre o a 6 AWG (13,30 mm²) si son de aluminio, o lo que establezca la empresa eléctrica suministradora local. Además, describe los parámetros para tener más de una acometida lo siguiente:

- Número de acometidas de cualquier edificio o predio al que se le suministre energía eléctrica debe tener sólo una acometida.
- Excepción 1: Cuando se requiera una acometida independiente para bombas contra incendios.
- Excepción 2: Edificios de gran superficie.
- Excepción 3: Para distintos usos, por ejemplo, distintas tarifas.
- Excepción 4: Las partes de un edificio que tengan entrada independiente por la calle y que no se comuniquen interiormente, pueden considerarse edificios separados.

- Cuarto de transformación

Los requerimientos para levantar un cuarto de transformación según el NATSIM 2012 menciona que, si la demanda total de cualquier inmueble excede a 30 kW el proyectista, constructor o propietario habilitará un cuarto destinado a alojar exclusivamente un transformador o banco de transformadores particulares. También será responsable de proveer sus respectivos equipos de protección y accesorios. El área mínima, rectangular y libre de los cuartos de transformadores, será de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 2.2: Área mínima rectangular de los cuartos de transformadores

DIMENSIONES DEL CUARTO	CAPACIDAD TRANSFORMADOR TRIFASICO
2.5 X 2.5 m	Hasta 100 kVA (un solo transformador trifasico)
3.0 X 2.5 m	Hasta 150 kVA (un solo transformador trifasico)
3.0 X 3.0 m	Hasta 300 kVA (un solo transformador trifasico)
3.5 X 3.5 m	Hasta 750 kVA (un solo transformador trifasico)
4.0 X 4.0 m	Hasta 1000 kVA (un solo transformador trifasico)

Fuente: (NATSIM,2012)

El cuarto de transformadores estará ubicado a nivel de la planta baja del inmueble, en un sitio con fácil y libre acceso desde la vía pública, de manera que permita al personal del distribuidor realizar inspecciones o reparaciones de emergencia a los transformadores.

El cuarto de transformadores será construido con paredes de hormigón o de mampostería y columnas de hormigón armado. Los cuartos, por razones de seguridad, deberán tener una losa superior de hormigón, ubicada a una altura libre mínima de 2.5 m. diseñada para soportar una carga máxima de acuerdo a su utilización. Para evitar la corrosión de la base de los transformadores, se deberá construir sobre el piso una base de hormigón de por lo menos 10 cm de espesor, diseñada para soportar el peso y características operativas de los transformadores.

2.4 Instalación eléctrica en baja tensión

Una instalación eléctrica es el conjunto de circuitos eléctricos que tiene como objetivo esencial suministrar de energía eléctrica a las cargas pertenecientes a residencias edificios, infraestructuras, instalaciones entre otros. Incluye los dispositivos necesarios para asegurar su correcto funcionamiento y protección. Se considera instalación eléctrica en baja tensión a todo sistema que funciona con un voltaje de hasta 600 V. Para pasar de media tensión a baja tensión es necesario el uso de transformadores reductores de voltaje por esa misma razón, en los dos siguientes subcapítulos se explica cuál es el funcionamiento de un transformador y la conexiones de la misma para definir, la más efectiva para distribuir la energía eléctrica en un edificio.

2.4.1 Transformadores Trifásicos

Los transformadores son máquinas estáticas con dos devanados de corriente alterna arrollados sobre un núcleo magnético. El devanado por donde entra energía al transformador se denomina primario y el devanado por donde sale energía hacia las cargas que son alimentadas por el transformador se denomina secundario. El circuito magnético de esta máquina lo constituye un núcleo magnético sin entrehierros, el cual no está realizado con hierro macizo sino con chapas de acero al silicio apiladas y aisladas entre sí. De esta manera se reducen las pérdidas magnéticas del transformador.

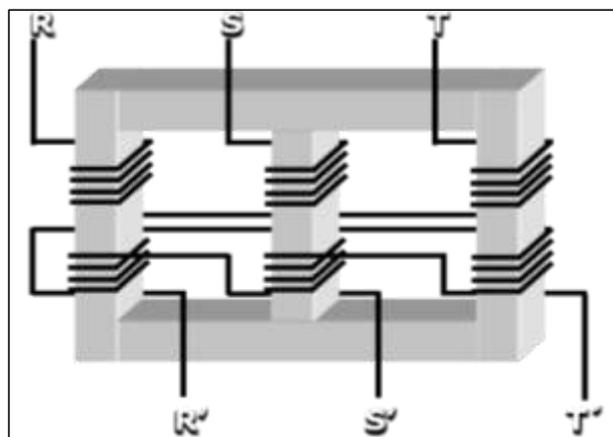


Figura 2.10: Transformadores
Fuente: (Alvarez, 2018)

Un transformador de tensión es una máquina reversible, que mantiene constante la frecuencia de la red. Tiene tres columnas de forma paralelas y unidas en sus extremos superiores e inferiores por medio de láminas de metal montadas de forma horizontal. Sobre cada columna se devana el conductor primario y secundario de la fase correspondiente. Por esta razón existe un desequilibrio debido a las corrientes magnetizantes de las tres fases que son distintas entre sí, dado a que el circuito magnético de la columna central es más corto que las columnas laterales. Este desequilibrio tiene influencia solamente para las condiciones de operación en vacío.

Los transformadores trifásicos son muy importantes ya que están presentes en muchas partes del sistema eléctrico. Este tipo de transformadores se ocupa de la elevación y reducción de la tensión en diversas partes del sistema eléctrico, en generación cerca de los generadores para elevar la insuficiente tensión de estos, así como también en las líneas de transmisión y, por último, en distribución en donde se distribuye la energía eléctrica a voltajes menores hacia casas, comercios e industrias. Un transformador trifásico consta de tres fases desplazadas en 120 grados eléctricos, dentro de este grupo encontramos los transformadores reductores de tensión, que se utilizan para llevar a cabo la reducción de voltaje. El fin del uso de estos transformadores reductores de tensión es dotar a los usuarios con tensiones de trabajo y operación.



Figura 2.11: Transformador trifásico
Fuente: (Alvis, 2019)

2.4.2 Distribución eléctrica en baja tensión de un edificio

En edificios, el tipo de distribución depende de la aplicación destinada para el inmueble, la dimensión, la longitud de los cables de alimentación y las cargas. La siguiente figura 2.12 muestra un centro de transformación implementado electrobarras que contiene de forma compacta las líneas conductoras para el edificio.



Figura 2.12: Distribución de energía dentro de edificios
Fuente: (Roitbarg,2015)

El sistema de distribución se puede dividir en:

- El sistema de suministro vertical (red eléctrica ascendente)
- El suministro horizontal (distribución en cada nivel de piso)

En la mayoría de los casos, se requiere un suministro de alto o medio voltaje y un centro de transformación. Normalmente, los interruptores de alta y media tensión y los transformadores se instalan en la planta baja o subsuelo. Sin embargo, a menudo hay equipos con gran demanda de energía eléctrica instalados en los pisos superiores (convertidores, motores para ascensores, equipos de aire acondicionado y cocinas eléctricas). El sistema de suministro vertical se implementa de varias maneras, algunas de estas son:

- Levantamiento Individual

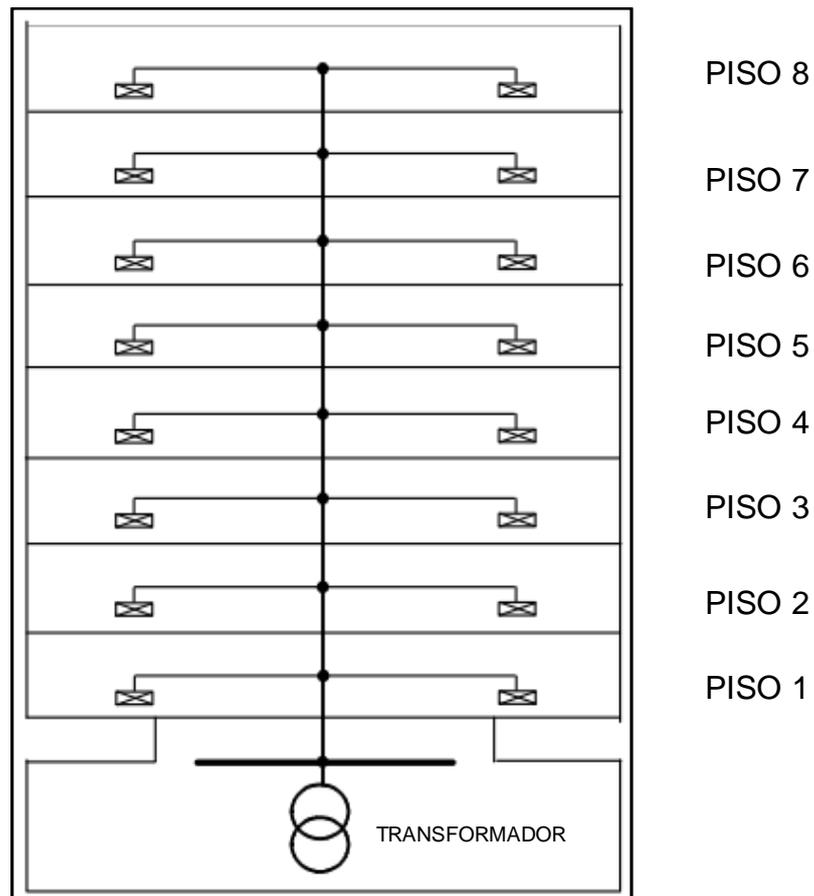


Figura 2.13: Distribución-levantamiento Individual
Fuente: (Hussain, 2017)

Aplicación: La aplicación de distribución por levantamiento individual radica en lugares donde la estricta continuidad y seguridad del servicio de suministro eléctrico no es de vital importancia en contraste como los hospitales, centro de redes y datos entre otros. A continuación, se presentan algunas ventajas de diseño pertenecientes a la figura 2.13 que son:

- Las diferentes cargas de pisos individuales se equilibran
- Solo se requiere una pequeña placa principal de baja tensión
- Simple en construcción y operación

Desventajas: La desventaja más representativa del diseño hace referencia a la falta de seguridad del suministro eléctrico es decir que una falla eléctrica de la red afecta a todas las cargas de los diferentes pisos.

- Suministro agrupado

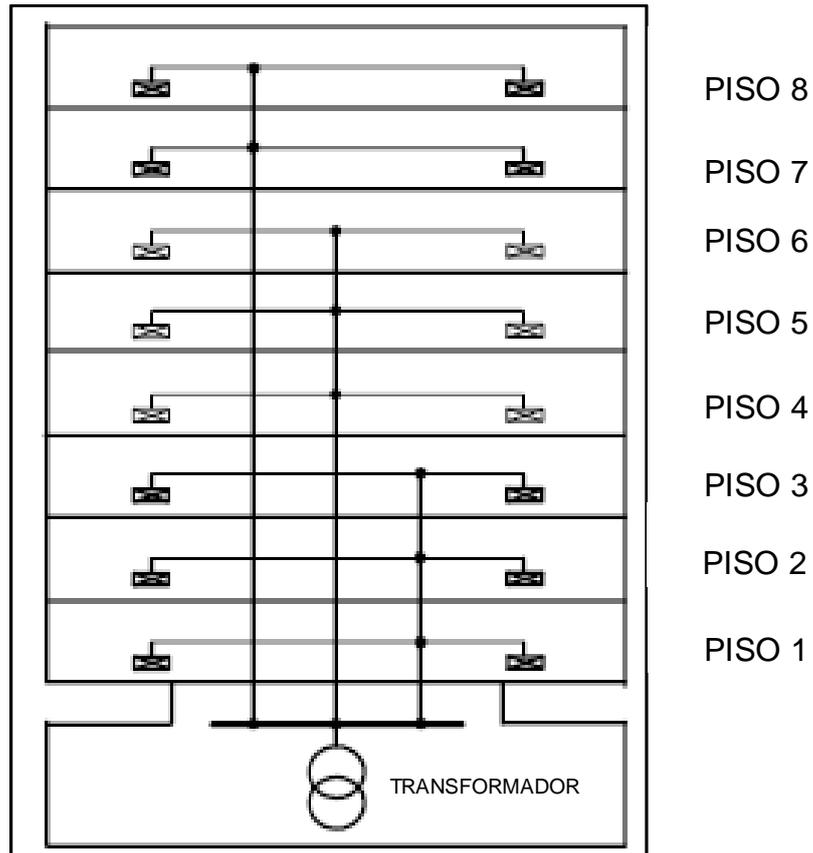


Figura 2.14: Suministro agrupado
Fuente: (Hussain, 2017)

Aplicaciones: Las aplicaciones del suministro agrupado van destinada para edificios con altas concentraciones de carga, por razón de disminuir el tamaño de las electrobarras al dividir la corriente por el número de barras utilizado a continuación se nombran las ventajas del diseño que se presenta en la figura 2.14 que son:

- Montaje más fácil.
- Tamaño más pequeño para el aumento de la red eléctrica.

Desventajas: En el caso de presentarse una falla eléctrica provocado por el aumento de la red, puede llegar a afectar a los diferentes pisos del edificio. Es un diseño relativamente bajo en seguridad, a continuación, se nombran las siguientes desventajas:

- Las cargas se balancean solo dentro de cada grupo.
- Tablero de distribución de energía más grande.

- Suministro de piso individual

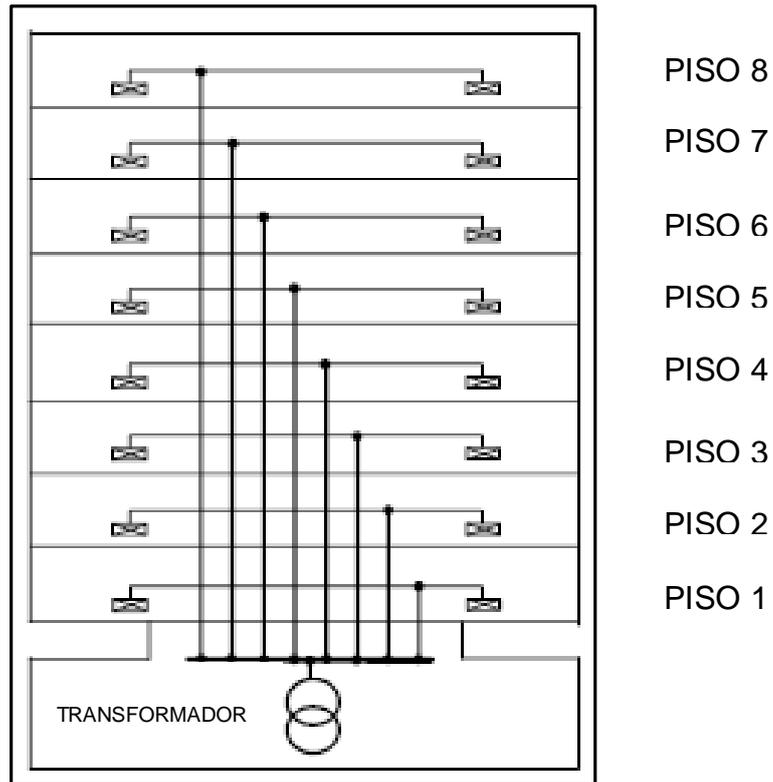


Figura 2.15: Suministro de piso individual
Fuente: (Hussain, 2017)

Aplicaciones: Este diseño se aplica en edificios donde el centro de medición y suministro se encuentran ubicados en un punto central de la planta baja, a continuación, se presentan las siguientes ventajas de diseño de la figura 2.15 que son:

Ventajas:

- Se pueden utilizar electrobarras de menor tamaño (fácil instalación).
- En el caso de una falla en el surgimiento principal, solo se efectúa el cambio del segmento o derivación.

Desventajas:

- No se puede equilibrar la carga diferente de los pisos individuales.
- La tubería principal ascendente debe estar clasificada para la carga máxima de cada piso.
- No económico: uso de múltiples electrobarras.
- Gran cuadro de distribución de baja tensión con numerosos circuitos.

- Suministro de doble alimentación

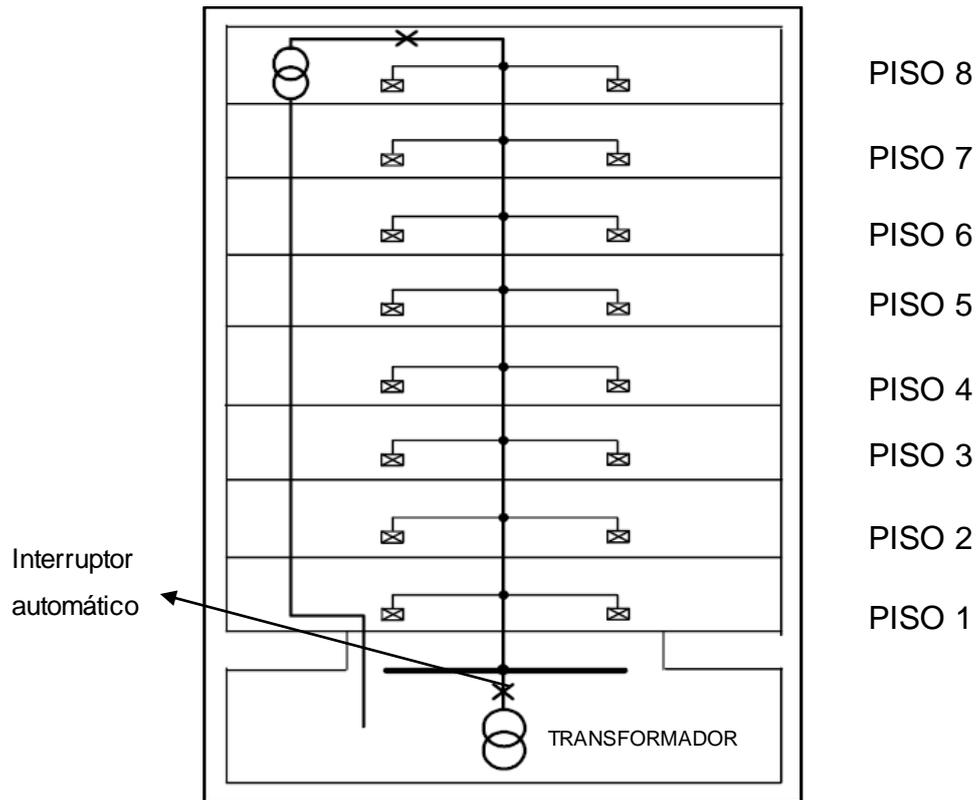


Figura 2.16: Suministro de doble alimentación
Fuente: (Hussain, 2017)

Aplicaciones: El diseño mencionado se aplica en edificios con cargas relativamente altas ubicado en los pisos superiores, como ascensores, cocinas, motores y centrales de aire acondicionado, a continuación, se presentan algunas ventajas de la figura 2.16 que son:

Ventajas:

- Mayor seguridad del suministro eléctrico.
- Las diferentes cargas de los pisos individuales se equilibran.
- Menor tamaño de tablero de distribución.

En la práctica, todos los circuitos de alimentación presentados anteriormente se utilizan dependiendo del tipo de edificio a alimentar por razón del tamaño, intensidad de carga y la aplicación del inmueble como tal.

2.4.3 Normativa aplicada en baja tensión

- Transformadores

Según el NATSIM 2012 menciona que, el distribuidor eléctrico será el encargado de suministrar e instalar sus transformadores en su sistema de distribución, para consumidores con una demanda de hasta 30 kW, siempre que no se encuentren ubicados en urbanizaciones o lotizaciones donde existan situaciones. Si la demanda excede de 30 kW, el consumidor suministrará e instalará sus propios transformadores dentro de un cuarto habilitado para el efecto, cuya capacidad, voltajes de primario, secundario y tipo de conexión se especificará en el diagrama unifilar del proyecto eléctrico que se presentará al distribuidor para su aprobación.

Todos los transformadores monofásicos al instalarse cumplirán con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2114:2004 y los transformadores trifásicos con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2115:2004.

En su artículo 15.1.2 sobre celdas de media tensión menciona que, si se considera la instalación de un transformador trifásico o banco de transformadores, cuya capacidad de transformación sea mayor a 500 kVA, se deberá prever la instalación, de un interruptor automático para operación con carga o un seccionador fusible para operación simultánea de las tres fases bajo carga. Este equipo será suministrado por el Consumidor, previa aprobación del Distribuidor.

- Distribución eléctrica en baja tensión

En cumplimiento de lo dispuesto, la Norma Ecuatoriana de la Construcción menciona que, las instalaciones eléctricas deben garantizar la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que puedan surgir por el uso de la electricidad, así como el cumplimiento de estándares de calidad y continuidad del servicio. El diseño eléctrico se desarrolla en función de los planos arquitectónicos y características físicas de la vivienda a proyectar. Además, debe existir un alto grado de coordinación y compatibilidad entre los diseños eléctrico, telefónico, electrónico, hidráulico, estructural y sanitario.

CAPÍTULO 3

FACTORES DE DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE CARGA

3.1 Definición

La carga de un sistema de distribución de energía eléctrica es la parte terminal del sistema que convierte la energía eléctrica a otra forma de energía. Por ejemplo, un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en energía mecánica. Más aún, este concepto incluye a todos los artefactos que requieren de energía eléctrica para funcionar o realizar un trabajo. El dimensionamiento de la carga representa la suma de las intensidades o potencias nominales de todos los artefactos de consumo dependientes del sistema de distribución de energía eléctrica, o de una parte de él.

El resultado de este proceso de cálculo constituye a la carga conectada y representa la máxima demanda posible de una instalación. La demanda de una instalación o sistema es la carga en los terminales receptores de dicha instalación o sistema, promediada sobre un intervalo específico de tiempo. Para que la demanda quede perfectamente definida, es necesario que se especifiquen su intervalo, periodo y forma de medición.

3.1.1 El intervalo

Es el tiempo en el cual la carga es promediada, el mismo que es determinada para cada aplicación particular. La aplicación puede darse por la constante de tiempo térmica de un aparato o por la duración de la carga en este último caso, la carga podrá ser momentánea, como cargas por soldadoras o arranques de motores. Los intervalos de demanda son típicamente de 15, 30 o 60 minutos. Los lapsos de 15 o 30 minutos se aplican comúnmente en facturación, selección de la capacidad de equipos, estudios de balanceo y transferencia de carga. El intervalo de 60 minutos permite construir perfiles de carga diarios para el análisis del consumo eléctrico, determinar el rendimiento de los equipos, para elaborar un estudio más exacto de demanda del sistema de distribución de energía eléctrica.

3.1.2 Relación de influencia de cargas

En la figura 3.1 se puede observar que las características de la carga influyen en los sistemas de potencia y distribución, más no en viceversa. Las características de las cargas expresan el comportamiento de los usuarios frente al sistema de distribución y, por lo tanto, imponen las condiciones (donde está y como establece la demanda durante el período de carga). Las empresas de energía pueden realizar control sobre algunas cargas para evitar que el sistema colapse.

Organizativamente los consumidores forman una entidad independiente por quedar sus instalaciones fuera del control de la empresa que opera el sistema de energía; sin embargo, desde el punto de vista operativo, las cargas eléctricas vinculadas al mismo constituyen los receptores de energía que consumen su producción y es esa la razón fundamental por la que sus características y su comportamiento deben conocerse en cada momento.

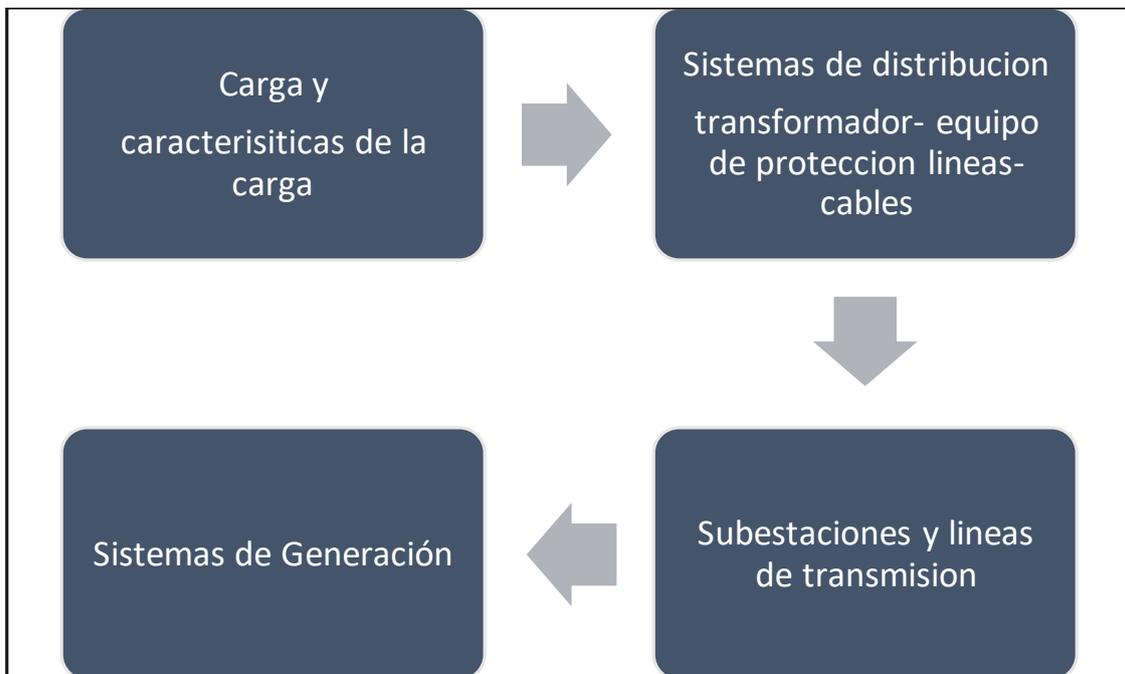


Figura 3.1: Cargas sobre las redes de distribución

Fuente: Autor

Las características de las cargas en forma macro escapan al control del ingeniero encargado, salvo las especificaciones técnicas del contrato de suministro de energía, puesto que cada usuario, fundamentalmente los mediados y los

pequeños, la toman de la red cuando la necesitan sin realizar ningún análisis del estado en que se encuentra esta. Es pues función de los operadores del sistema conocer adecuadamente la naturaleza, magnitud y duración de las cargas para planificar en forma adecuada su alimentación.

3.2 Factores de diseño

Para diseñar una instalación se debe evaluar la demanda de todas las cargas instaladas en el sistema, de forma contigua se debe establecer un intervalo de tiempo para obtener la demanda máxima en el lapso seleccionado. Un diseño que simplemente se base en la suma aritmética de todas las cargas existentes en la instalación sería extremadamente caro y poco práctico, sobredimensionando el sistema eléctrico del inmueble, desde el punto de vista de la ingeniería.

El propósito de este capítulo es el de mostrar cómo se pueden evaluar varios factores teniendo en cuenta la diversidad que hace referencia a la operación no simultánea de todos los dispositivos de un grupo determinado, y el factor utilización que hace referencia al servicio de un equipo al 100% (por ejemplo, un motor eléctrico no funciona normalmente al límite de su capacidad por ende se debe de medir el porcentaje de utilización del equipo etc.)

Además de proporcionar datos de diseño de instalaciones básicas en circuitos individuales, los resultados proporcionarán un valor global para la instalación a partir de la que se pueden especificar los requisitos de un sistema de alimentación (red de distribución, transformador de alta/baja tensión o grupo electrógeno).

Este es uno de los parámetros de diseño cuya determinación requiere el máximo cuidado a fin de evitar la subestimación y la sobrestimación de las demandas futuras. La tasa de crecimiento de la demanda en redes de distribución es diferente para cada clase de consumo, es evidente que el aumento de la demanda máxima individual, que es el criterio de diseño, es mayor para una zona de consumo bajo que para una zona de consumo medio o alto. Entonces puede definirse que la red debe diseñarse para abastecer a las cargas actuales y a la proyección de cargas futuras.

3.2.1 Carga instalada C_I

También conocida como Potencia instalada es la suma de todas las potencias nominales continuas de los aparatos de consumo conectados a un sistema o a parte de él, se expresa generalmente en kVA, MVA, kW o MW. Matemáticamente se indica como:

$$C_I = \sum \text{Potencias nominales de las cargas}$$

3.2.2 Capacidad instalada P_I

Corresponde a la suma de las potencias nominales de los equipos (transformadores, generadores), instalados a líneas que suministran la potencia eléctrica a las cargas o servicios conectados. Es llamada también capacidad nominal del sistema.

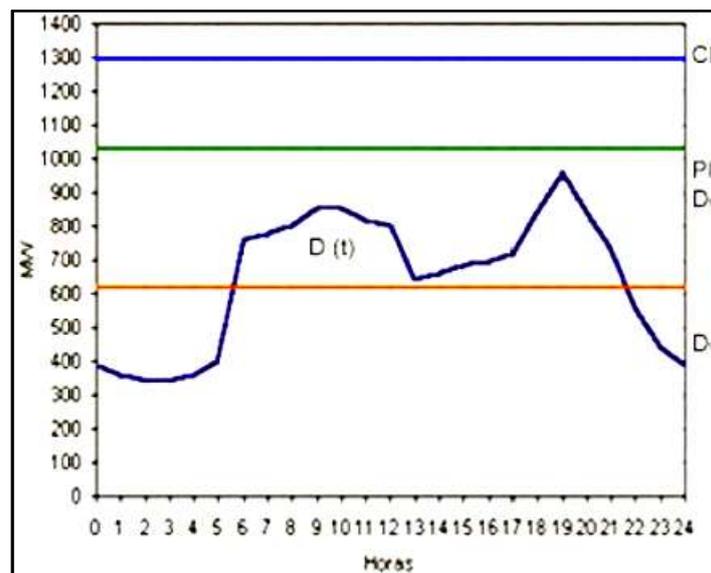


Figura 3.2: Capacidad instalada P_I
Fuente: (Maraver, 2018)

En la figura 3.2 se muestra una curva que representa el comportamiento de una demanda hipotética durante 24 horas equivalente a un día. En este sentido el pico más alto de la curva representa la demanda máxima durante las 19 horas si se hubiera dispuesto un instrumento con intervalos de medición cada 15 minutos.

3.2.3 Carga máxima D_M

La carga máxima, se conoce también como la demanda máxima y corresponde a la mayor carga que se presenta en un sistema, en un período de trabajo previamente establecido, la carga máxima es la que se presenta a las 19 horas típicamente.

Es esta demanda máxima la que ofrece mayor interés ya que aquí es donde se presenta la máxima caída de tensión en el sistema y por lo tanto cuando se presentan las mayores pérdidas de energía y potencia. Para establecer se debe especificar el intervalo de demanda para medirla. La carga puede expresarse en por unidad “p.u”, de la carga pico del sistema; por ejemplo, se puede encontrar la demanda máxima cada 15 minutos, 30 minutos y 1 hora, dependiendo de la configuración del equipo de medición.

3.2.4 Factor de demanda F_D

El factor de demanda en un intervalo de tiempo t , de una carga, se conoce como la razón entre la demanda máxima y la carga total instalada. El factor de demanda por lo general es menor que 1, siendo 1, únicamente cuando el intervalo considerado ya sea en 15, 30 o 60 minutos, todos los equipos y aparatos conectados al sistema estén trabajando al máximo en el mismo lapso de tiempo, lo cual en la práctica se considera muy improbable. Matemáticamente, este concepto se puede expresar como:

$$F_D = \frac{\text{Carga máxima}}{\text{Carga Instalada}} = \frac{D_M}{C_I} \leq 1$$

El factor de demanda es uno de los aspectos principales en el diseño y dimensionamiento de una instalación eléctrica, permite un desarrollo más aproximado a la realidad e indica el grado la cual la carga total instalada se opera simultáneamente con el fin de poder lograr abastecer dicha carga sin tener inconvenientes de cortes eléctricos provocado por los interruptores automáticos por una sobrecarga que debió ser estimada correctamente.

3.2.5 Factor de utilización F_U

El factor de utilización es un sistema eléctrico en un intervalo de tiempo t , es la razón entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema (capacidad instalada), es decir:

$$F_U = \frac{\text{Carga máxima}}{\text{Capacidad instalada}} = \frac{D_m}{PI}$$

Es conveniente hacer notar que mientras el factor de demanda da el porcentaje de carga instalada que se está alimentando, el factor de utilización indica la fracción de la capacidad del sistema que se está utilizando durante el pico de carga en el intervalo considerado, (es decir, indica la utilización máxima del equipo o instalación).

3.2.6 Factor de Potencia F_P

Es la relación entre la potencia activa (W, kW o MW) y la potencia aparente (VA, kVA, MVA), determinada en el sistema o en uno de sus componentes.

$$\cos \Phi = \frac{\text{Potencia activa}}{\text{Potencia aparente}}$$

La incidencia más importante del factor de potencia es en el porcentaje de pérdidas y en la regulación de voltaje y, por lo tanto, en la calidad y economía del servicio eléctrico. Para sistemas de distribución se fija un valor mínimo de 0.9 para el factor de potencia. En el caso de tener valores inferiores a este se deberá corregir este factor por parte de los usuarios, por parte de la empresa electrificadora o por ambos. En redes que alimentan usuarios industriales se fija un 0.85 como mínimo.

El factor de potencia se corrige mediante la instalación de bancos de condensadores en las acometidas de los usuarios cuyas cargas así lo requieran, o en los circuitos primarios. Es muy importante calcular bien los kVAR a compensar y la ubicación de los bancos de condensadores dentro del sistema.

3.2.7 Potencia Aparente S

Normalmente se asume que la potencia aparente instalada es la suma aritmética de los kVA de las cargas individuales. Los kVA máximos estimados que se van a proporcionar sin embargo no son iguales a los kVA totales instalados.

La demanda de potencia aparente de una carga (que puede ser un dispositivo sencillo) se obtiene a partir de su potencia nominal (corregida si es necesario por el factor de potencia en caso de motores, etc.) y de la aplicación de los siguientes coeficientes:

- η = rendimiento = kW de salida/kW de entrada.
- $\cos \phi$ = el factor de potencia = kW/kVA.
- La demanda en kVA de potencia aparente de la carga: $S = P / (\eta \times \cos \phi)$

A partir de este valor, la corriente de carga completa I_a = corriente de la carga que toma la carga será para una carga conectada entre fase y neutro:

$$I_a = \frac{S \times 10^3}{V}$$

para una carga trifásica:

$$I_a = \frac{S \times 10^3}{\sqrt{3} \times U}$$

- V = tensión fase-neutro (voltios).
- U = tensión fase-fase (voltios).

Se tiene que tener en cuenta que, hablando de un modo estricto, los kVA totales de potencia aparente no son la suma aritmética de los kVA calculados de las cargas individuales (a no ser que todas las cargas tengan el mismo factor de potencia). Sin embargo, es normal realizar una suma aritmética simple, cuyo resultado dará un valor de kVA que supera el valor real por un “margen de diseño” aceptable.

3.2.8 Factor de coincidencia F_c

Es la relación entre la demanda máxima coincidente de un grupo de consumidores en relación con la suma de las demandas de potencia máxima de consumidores individuales que conforman el grupo, ambos tomados en el mismo punto de alimentación para el mismo tiempo.

$$F_c = \frac{\text{Demanda máxima coincidente}}{\text{suma de demandas máximas individuales}}$$

La aplicación correcta del F_c constituye un elemento muy importante en la planeación del sistema, ya que será la demanda máxima corregida por este factor la que se deberá aplicar para seleccionar el equipo (transformadores o cables) de la red, haciendo más real y económico el diseño.

Recordando ahora que $D_M = F_D \times C_I$

- D_M : Demanda máxima
- F_D : Factor de demanda
- C_I : Carga instalada

3.3 Dimensionamiento de carga

Todas las cargas individuales no operan necesariamente a su potencia nominal máxima ni funcionan necesariamente al mismo tiempo. Los factores F_c y F_u permiten la determinación de las demandas de potencia máxima y de potencia aparente realmente necesarias para dimensionar la instalación.

En la Tabla contigua 3.1 se muestran algunos valores típicos para éste y se pueden aplicar a todos los consumidores domésticos con suministro de 230/400 V (trifásico de cuatro hilos). En el caso de los consumidores que utilizan acumuladores de calor eléctricos para la calefacción, se recomienda un factor de 0,8 con independencia del número de consumidores.

Tabla 3.1: Factores de simultaneidad

Número de consumidores	Factor de simultaneidad
De 2 a 4	1
De 5 a 9	0,78
De 10 a 14	0,63
De 15 a 19	0,53
De 20 a 24	0,49
De 25 a 29	0,46
De 30 a 34	0,44
De 35 a 39	0,42
De 40 a 49	0,41
50 y más	0,40

Fuente: (Scheider, 2018)

3.3.1 Estimación de la demanda

Para entender mejor la situación se describe un ejemplo de cálculo en un edificio de apartamentos de cinco pisos con 25 consumidores, que tienen una carga instalada de 6 kVA cada uno.

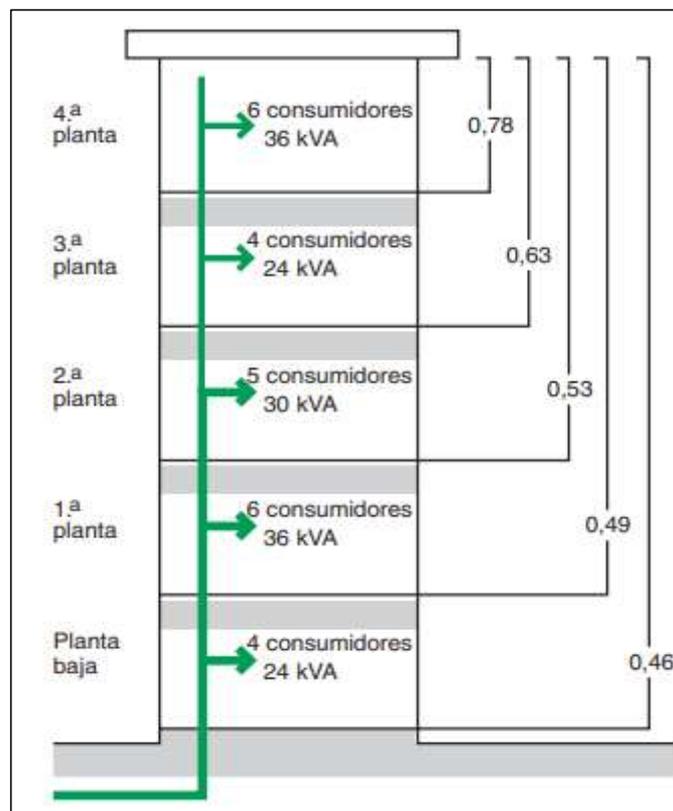


Figura 3.3: Estimación de demanda de un edificio

Fuente: (Schneider, 2010)

Para la figura 3.3 se detalla la cantidad de consumidores por cada piso y la carga instalada de cada uno entonces para efectos de cálculo la carga total instalada para el edificio es:

$$C_I = (36 + 24 + 30 + 36 + 24) \text{ KVA} = 150 \text{ kVA.}$$

Entonces se obtiene que para todo el edificio se obtiene una carga instalada de 150 Kva sin embargo si nos basamos en este resultado el dimensionamiento de la instalación sería muy grande provocando altos costos innecesarios, por eso partir de la tabla 3.1, es posible determinar la magnitud de las corrientes bajo un rango de corrección, en diferentes secciones del circuito principal común que proporciona suministro a todos los pisos.

En conductores tipo cable que van en sentido vertical y que se alimentan a nivel del suelo. Obtenemos que, el suministro de potencia aparente necesario para el edificio es:

$$S = 150 \times 0,46 = 69 \text{ kVA.}$$

En el ejemplo, la corriente demandada que entra en el cable o conductor de subida a nivel del suelo es:

$$I_a = Fc \frac{S \times 10^3}{\sqrt{3} \times U} = \frac{150 \times 0,46 \times 10^3}{400\sqrt{3}} = 100 \text{ A}$$

Sin embargo, para conocer la corriente demandada por cada piso debemos sumar la carga instalada anterior del piso en estudio para el caso de la tercera planta, recordando que para un transformador trifásico para conceptos de voltajes se ven afectados por la raíz de tres en relación al desplazamiento de las fases en 120 grados a continuación se muestra el siguiente calculo:

$$I_a = \frac{(36 + 24) \times 0,63 \times 10^3}{400\sqrt{3}} = 55 \text{ A}$$

3.3.2 Conductores

Los conductores eléctricos son aquellos que poseen poca resistencia al flujo de corriente, dadas sus propiedades específicas. La estructura atómica de los conductores eléctricos facilita el movimiento de los electrones a través de estos, con lo cual este tipo de elementos favorece la transmisión de electricidad, se aplica este concepto a los cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad. Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio.

- Tipos de cobre para conductores eléctricos
 - Cobre de temple duro: Conductividad del 97% respecto a la del cobre puro. Se utiliza en la fabricación de conductores desnudos, para líneas aéreas de transporte de energía eléctrica, donde se exige una buena resistencia mecánica.
 - Cobre recocido o de temple blando: Conductividad del 100%. Como es dúctil y flexible se utiliza en la fabricación de conductores aislados.

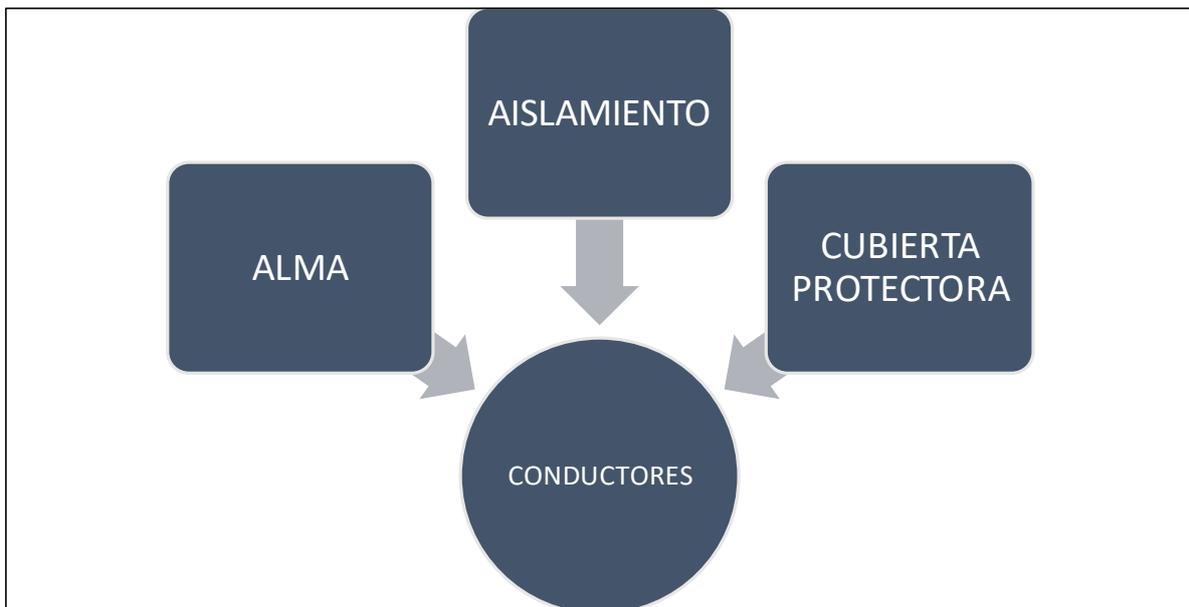


Figura 3.4: Partes de un conductor
Fuente: Autor

Dependiendo cómo esté constituido el alma o elemento conductor el alambre es el alma conductora está formado por un solo elemento o hilo conductor, el cable es el alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, esto le hace ser muy flexibles.

3.3.3 Selección y cálculo de conductores

Una vez que se ha elegido un producto, y habiendo tomado en cuenta las normas vigentes durante el diseño de la instalación, el siguiente paso es el cálculo del calibre mínimo del conductor. Es necesario aclarar que el calibre mínimo para una instalación no es siempre el más económico. Los principales factores que se deben considerar al calcular el calibre mínimo para un conductor de baja tensión son:

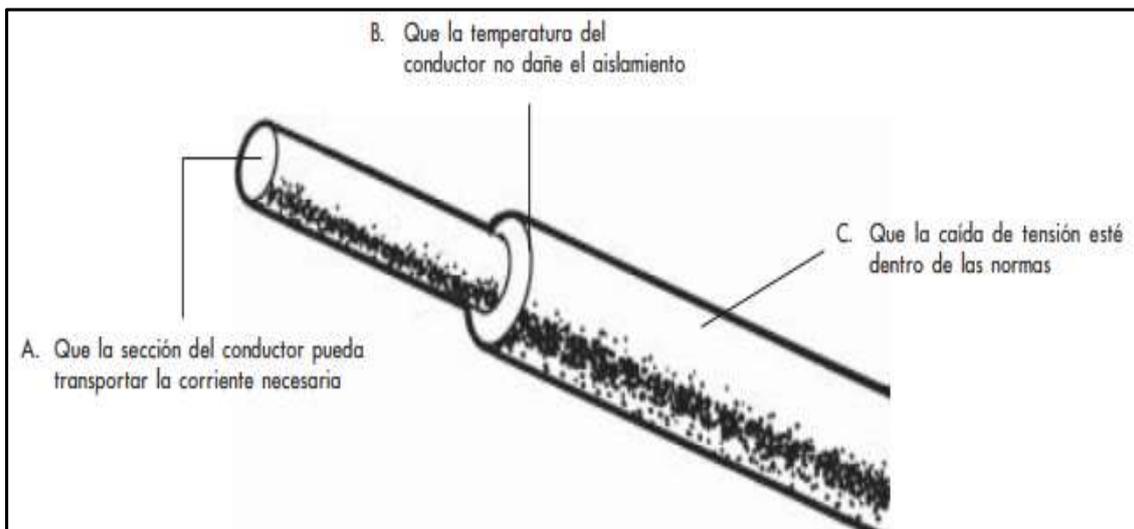


Figura 3.5: Factores cálculo de calibre
Fuente: (Pezo, 2015)

Es de vital importancia considerar los tres aspectos al mismo tiempo, porque en caso contrario se podrían ocasionar los siguientes problemas:

Si la sección de cobre es menor:

- El conductor incrementará su resistencia eléctrica, aumentando las pérdidas de energía.
- El conductor aumentará la temperatura de operación, incrementando la resistencia eléctrica y deteriorando el aislamiento.
- La caída de tensión de la línea excederá a la permitida, lo cual puede llegar a afectar a las cargas y dañar los equipos.

Si no se protege el aislamiento:

- El aislamiento sufrirá deterioro por alta temperatura, aumentando el riesgo de fugas de corriente y cortocircuitos.
- Disminuirá la vida útil del conductor

Si no se cuida que la caída de tensión sea correcta:

- El circuito y los conductores trabajarán fuera de norma.
- Pueden dañarse los equipos alimentados, o no dar el servicio requerido.

Conviene comentar que, en la parte inferior de este diagrama de flujo, se distinguen una vez más los tres factores básicos en el cálculo del calibre. Para facilitar el entendimiento de este diagrama, siga el sentido de las flechas.

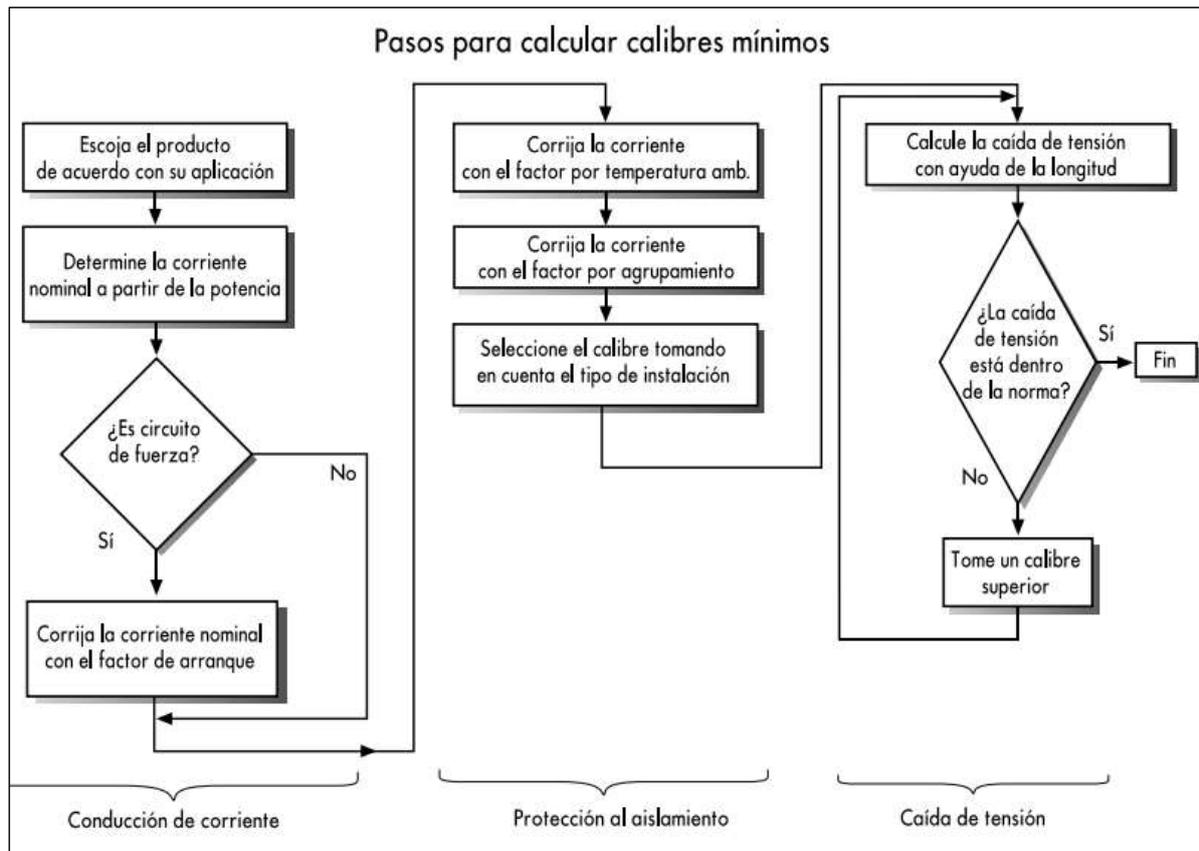


Figura 3.6: Pasos para calcular calibres mínimos
Fuente: (Pezo, 2015)

En el caso que sea trifásica multiplicar el voltaje por raíz de tres, para realizar el cálculo requerimos la tabla 3.2, que muestra como disminuye, aumenta o se mantiene la conducción de corriente en un conductor de acuerdo con la temperatura ambiente en la cual se encuentra, y la cantidad de conductores en una misma canalización. (no es igual a la eficiencia de la carga)

$$I = \frac{P(w)}{(V)(n)(Fp)} \qquad I = \frac{P(w)}{(\sqrt{3})(V)(n)(Fp)}$$

Tabla 3.2: Temperatura 30°C ambiente y no más de tres cables por canalización.

Calibre mm ²	Temperatura nominal del conductor (ver Tabla 310-13)						Calibre AWG o kcmils
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE				
0,82	....	....	14	....	....	....	18
1,31	....	....	18	....	....	....	16
2,08	20*	20*	25	....	....	....	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,20	110	130	150	85	100	115	1
53,50	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	450	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,70	455	545	615	375	445	500	1.000
633,38	495	590	665	405	485	545	1.250
760,05	520	625	705	435	520	585	1.500
886,73	545	650	735	455	545	615	1.750
1.013,40	560	665	750	470	560	630	2.000

Fuente: (NEC, 2011)

Es necesario afectar este valor de corriente por los factores de corrección por temperatura y agrupamiento (tablas 3.3 y 3.4). Este nuevo valor de corriente no circulará realmente por el conductor, su utilidad radica en simular las condiciones adversas en las que se estará trabajando.

Tabla 3.3: Factores de corrección, de tres o más conductores por canalización

FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temp. ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30°C, multiplicar las anteriores corrientes por el correspondiente factor de los siguientes						Temp. ambiente en °C
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26-30
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71	56-60
61-70	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58	61-70
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41	71-80

Fuente: (NEC, 2011)

Se procede a multiplicar los factores de cada tabla de acuerdo al cable que se quiera utilizar según la corriente determinada por los respectivos cálculos.

Tabla 3.4: Factores de corrección, de tres o más conductores por canalización

Número de conductores portadores de corriente	Porcentaje del valor de las Tablas, ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

Fuente: (NEC, 2011)

Una vez localizado el calibre del conductor, será necesario verificar la caída de tensión que sufrirá la instalación, utilizando para esto la fórmula de caída de tensión, que es. En todas las instalaciones eléctricas, los conductores la caída de voltaje no exceda al 3%. En adición, la máxima caída de voltaje total en los conductores de alimentadores o circuito derivados no debe exceder en ningún caso al 5%.

$$V = \frac{pLI}{S}$$

Donde:

- V = Caída de tensión
- L = Longitud del circuito (m)
- I = Corriente que circula (amperes)
- S= Sección del conductor

3.3.4 Normativa aplicada

- Estudio de demanda y factor de demanda

Según las Normas Ecuatorianas de Construcción NEC-SB-IE menciona que, para los cálculos de diseño se deben considerar los siguientes parámetros:

- Para iluminación: Se debe considerar por cada salida de iluminación una carga máxima de 100 Vatios (W).
 - En circuitos de iluminación se utiliza conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 2,5 mm² (14 AWG) para la fase, el neutro y conductor de tierra.
 - Para tomacorrientes: Se debe considerar por cada salida de tomacorriente una carga de 200 W. Se utiliza conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 4 mm² (12 AWG) para la fase y el neutro.
 - Para cargas especiales: Se consideran aquellas salidas para equipos cuya potencia sobrepasa los 1.500 W, como por ejemplo cocina eléctrica, vehículos eléctricos, calefacción, aire acondicionado, ducha eléctrica, equipos hidroneumáticos, ascensores, equipo médico, calentador eléctrico de agua, entre otros; debiendo considerarse para el diseño la potencia de placa de cada uno de los equipos y la cantidad de equipos a ser utilizados.
 - En circuitos de cargas especiales se utiliza conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 5,26 mm² (10 AWG) para las fases.
- Circuitos

Según las Normas Ecuatorianas de Construcción NEC-SB-IE pone a su disposición en vigencias que las viviendas deben disponer de circuitos independientes de iluminación, tomacorrientes y cargas especiales con las siguientes características:

- Los conductores de alimentadores y circuitos deben dimensionarse para soportar una corriente no menor a 125 % de la corriente de carga máxima a servir. Cada circuito debe disponer de su propio neutro o conductor conectado a tierra.
- Cada circuito debe disponer de su propia protección. Ningún circuito debe compartir servicios entre plantas o niveles diferentes de la vivienda.

CAPÍTULO 4

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ELECTROBARRAS

Los electroductos, electrobarras, bus de barras, ductos de barras, busways o busbar trunking system, o a veces mal llamado “Blindobarras”, a razón de que este último término es realmente el nombre de una de las empresas encargadas de fabricar y distribuir los equipos y materiales para este sistema. En este capítulo se describen las características, tipos, clasificación, funcionalidad, selección, partes principales y normativa de las electrobarras además se hace referencia a algunos modelos existentes en el mercado y de manera adicional se proyectan las ventajas ante el sistema tradicional (cables eléctricos) y cuáles serían sus aplicaciones en el mismo.

4.1 Definición

De acuerdo a la NEMA (National Electrical Manufacturers Association), una instalación construida con electrobarras se define como: “Un sistema de distribución eléctrica mediante elementos prefabricados compuesto por ramales (bus) de barras recubiertos de una carcasa protectora, incluyendo tramos rectos, ángulos, dispositivos y accesorios”. (Electbus, 2018)

Este sistema fue diseñado para llevar energía eléctrica desde una Sub-Estación hasta los sitios donde están ubicadas las cargas sin embargo su uso se ha ido diversificando hacia niveles de potencia más bajos hasta llegar a la distribución para los usuarios comerciales e inclusive residenciales, usando líneas de alimentación compuestas por elementos modulares que se empalman entre sí de forma muy simple y conveniente. Las áreas para energizar se conectan en puntos de derivación dispuestos en las barras enchufables cada pie lineal. La gran versatilidad del sistema facilita la incorporación de nuevos puntos de alimentación a cargas o reubicar los ya existentes, incluso después de terminada la instalación. Además de los elementos estandarizados, el sistema cuenta con piezas especiales y accesorios que garantizan acceso a todo el edificio.

4.2 Descripción del sistema

El sistema de distribución de energía eléctrica mediante electrobarras, es el método más práctico, funcional, eficiente y económico para transportar energía eléctrica dentro de una edificación. En la figura 4.1 se observa cómo se energiza un sistema desde una central de transformación compuesta de una celda de baja tensión, una celda de transformador y una celda de alta tensión - a través de una serie de elementos denominados feeders o Tramos de alimentación. Estos elementos transportan energía primaria a lo largo de la edificación hasta los puntos en los que se requiera una derivación para alimentar cargas.

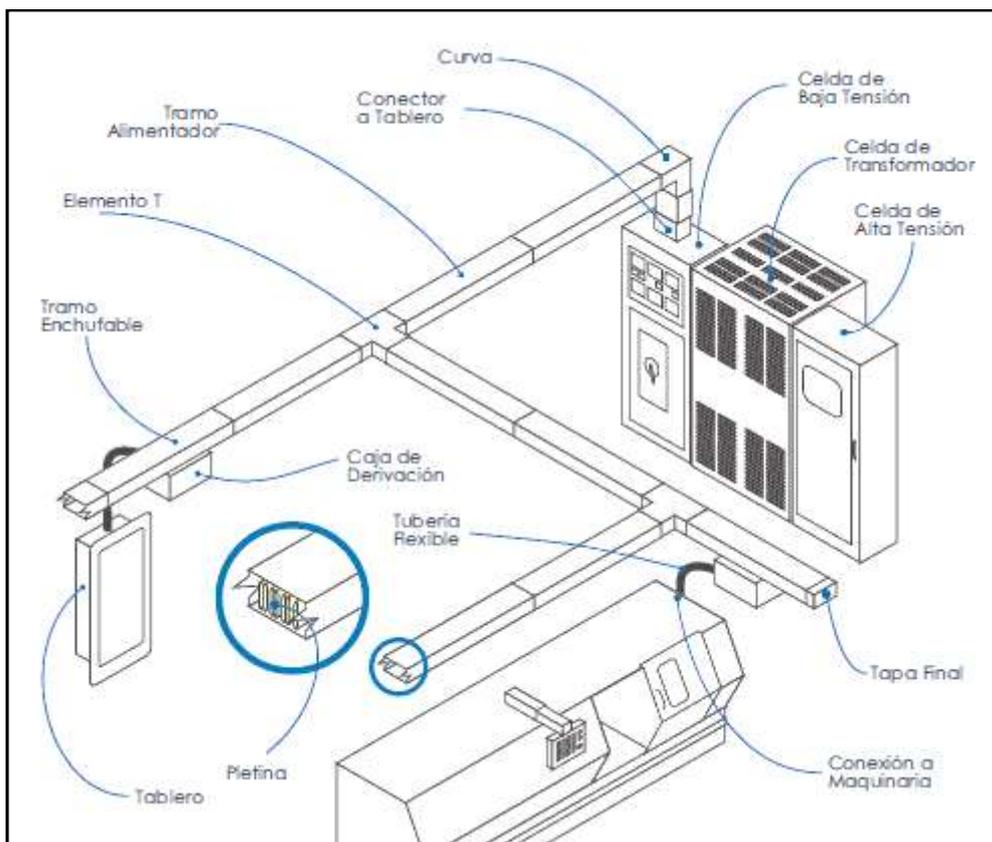


Figura 4.1: Sistema de Electrobarras
Fuente: (Electbus, 2018)

Los cambios de dirección, derivaciones, conexiones a tablero, etc. se logran con elementos modulares estandarizados identificados con nombres fáciles de recordar: Curvas, Tes, Equis, Elementos Conectores a Tableros, Reductores, etc. En aquellos sitios en los que se requiera de una derivación, bien sea para conectar un tablero con interruptores o alimentar maquinaria, se utilizan las llamadas "Cajas de

Derivación". Estos elementos se conectan en los puntos de derivación diseñados para este fin, que están dispuestos cada 24" (60.96 cm) en ambas caras de los ductos tipo enchufable.

Esta bondad del sistema, la de poder incorporar una nueva carga, sustituir una existente por otra, o cambiarla de posición en cuestión de minutos con un mínimo costo de mano de obra y sin tener que adquirir otros suministros que los instalados coloca al sistema de electrobarras en una clara ventaja al compararla con sistemas tradicionales de distribución de energía eléctrica.

4.3 Ventajas de las electrobarras

En esta sección se proyectará las diferentes ventajas que se pueden obtener al implementar electrobarras como sistema de distribución de corriente eléctrica, a diferencia de cables conductores, las electrobarras o electroductos son sistemas que distribuyen la electricidad a través de barras de cobre o aluminio y que cuentan con revestimientos de metal para proteger o evitar daños internos de los conductores. (Solano, 2015)

Este es un sistema que distribuye la energía de la forma más eficiente y moderna que existe en el mercado son usadas en todo tipo de proyectos, tanto en industria, como en comercio, centros sanitarios y grandes zonas de tránsito de personas, como, edificios residenciales. Las ventajas concretas de este tipo de cableado eléctrico son numerosas, dividiéndose en varias características, que resumimos a continuación:

4.3.1 Seguridad

En los proyectos diseñados con el sistema de Electrobarra, los circuitos ramales son sustituidos por un alimentador centralizado logrando reducir al mínimo las posibilidades de fallas. Por su construcción y diseño el sistema imposibilita conexiones impropias en el momento de la instalación o cuando se requieran modificaciones futuras.

Debido al diseño compacto y a la carcasa de acero, se crea un campo electromagnético comparativamente más abajo alrededor de un busway en comparación con un cable, por lo tanto, las cargas altas de 4000 amperios a 5000 amperios se pueden llevar fácilmente cerca de los cables de datos ya que estos estarán libres de interferencia electromagnética. Los electroductos cuentan, también, con una resistencia menor que los cables tradicionales. Esto significa que las pérdidas de energía por transmisión y distribución son menores en las electrobarras, contando también con un crecimiento más limitado de la potencia reactiva en comparación a otros sistemas.

4.3.2 Flexibilidad

Las conexiones en los puntos de derivación se realizan en muy corto tiempo y sin necesidad de herramientas especiales. Esta característica permite modificar la distribución de las cargas o la disposición de maquinarias a muy bajo costo en contraste con los sistemas tradicionales. Su simplicidad lo hace comparable con conectar y desconectar un tomacorriente, pero con la capacidad eléctrica de un sistema industrial.

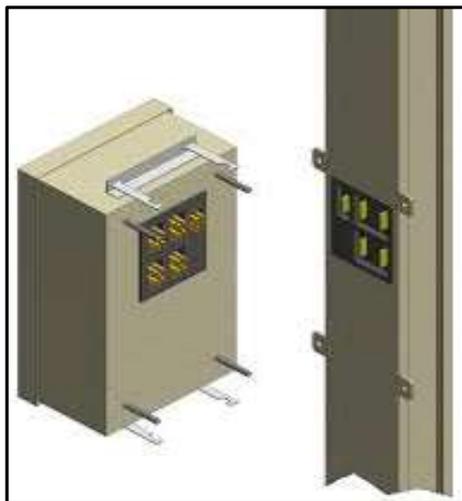


Figura 4.2: Flexibilidad-Electrobarra
Fuente: (Mendiola, 2016)

En el caso de los cables tradicionales cuando se realiza suministro de energía mediante alimentadores convencionales, cada carga tiene que ser conectada individualmente mediante cables, lo cual representa utilizar un gran tamaño de

espacio en ductos o canaletas, debido al tamaño del cable, a la reserva de espacio para adicionales y trabajos, futuras conexiones otro aspecto es la ventilación de los alimentadores para evitar el sobrecalentamiento. Estas variables mencionadas anteriormente, representan costos elevados en la construcción que conectan una fase con alto amperaje, la longitud de los cables varía tanto en la ubicación como en la conexión. Pero en el caso de barras, se elimina la diferencia de longitud ya que tienen los parámetros de resistencia activa e inductiva iguales para asegurar que la carga en cada fase sea la misma. (Torres, 2019)

4.3.3 Inversión

A diferencia de los sistemas tradicionales, las instalaciones construidas con Electrobarra pueden ser desmanteladas y reubicadas a voluntad, aprovechando 100% el material. Así la red de electrobarra se convierte en un activo fijo, 100% reutilizable desde el punto de vista técnico y financiero, y su reinstalación se ejecuta con muy bajos costos de mano de obra además debido a que la barra posee una carcasa de acero o aluminio, al contrario de los cables, ésta no demanda de bandejas portacables ya sea en instalación horizontal o vertical. Si no se instala previamente bandejas portacables, la instalación del alimentador eléctrico, en este caso la electrobarra se haría más rápidamente y el espacio que es ocupado por la bandeja podría ser aprovechado en otra aplicación que no sea la alimentación eléctrica. (Fernández, 2010)

4.3.4 Economía

Las instalaciones construidas con el sistema de Electrobarra son la alternativa más económica en comparación con sistemas tradicionales, ya que generan ahorros en los tiempos de desarrollo de proyectos e instalación, menores costos de diseño, ejecución, mantenimiento, espacio físico y depreciación. El precio de las Electrobarra es competitivo con su equivalente en cables más tuberías o bandejas. A medida que aumentan las cargas, la diferencia se cuantifica en forma mucho más favorable al inversionista en Electrobarra.

En cuanto a instalación se refiere, el costo de mano de obra se puede reducir a un 50% cuando se utiliza el sistema de Electrobarras al comparar con cables más tuberías. En conjunto, se pueden lograr economías hasta de un 30% y ganancias de tiempo en el proyecto hasta de un 60%. Adicionalmente a los ahorros directos en la instalación inicial, el sistema de Electrobarras aporta una reducción significativa en los costos de operación y mantenimiento gracias a la sencillez del sistema y su versatilidad al momento de hacer modificaciones y reinstalaciones. Esto sin contar el ahorro en depreciación anual por su característica reutilizable y su larga vida útil.

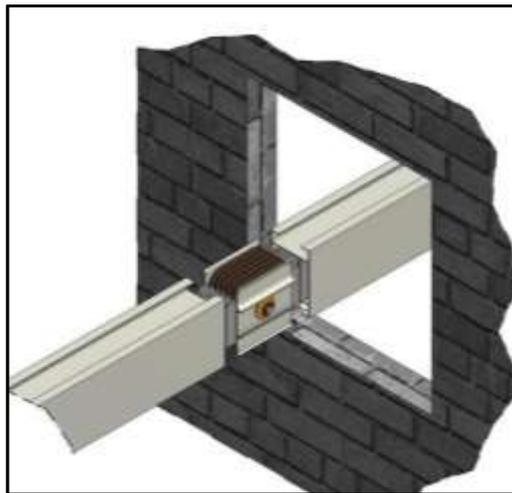


Figura 4.3: Reducción de espacio
Fuente: (Mendiola, 2016)

La economía en el uso del espacio es realmente significativa en la figura 4.3 se presenta un aspecto comparativo que es la reducción de espacio comparado con una solución con cable los espacios requeridos son menores. La sección transversal del espacio requerido se reduce en un 50% aproximadamente, en comparación uso de cables conductores y tubería. Las barras también permiten la utilización de un material conductor más económico, en efecto, si comparamos el aluminio electroplateado con estaño o plata, con el cobre, podemos obtener ahorros de hasta un 50% utilizando un bus con sistema de distribución de aluminio.

Por otro lado, la optimización del volumen es máxima en las curvas. En las normas describe, que una acometida trifásica de gran capacidad requiere de grandes cajas de paso y radios de curvatura de gran tamaño, lo cual no ocurre con las Electrobarras, cuyos cambios de dirección se hacen normalmente en ángulo recto.

De igual manera, los cuartos de control requieren mucho menos espacio para mantenimiento y operación. Adicionalmente, la utilización del sistema de Electrobarras permite el uso racional de los elementos de corte y protección, con lo que se ha logrado optimizar costos iniciales en forma significativa, produciendo proyectos y obras técnicamente más eficientes.

4.3.5 Técnicas

La NFPA 70 NEC National Electrical Code, en su artículo 364 de las electrobarras, así como varios fabricantes de las mismas, en sus catálogos de productos y proyectos, se mencionan diversas ventajas en relación al aspecto técnico (Barrena, 2018). En la siguiente lista se exponen algunas de estas ventajas:

- Elevada capacidad de corto circuito
- Amplias densidades de corriente
- Alta eficiencia EMC Y EMI
- Disminución de pérdidas por efecto Joule
- Disminución de pérdidas por efecto piel
- Alta complejidad de pérdidas por robos de energía
- Mejor aprovechamiento del suministro de energía
- Mejor eficiencia y calidad de energía.

4.4 Aplicación de electrobarras

El sistema de electrobarras o también conocidos blindobarras puede suplir la presencia de cables conductores en cualquier sistema de distribución de energía eléctrica sea de baja o media tensión. Por lo tanto, el rango de aplicación de las electrobarras es muy amplio. Este tipo de equipo puede ser utilizado en cualquier instalación comercial o industrial, ya sea en interior o en exterior.



Figura 4.4: Tamaño compacto
Fuente: (Eaton, 2018)

Regularmente se utiliza para reemplazar las instalaciones mediante cable y conduit, todo esto dependiendo de la longitud y la ampacidad del alimentador que se requiere instalar. Una de las principales razones por la cual el electroducto es utilizado, es la reducción del espacio requerido para la instalación. En instalaciones convencionales mediante cable y conduit se requieren de grandes espacios para colocar la totalidad de cable requerido para cada circuito, mientras que el electroducto ofrece dimensiones mucho más compactas.

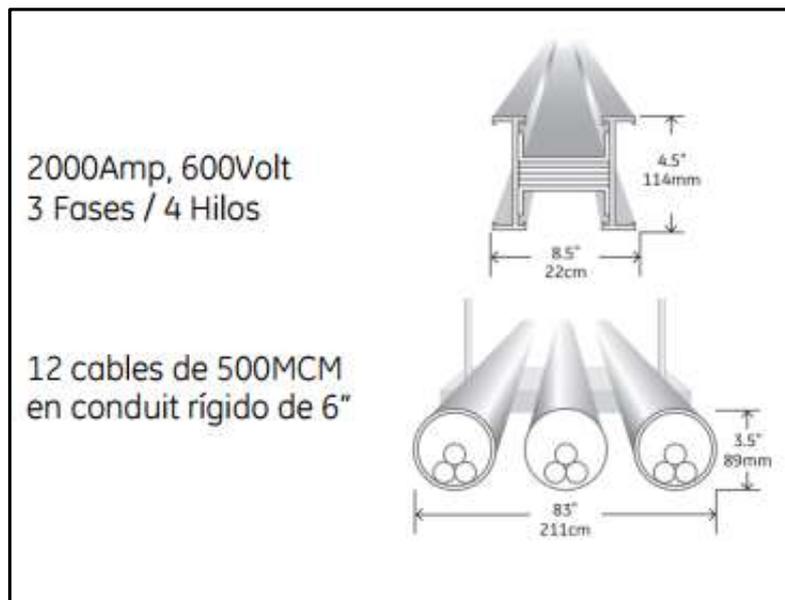


Figura 4.5: Sistema tradicional vs Electrobarra
Fuente: (Libstam, 2014)

Cada vez que el diseñador se encuentra con distancias y capacidades de conducción bastante considerables en su proyecto, surge en algún momento la pregunta de si la utilización de electroductos sería la mejor opción no obstante corresponde al diseñador tomar la decisión de si es una opción viable para su proyecto o no, esta decisión depende de diferentes variables que tienen que tomarse en cuenta y en general no es una decisión sencilla.

Sin embargo, se puede simplificar los usos más comunes de este sistema a los puntos principales donde es más factible usar este tipo de sistemas. Existen diferentes aplicaciones que se pueden obtener de la utilización de electrobarra, a continuación, se enumeran algunas de ellas:

4.4.1 Sistema eléctrico en edificios

Las electrobarras o electroductos pueden sustituir a los conductores convencionales que generalmente se distribuyen en todo el edificio en sentido vertical para llevar la energía eléctrica a todas las cargas ubicadas en los diversos pisos del edificio o estructura. La explicación de este tema está detallado en el capítulo 2.

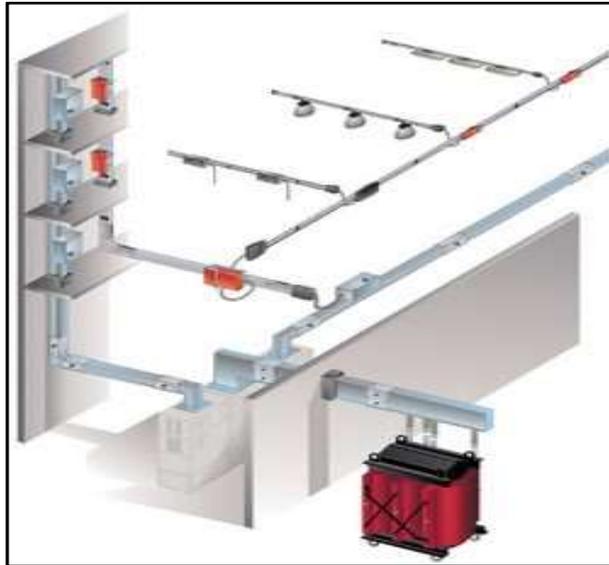


Figura 4.6 Sistema vertical Electrobarra
Fuente: (Busduct, 2018)

4.4.2 Alimentación de transformador a tablero de distribución

Debido al calibre del conductor o capacidad de conducción del cable se suele instalar alimentadores en paralelo para abastecer toda la demanda que requiera, este sistema parte del devanado secundario del transformador hacia la central de cargas o tablero de distribución del inmueble o también para la interconexión entre varios tableros. (Calf, 2015)

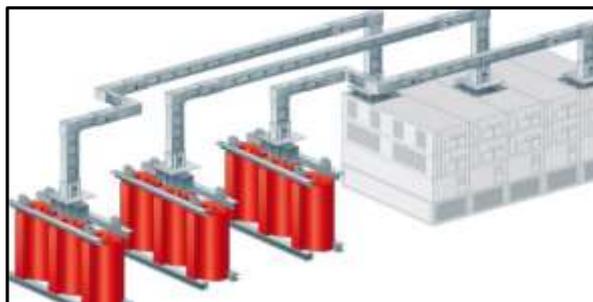


Figura 4.7: Conexión transformador-tablero
Fuente: (Busduct, 2018)

Para ello se presenta la oportunidad de instalar electrobarras que requieren menos espacio y cantidad de conductores para energizar de un punto a otro.

4.4.3 Sistema de iluminación

Las electrobarras se instalan en grandes fábricas, industrias, galpones o inmuebles de aspecto comercial o residencial, sin embargo, la distribución de la energía eléctrica tiene que ser de forma horizontal para llegar a cada uno de los puntos donde se encuentran las cargas.



Figura 4.8: Iluminación y distribución
Fuente: (Zucchini,2015)

Se aprovechan las electrobarras para distribuir energía eléctrica a sistemas de iluminación de grandes o medianas áreas, como galpones industriales, bodegas almacenamiento o centros comerciales esta iluminación está destinada para lugares de alta agresividad donde existan presencia de animales que afecten la integridad de las instalaciones o el ambiente laboral sea de alto riesgo para las instalaciones.

El diseño del sistema de electrobarras hace que sea fácil detectar anomalías durante la instalación y asegura un mantenimiento fácil. Cuando la humedad o polvo provoca un fallo en el sistema, el diseño modular permite reemplazar sólo la parte dañada. Comúnmente la revisión que se hace para determinar si es factible la utilización de electroducto, se limita a costear la trayectoria

de electroducto con sus respectivos accesorios y se compara contra el costo de cable y conduit, lo cual no es lo más adecuado ya que también deben entrar en consideración los costos de mano de obra para instalación y de mantenimiento, así como la vida útil del equipo.

4.5 Tipos de electrobarras

En esta sección se describirá los tipos de electrobarras de acuerdo a la NFPA NEC (National Electrical Code 2011) y en conjunto con otras normas internacionales y fuentes bibliográficas que han sido sintetizadas para establecer un orden conveniente para la descripción de los tipos de electrobarras, por lo cual se los clasifica por los niveles de voltaje estandarizados y mencionados en el primer capítulo del marco teórico, a continuación, se presentan las electrobarras de baja y media tensión

4.5.1 Electrobarra de media tensión

Estos sistemas de electrobarras son muy robustos, es decir, su constitución es más resistente a condiciones agresivas de trabajo y a la intemperie, poseen capacidades de conducción de corriente de entre 630 y 7500 amperios, y pueden operar con voltajes de hasta 27 kV. Se utilizan en subestaciones eléctricas, en plantas industriales que poseen hornos a inducción que funcionan a voltajes de 13,8 kV, e inclusive para sistemas de transmisión de energía eléctrica. Por su constitución, aplicación y niveles de voltajes que soportan se las ha clasificado en los siguientes tipos:

- Electrobarra de fase no segregada

La Electrobarra tipo NSPB (electrobarra de fase no segregada) se caracteriza por su aplicación compacta, cuyas barras están separadas por fases y el aislamiento entre las mismas se compone de aire. Contiene barras de aluminio y una carcasa en acero tipo indoor / outdoor. Pueden soportar voltajes de hasta 27 kV AC y corrientes de hasta 4000 A. Estas electrobarras son recomendadas para plantas donde se requiere alta continuidad y estabilidad en el sistema.



Figura 4.9: Electrobarra de fase no segregada MT
Fuente: (Mendiola, 2016)

- Electrobarra en molde de resina

Electrobarra hecha en molde de resina. Posee un IP de hasta 68. Sus barras están moldeadas con un dieléctrico epóxico. Diseñada para operar en voltajes inferiores a 27 kV y una corriente de hasta 5000 A. Esta electrobarra es la más adecuada y segura para trabajar en lugares de alta contaminación y donde se requiere alta estabilidad.



Figura 4.10: Electrobarra en molde de resina en MT
Fuente: (Mendiola, 2016)

4.5.2 Electrobarras de baja tensión

Corresponden a los sistemas de electrobarras utilizados para distribución de energía eléctrica tanto en industrias como en comercio, centros sanitarios y grandes zonas de tránsito de personas como edificios residenciales este sistema va desde los 25 hasta 7500 amperios, para sistemas de hasta 600 voltios y 50Hz o 60Hz. Según su aplicación y su constitución, se han clasificado en los siguientes tipos:

- Electrobarra tipo Sánduche:

Electrobarra tipo sánduche, llamada así por la disposición y estructura de sus barras es el medio preferido para conectar equipos eléctricos para maximizar el rendimiento del sistema de distribución de energía. Su facilidad de uso y la velocidad de instalación proporcionan una solución eficiente incluso para los requisitos de diseño más desafiantes en comparación con las soluciones de conductos de cableado tradicionales.

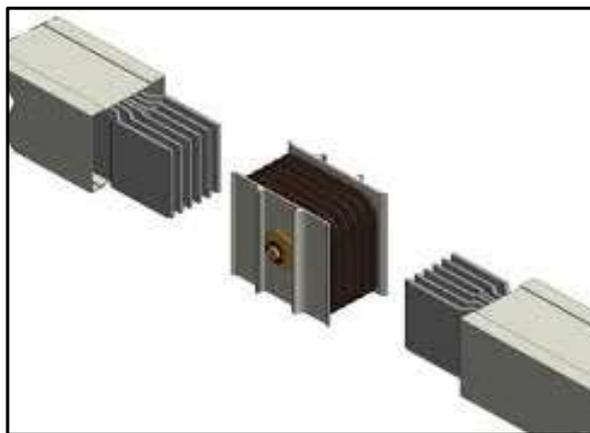


Figura 4.11: Electrobarra Tipo Sánduche
Fuente: (Legrand, 2018)

En la imagen 4.11 se presenta una Electrobarra más una unión entre ellas, ambas reflejan una forma singular que se asemeja a un sánduche. El material de las barras puede ser de cobre o aluminio. Las barras poseen un aislamiento de película de PET o polietileno tereftalato, recubrimiento epóxico o de mica. Poseen una carcasa de aluminio, con un IP54 aunque puede variar según fabricante. Diseñado para operar con voltajes inferiores a 1000 V CA, entre 630 hasta 7500 amperios. Este tipo de barra es el modelo estándar más utilizado.

- Electrobarra de fase no segregada de baja tensión

Electrobarra tipo NSPB (electrobarra de fase no segregada) es un conjunto de conductores de bus con conexiones, uniones y soportes aislantes asociados integrados dentro de una sola carcasa, están separadas por fases y el aislamiento entre las mismas es de aire.

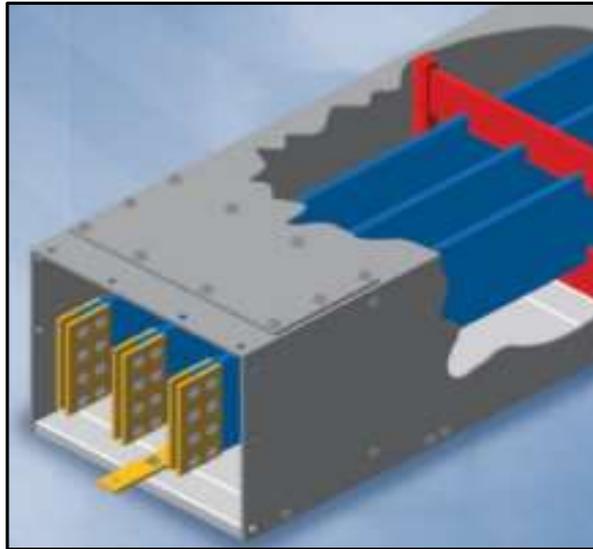


Figura 4.12: Electrobarra de fase no segregada
Fuente: (Eaton, 2018)

La figura 4.12 Contiene barras de aluminio y una carcasa especialmente formada que mejora la resistencia mecánica y reduce a un mínimo la posibilidad de contaminación interna, los aislantes cumplen dos funciones soporte y resistencia eléctrica para mejorar la seguridad del sistema. La solución está diseñada para su uso en circuitos cuya importancia requiere una mayor fiabilidad que la que proporcionan los cables de alimentación. Recomendadas para plantas donde se requiere alta estabilidad.

- Electrobarra en molde de resina para baja tensión

Electrobarra hecha en molde de resina. se fabrican específicamente para baja tensión con una resistencia al impulso de 8 KV. El modelo más comúnmente utilizado en baja tensión es para 24 KV con una capacidad de aislamiento básico de 120 KV (Kvbill). Posee un IP de hasta 68, es decir, protección completa contra contacto,

penetración de polvo y agua sumergiéndolo por un periodo indefinido. Sus barras están moldeadas con un dieléctrico epóxico.

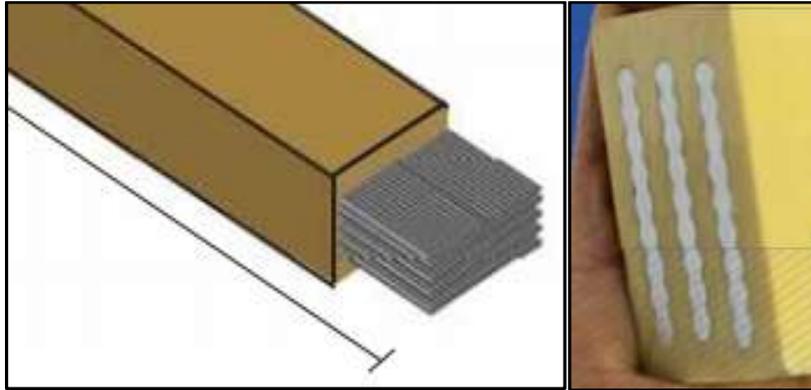


Figura 4.13: Electrobarra en molde en BT
Fuente: (Blindobarras, 2016)

Diseñada para operar en voltajes menores a 1000 V CA, y 630 A. Es la electrobarra más adecuada y más segura para trabajar en lugares críticos y agresivos y donde se requiere alta estabilidad. Puede ser de cobre o aluminio aprovechando la disminución de su peso en una gran capacidad si la comparamos con los electroductos tipo sánduche.

- Electrobarra de iluminación.

Electrobarra de iluminación. Es un sistema está compuesto por elementos rectos o curvos que se empalman entre sí para transportar la corriente, permitiendo realizar derivaciones a lo largo de su recorrido.

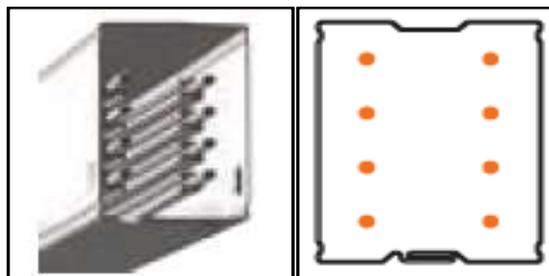


Figura 4.14: Electrobarra de iluminación
Fuente: (Zucchini, 2015)

En la figura 4.14 Se ilustran las barras tubulares de cobre o aluminio con aislamiento de PVC (policloruro de vinilo). La carcasa es de aluminio además puede

ser instalado con el sistema energizado. Diseñado para operar hasta con 690V AC, entre 25 hasta 63 amperios.

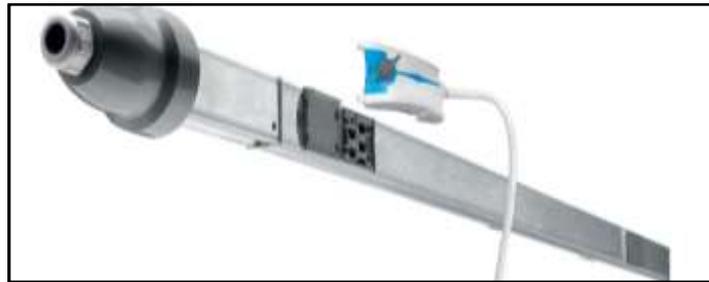


Figura 4.15: Accesorio- electrobarra de iluminación
Fuente: (Zucchini, 2015)

Se puede instalar tanto en falsos techos como en suelos técnicos, gracias al grado de protección IP55. La línea de barras se utiliza para alimentar accesorios de iluminación donde sea necesario colgar accesorios pesados en la barra. La alta rigidez mecánica se obtiene por la particular "configuración de tipo de viga" y por un mayor grosor de la carcasa metálica.

- Electrobarra híbrida

Este tipo de electrobarra es un producto híbrido que presenta los beneficios entre el estilo sánduche y el tipo de fase no segregada. Sus barras poseen aislante tipo aire tipo NSPB compacto. Este sistema es aplicado en ambientes como barcos, torres de viento y plantas químicas, donde la estabilidad y fiabilidad del sistema es requerida.

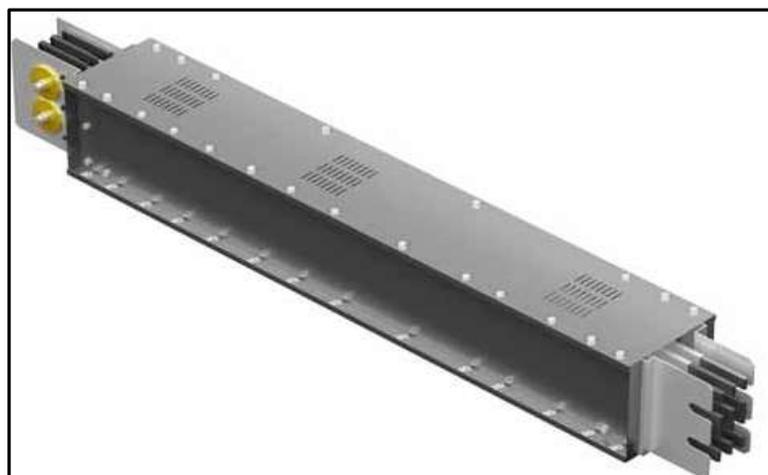


Figura 4.16: Electrobarra Híbrida
Fuente: (Eaton, 2018)

4.5.3 Normativa para el uso de electrobarras

La normativa que aplica para las electrobarras se basará en los estándares internacionales que garantizan un trabajo seguro y eficiente:

- IEC 60439-1: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies.
- IEC 60439-6: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies-Part 6: Busbar trunking systems (busways) (reemplaza la IEC 60439-2)
- UL 857: Busways
- NEMA 250: Enclosures for Electrical Equipment (1000 Volts Maximum)
- IEC 60529: Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
- Certificación sismo resistente nivel 4 IEEE (valida nsr10)
- Normas UNE y recomendaciones UNESA de referencia utilizadas en el REBT.

4.6 Selección de las electrobarras

El eficiente y sencillo diseño de las Electrobarras comienza a trabajar para usted tan pronto comienza a planificar un Sistema de Distribución Eléctrica. Hasta el más complejo proyecto de distribución de energía se hace sencillo cuando se proyecta con Electrobarras. Los diseños de la electrobarra deben tener presente la capacidad de corriente de la carga, la caída de tensión, el nivel de Icc en el punto de conexión de la electrobarra al tablero general, las pérdidas técnicas, la coordinación de protecciones y la tensión nominal. En la figura 4.17 se muestra los aspectos básicos que deben considerarse para diseñar un sistema de distribución con electrobarras.

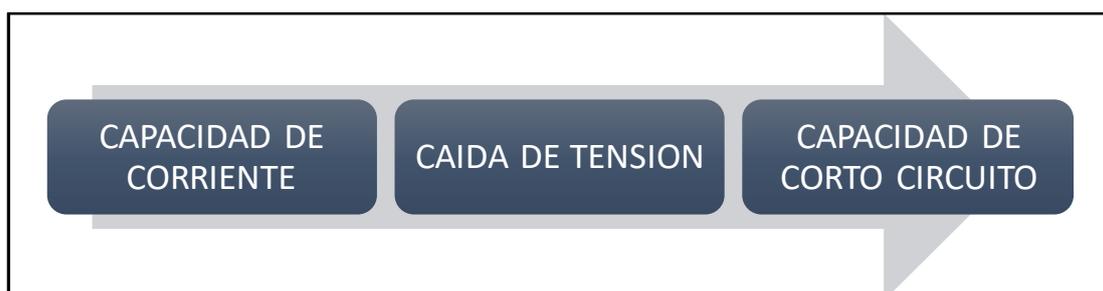


Figura 4.17: Aspectos básicos de selección para Electrobarras
Fuente: Autor

Cuando se diseña un sistema de distribución con electrobarras, es muy importante verificar la información técnica disponible para la edificación. Para realizar un proyecto eléctrico con eficiencia y economía es imprescindible conocer las características físicas y rasgos especiales del sistema de canalización por Electrobarras. En Ecuador no se han establecido normas para el servicio de instalación de electrobarras por ende los aspectos mencionados se basarán en reglamentos internacionales especificadas en la sección de normativas.

4.6.1 Capacidad de corriente

Todo proyecto debe comenzar por la estimación de carga total conectada al sistema. Este cálculo debe considerar los factores de diversidad, demanda y reserva de la misma manera que se calcularían para un sistema tradicional. El valor obtenido representa la carga total máxima a la cual será sometida la Electrobarra bajo cualquier condición.

En el caso de instalaciones no residenciales, el factor de diversidad o agrupamiento debe ser seleccionado por el ingeniero diseñador basado en el conocimiento de las características particulares del proyecto, el cual podrá ser usado para seleccionar la capacidad nominal de corriente de la electrobarra, teniendo en cuenta que en los casos donde se utilicen factores de carga por fuera del rango entre 0.5 a 0.7, será necesario presentar a la empresa distribuidora un informe técnico basado en un estudio estadístico de cargas similares y con una muestra tal que garantice un nivel de confianza superior al 95%, el cual demuestre que el factor utilizado es el adecuado.(Ocampo, 2017)

Así mismo, para la selección del factor de carga a emplear para seleccionar la electrobarra debe ser inferior al usado para dimensionar las protecciones en las cajas de derivación y/o las protecciones principales de los tableros de medida, teniendo en cuenta que los factores de diversidad cambian sustancialmente según el número de instalaciones. Con este primer valor, y tomando en consideración la posición prevista para el recorrido y la instalación, se selecciona el modelo de electrobarra a utilizar.

$$I_o = \frac{P_{tot.} \cdot \alpha \cdot \beta \cdot d}{\sqrt{3} \cdot U_e \cdot \cos \theta}$$

Donde:

- I_o : Corriente de operación
- α : Factor de diversidad de carga
- β : Factor de utilización de carga
- d : Factor de alimentación
- $P_{tot.}$: Suma de potencia activa de todas las cargas instaladas (W)
- U_e : Voltaje de operación
- $\cos \theta$: Factor de potencia de la carga

El factor “d” tiene un valor de uno cuando la electrobarra se alimenta desde un extremo y si es desde el centro obtiene el valor de 1/2, o si se alimenta desde cada extremo.

4.6.2 Caída de tensión

La selección del tamaño de la barra conductora debe ser evaluada en función de la caída de tensión que produce la corriente de carga al circular a lo largo del tramo de distribución. Igualmente, la caída de voltaje depende del factor de potencia de la carga a ser servida. Por tal motivo, la selección debe hacerse para condiciones normales de funcionamiento. En el caso de cargas inductivas, con alto nivel de corriente de arranque, se debe estudiar el efecto que ésta produce en la caída de tensión.

$$\Delta V = \frac{b \times k \times I_n \times L}{V_n} \times 100\%$$

Donde:

- I_n : Corriente nominal
- K : El coeficiente de caída de tensión
- L : longitud de ducto de barra
- b : Factor de distribución de la corriente (1 si es alimentado por un extremo)
- V_n : Tensión nominal

La caída de tensión en la electrobarras debe ser calculado con base en una matriz de impedancias o impedancia específica del respectivo fabricante y debidamente avaladas por pruebas en un laboratorio acreditado nacional o internacional. En ningún caso la caída de tensión podrá ser mayor del 3% hasta el tablero de medida más lejano. En el diseño de redes se deben aportar las memorias de cálculo y los soportes técnicos que avalen los parámetros de cálculo utilizados.

4.6.3 Capacidad de cortocircuito

Un diseño correctamente desarrollado prevé el esfuerzo al que podría ser sometido el Sistema de Electrobarras en caso de ocurrir un cortocircuito o sobre pico de corriente. La Electrobarra debe soportar como mínimo un nivel de corto circuito de 10kA, cuando los cálculos arrojen valores inferiores. Para efectos de esta norma, se debe considerar que en todos los puntos de la electrobarra se tiene el mismo nivel de cortocircuito calculado en el punto de alimentación de la misma, es decir, que debe considerarse el mismo nivel de cortocircuito en todo el recorrido de la electrobarra. Lo anterior, para efectos de cálculo de los conductores, interruptores y demás dispositivos que se conectan a dicho elemento.

$$I_{cc} = \frac{U_{tri}}{\sqrt{3} \times \sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2}}$$

Donde:

- I_{cc} : Corriente de cortocircuito en el tramo (A).
- U_{tri} : Tensión trifásica (400 V).
- R_{cc} : Resistencia del conductor en el tramo (Ω).
- X_{cc} : Reactancia del conductor en el tramo (Ω).

Los cálculos de cortocircuito deben realizarse con un tiempo de despeje de la falla (que corresponde al tiempo que tardan en actuar los interruptores), no inferior a 30 ms para totalizadores, con el fin de que los interruptores posteriores del totalizador puedan tener un tiempo menor (20 o 10 ms) para efectos de coordinación de protecciones.

4.7 Partes principales del sistema de electrobarras

Las Electrobarras conforman un sistema de distribución de energía eléctrica modular, compuesto por piezas prefabricadas intercambiables, compuestas por los siguientes elementos:

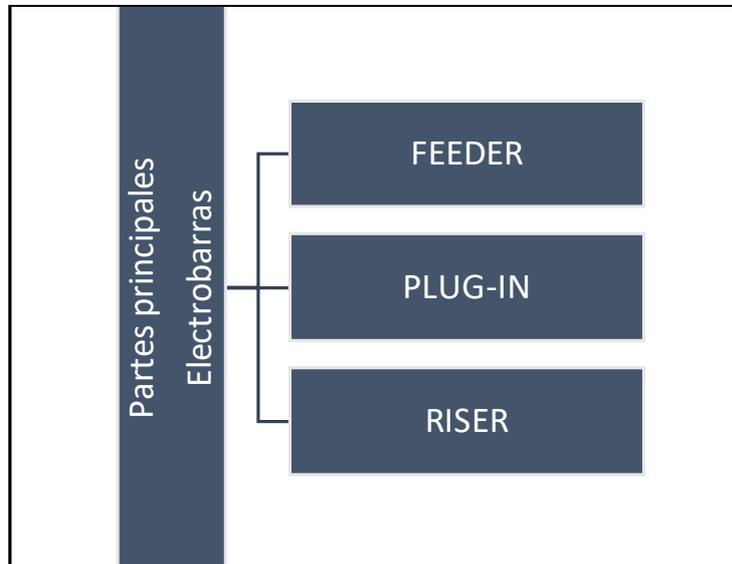


Figura 4.18: Partes principales electrobarras
Fuente: Autor

Para cada instalación se deberá seleccionar adecuadamente el tipo de busway a utilizar, de acuerdo a los requerimientos de las cargas y la estructura de la edificación, en la figura 4.18 se muestra la clasificación de las partes principales en las electrobarras.

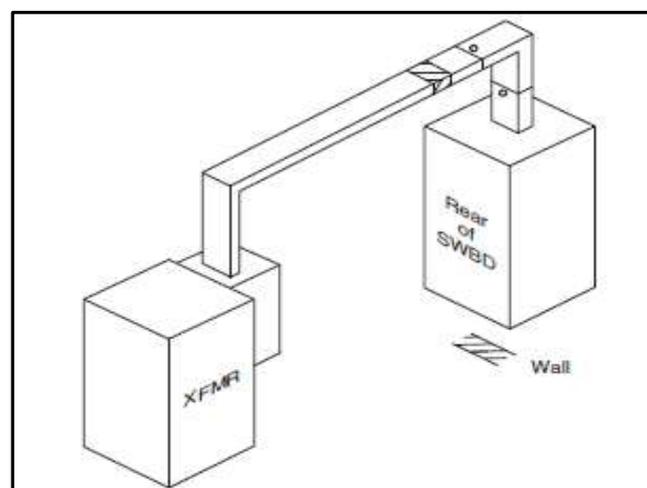


Figura 4.19: Alimentadores transformador – Central
Fuente: (Square, 2017)

Feeders o alimentadores en español se utilizan para alimentar cargas concentradas de gran amperaje de un punto a otro. En la figura 4.19 se muestra la conexión entre el transformador y la celda de distribución por medio de una electrobarra atravesando el muro que separa ambos equipos.

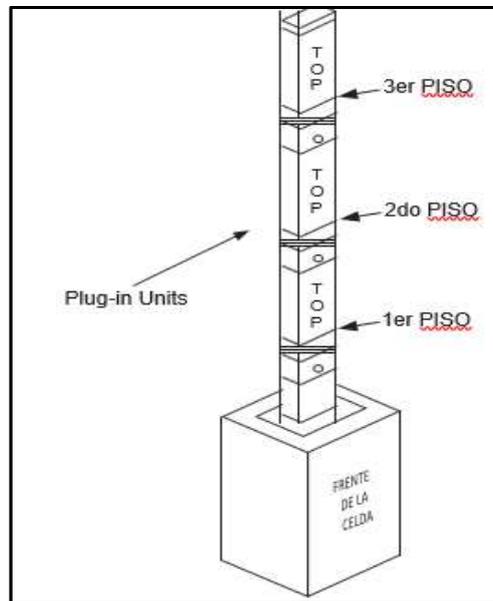


Figura 4.20: Riser- Instalación vertical
Fuente: (Square,2017)

En la figura 4.20 se muestra la instalación típica de un edificio por medio de electrobarras. Riser es un término para representar una instalación de un ducto en sentido vertical se utiliza comúnmente en edificios.

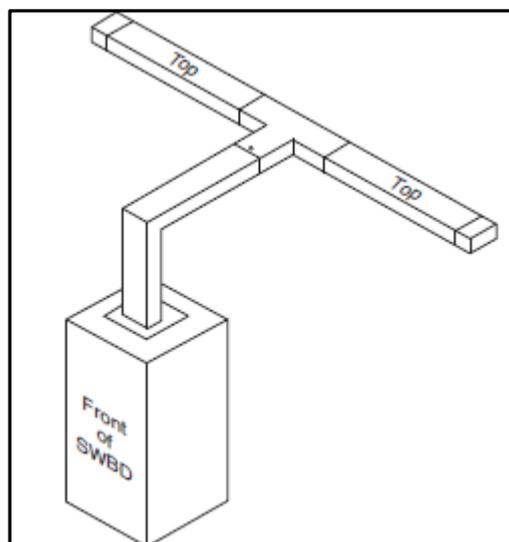


Figura 4.21: Plug-in
Fuente: (Square, 2017)

Plug-in (derivaciones en ambos lados del electroducto) se utiliza cuando se tienen cargas derivadas a lo largo de la trayectoria del electroducto. Son generalmente usadas para desplazarse a lo largo del eje horizontal y suministrar de energía a las cargas en la figura se puede apreciar una simple ejecución de plug-in alimentada por una central a través de una “T”.

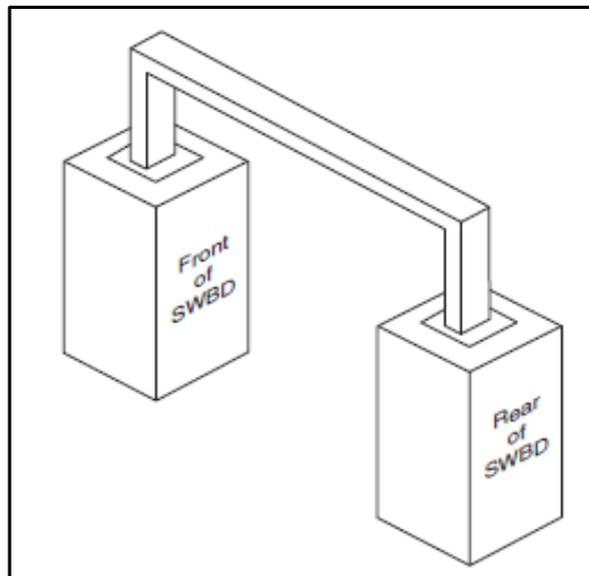


Figura 4.22: Feeder de tablero a tablero
Fuente: (Square, 2017)

Por la avanzada modularidad del sistema, las Electrobarra se instalan muy rápidamente y con muy pocas herramientas. Adicionalmente todos los elementos pueden ser reutilizados en futuras modificaciones en la distribución física del espacio, así como en la reubicación de las cargas con muy bajos costos. Todos los componentes del sistema de electrobarra han sido diseñados para una instalación fácil y rápida. Un destornillador, un torquímetro y una llave ajustable son las únicas herramientas requeridas.

El diseño del elemento de empalme en ambos lados de las diferentes secciones de la canalización por ductos de barras reduce el tiempo de instalación aún en el proyecto más complejo. Las páginas siguientes ofrecen instrucciones breves de algunas de las operaciones de instalación más frecuentes, a continuación, se presentan los demás elementos pertenecientes a este sistema.

4.8 Elementos del sistema

Una de las características más resaltantes del sistema de Electrobarra es su modularidad. Gracias a ella la versatilidad de este sistema de distribución de energía eléctrica se hace prácticamente ilimitada.

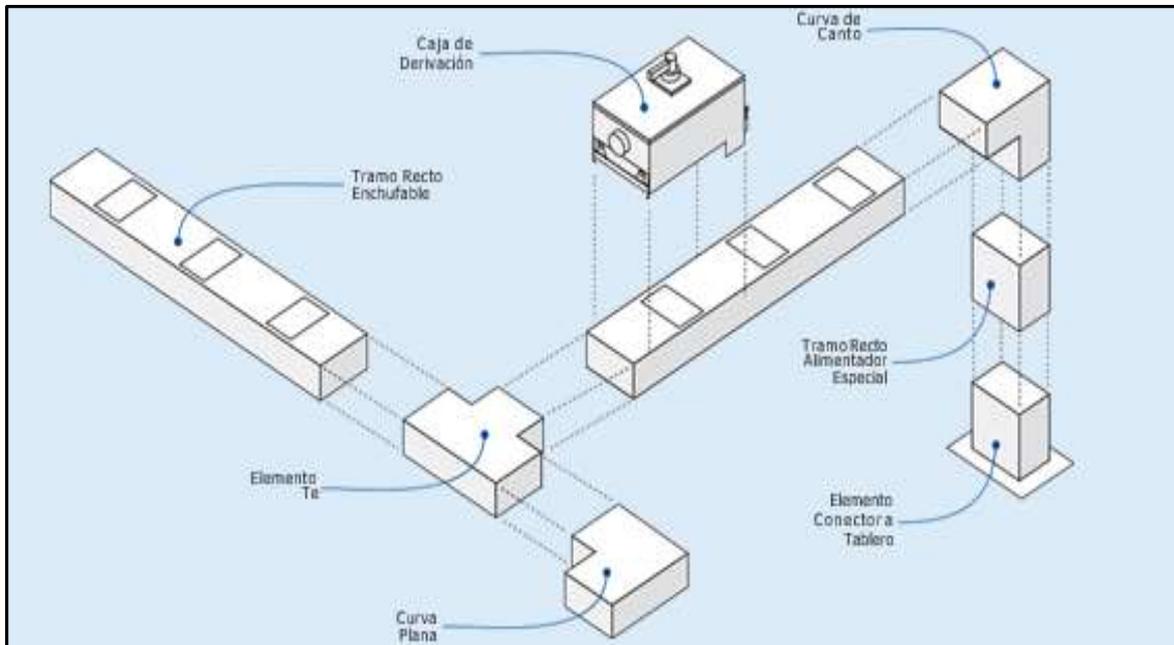


Figura 4.23: Elementos del Sistema
Fuente: (Obando, 2017)

Los elementos básicos que componen el Sistema de Electrobarra poseen medidas estandarizadas que permiten acceder a casi cualquier recinto. Los elementos básicos del Sistema de Electrobarra son:

- Tramos rectos enchufables.
- Tramos rectos alimentadores.
- Curvas.
- Elemento T.
- Cruce X.
- Caja central.
- Caja final.
- Caja de derivación.
- Elemento conector a tablero.
- Tapa final

4.8.1 Tramos rectos

Un sistema de distribución eléctrica prefabricado que consiste de barras colectoras probadas previamente en un recinto protector, incluyendo, longitud recta y accesorios. Los tramos rectos son elementos fundamentales del sistema y se utilizan para distribuir la energía eléctrica a subestaciones y puntos de consumo. Se fabrican en dos tipos:

- Tramos Enchufables
- Tramos Alimentadores

Ambas variedades son fabricadas en longitudes de 10' (3048 mm) en forma normalizada. Se fabrican 15 tipos distintos de tramos rectos con capacidades de corriente desde 225 A hasta 5000 A en tensión nominal hasta 600 V. Estos tramos tienen un tamaño compacto y el sistema de vías necesita menos espacio que los cables, especialmente para tasas de amperios. Las características eléctricas y dimensionales son iguales, tanto para tramos alimentadores como para tramos enchufables con la misma capacidad de corriente. En la figura 4.24 se muestra los dos tipos de tramos rectos, el primero prevalece la continuidad de la estructura sin permitir derivaciones a diferencia de los enchufables que si lo permiten.

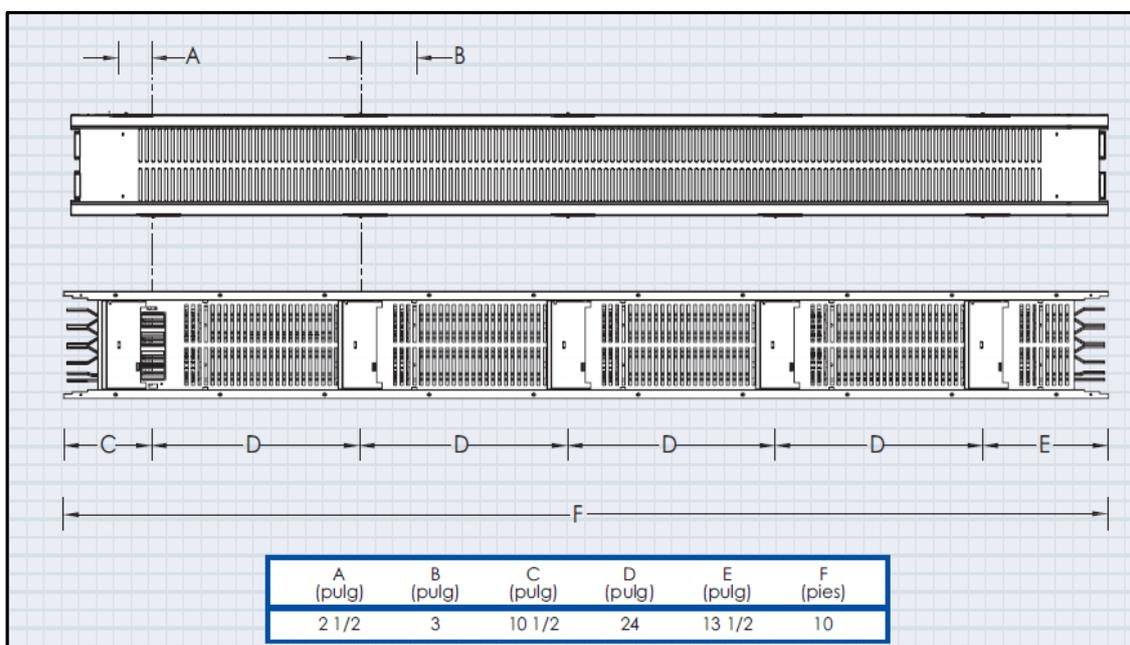


Figura 4.24: Tramos rectos
Fuente: (Electbus, 2018)

- Tramos Enchufable

Es un elemento recto y está construido de tal forma que permite la conexión de equipos y derivaciones en su recorrido. Diseñados para distribuir energía eléctrica a la carga en múltiples puntos de derivación a lo largo de la línea. Cuentan con diez puntos para derivación por cada diez pies lineales (3.048 m).

Esto permite disponer virtualmente de una posible derivación en cualquier lugar de la edificación. Con este tipo de tramo recto, las conexiones a cargas pueden ser añadidas o reubicadas con gran facilidad y en cuestión de minutos. Estos tramos fueron diseñados para transportar energía primaria desde la fuente al centro de consumo en un área física específica.



Figura 4.25: Enchufable
Fuente: (Legram, 2018)

- Tramos alimentadores

Es un elemento recto completamente cerrado, se caracteriza porque no permite realizar derivaciones en su trayecto por lo que permite un ahorro adicional hasta el 15% del costo comparado con Electrovarras enchufables. Estos tramos fueron diseñados para transportar energía primaria desde la fuente al centro de consumo en un área física específica. Se utilizan normalmente para llevar energía desde las acometidas principales o generadores principales o de emergencia hasta transformadores, subestaciones y centros de distribución.



Figura 4.26: Electrobarra-Alimentador
Fuente: (Eaton, 2018)

4.8.2 Curvas

Estos elementos permiten efectuar un cambio de dirección de 90° a la izquierda, derecha, hacia arriba o abajo. La nomenclatura utilizada está vinculada a una posición de montaje predefinida.

- Posición de montaje horizontal

Considerando una instalación en planos horizontales, se puede disponer las ductosbarras en dos maneras de forma horizontal que son Edgewise o Flatwise, la figura 4.27 del sector izquierdo corresponde al modelo edgewise, donde las pletinas conductoras están ubicadas en posición vertical. En esta posición el calor se disipa fácil y rápidamente mientras que en el modelo de flatwise las pletinas están en posición horizontal y la disipación de calor no es tan eficiente en esta posición.

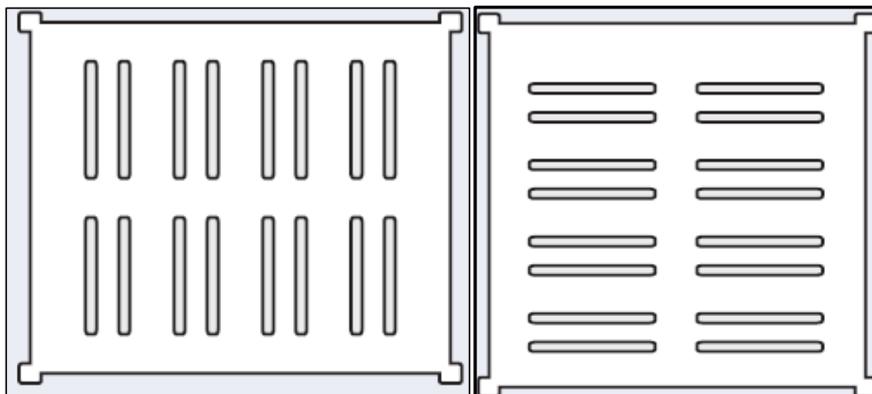


Figura 4.27: Edgewise y Flatwise
Fuente: (Electbus, 2018)

- Curva Edgewise Lx

En la Ilustración la parte superior se reproduce la vista superior de una Curva Edgewise. Se puede observar que el eje transversal mayor de la carcasa se encuentra en posición horizontal, sin embargo, las pletinas conductoras están dispuestas de canto. Estas curvas permiten un cambio de dirección de 90° en planos horizontales en una Posición de Montaje Horizontal. Dada la asimetría de este elemento, se hace necesario especificar la posición del Neutro en cualquiera de estas dos posiciones:

- Neutro Interno (LI)
- Neutro Externo (LE)

La posición del Neutro se indica con las letras "I" o "E" según las especificaciones del elemento (ver Neutro Externo resaltado en color amarillo en la figura 4.28).

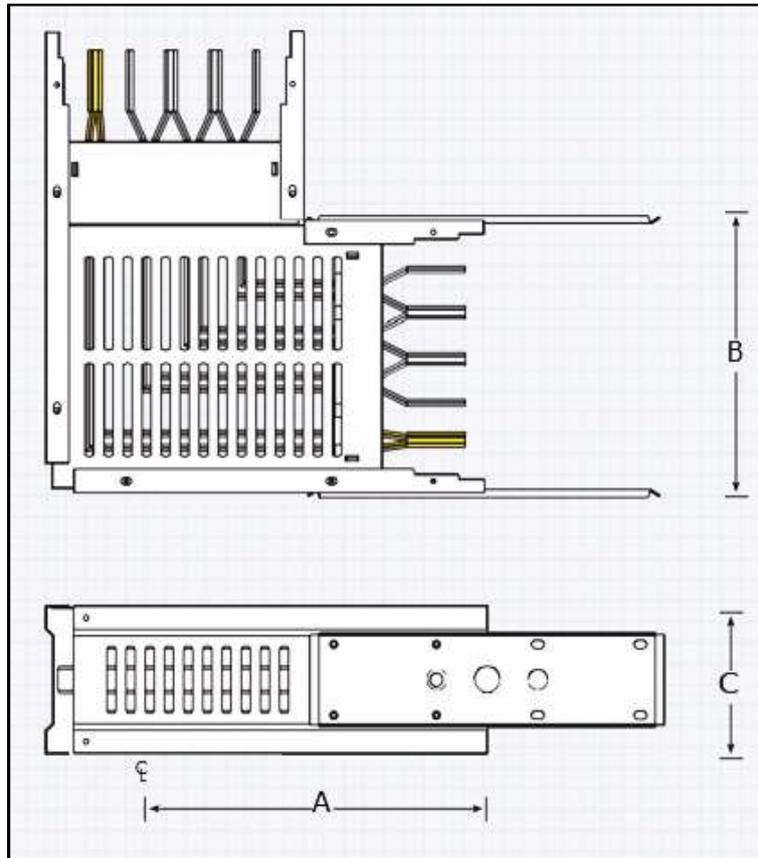


Figura 4.28: Curva Edgewise (Lx)
Fuente: (Electbus, 2018)

- Curva Flatwise LF

En la Ilustración se reproduce la vista superior de una Curva Flatwise. Se puede observar que el eje transversal de la carcasa está en posición vertical y las pletinas están en posición horizontal. Estas curvas permiten un cambio de dirección de 90° del recorrido del Sistema de Electrobarras en el plano horizontal en una Posición de Montaje Horizontal. Por la simetría de la pieza, se utiliza un mismo modelo independientemente de la ubicación del Neutro. Basta con invertir la posición del elemento para ubicar el Neutro en la ubicación deseada.

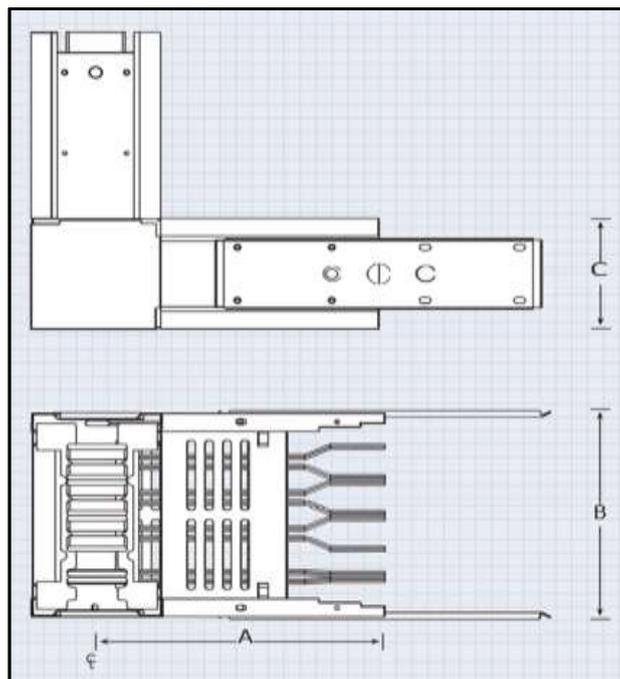


Figura 4.29: Curva Flatwise LF
Fuente: (Electbus, 2018)

4.8.3 Curvas especiales

Estas curvas son desarrolladas en fábrica a solicitud del cliente. La distribuidora manufactura estas piezas con un mínimo recargo y en tiempo récord como parte de su política de atención al cliente. En estos casos se requiere un plano en el cual se especifiquen con claridad las dimensiones exteriores de la pieza, así como también el ángulo de inclinación de la curva. Los datos como configuración de los conductores, capacidad de corriente, tipo de carcasa y otros, se especificarán de igual que con las demás piezas.

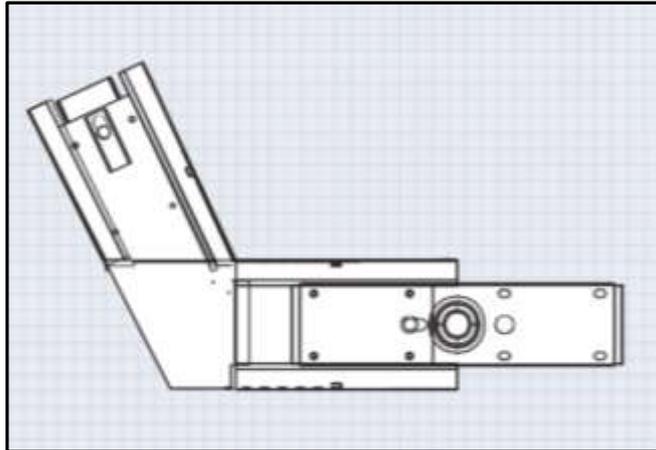


Figura 4.30: Curvas especiales
Fuente: (Electbus, 2018)

4.8.4 Cruce X

Las cruces se utilizan para crear en un mismo punto dos derivaciones a partir de una línea de barras. Las cruces están disponibles para ambas posiciones de montaje “flatwise” y “edgewise”.

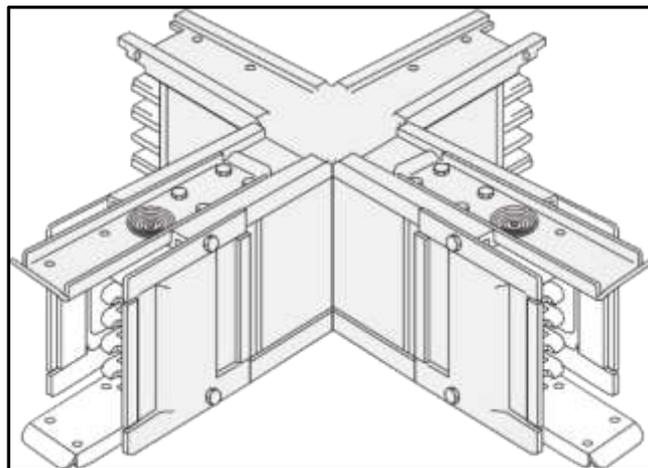


Figura 4.31: Cruce X
Fuente: (Electbus, 2018)

4.8.5 Elementos T (Tes)

Los tramos tipo T proporcionan ramificaciones de la línea desde el tramo alimentador a la derivación en cuestión. Al igual que las Curvas del sistema, estas piezas son fabricadas en Posición de Montaje Horizontal Edgewise (modelo TE), como para la línea de barras en posición de Montaje Horizontal Flatwise (modelo TF).

Esta última está encapsulada en una caja especial con el fin de garantizar la debida rigidez mecánica, así como también protección contra los elementos del ambiente. Todas las Tes vienen provistas de dos elementos empalmadoras de fábrica. La figura 4.32 muestra el elemento T diseñado para ramificar la línea y suministra energía a las cargas con direcciones opuestas. (Electubus, 2018)

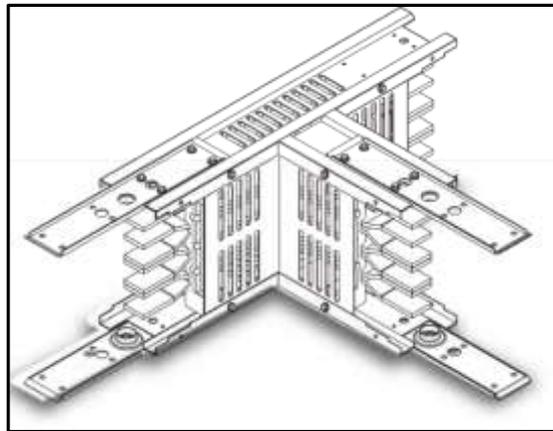


Figura 4.32: Elementos T (Tes)
Fuente: (Electbus, 2018)

4.8.6 Elemento conector a tablero

Estos elementos se utilizan para conectar sistemas de Electrobarras a paneles de control y subestaciones. Se fabrican con terminales estandarizados de 12 pulgadas por encima del tablero de control. La unidad incluye pletinas terminales en forma de pestaña diseñadas con el fin de instalarlas dentro de un panel de control o tablero como parte del ensamblaje de conexión. Esto puede ser para alimentar un sistema secundario de Electrobarras o derivar el 100% de la capacidad del sistema.

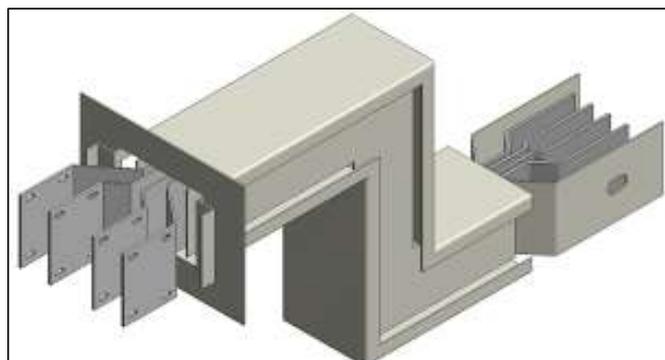


Figura 4.33: Elemento conector a tablero
Fuente: (Electbus, 2018)

4.8.7 Elemento reductor de capacidad

Estos elementos reducen la capacidad de un ramal. De un nivel superior a uno inferior de corriente en el Sistema de Electrobarras. Cuando se disminuye la capacidad de manejo de corriente en el sistema, manteniéndose la misma medida transversal de Electrobarras y cantidad de pletinas por fase, no se requieren reductores de capacidad. Un elemento de empalme es suministrado de fábrica para facilitar su instalación. Los elementos reductores miden entre 3' 4" a 4' de longitud (1016 a 1,219.2 mm). Estos pueden ser fabricados en otras longitudes y con provisión de fusibles. Adicionalmente, es posible, solicitar de fábrica cualquier otro equipo de protección o maniobra.

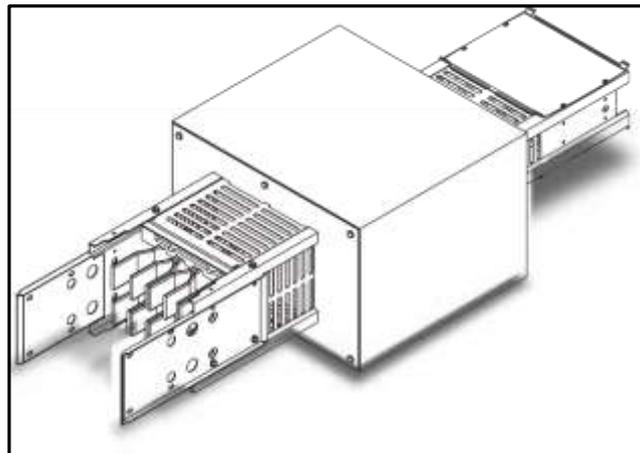


Figura 4.34: Elemento reductor de capacidad
Fuente: (Electbus, 2018)

4.8.8 Caja central

A diferencia de las cajas de derivación que son enchufadas en cualquier punto de derivación, las cajas centrales se conectan en un punto de unión de dos elementos de la línea de barras y generalmente son utilizadas cuando se requiere derivar cargas críticas o de mayor capacidad. Las cajas centrales son capaces de derivar hasta la máxima capacidad de la línea a la cual está conectada. Con la línea desenergizada, las cajas centrales se instalan sin la necesidad de remover ni reemplazar ninguna sección. Simplemente se retira el elemento de empalme que une dos electros barras y es reemplazado por el empalme de la caja central, permitiendo una derivación segura y hasta la máxima capacidad del electro barra.

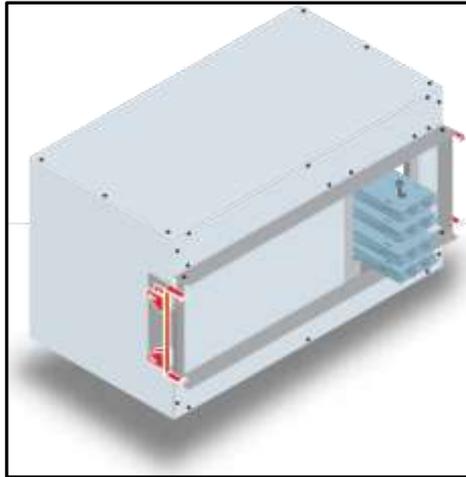


Figura 4.35: Caja central
Fuente: (Electbus, 2018)

Con la línea desenergizada, las cajas centrales se instalan sin la necesidad de remover ni reemplazar ninguna sección. Simplemente se retira el elemento de empalme que une dos electros barras y es reemplazado por el empalme de la caja central, permitiendo una derivación segura y hasta la máxima capacidad del electro barra.

4.8.9 Caja final

Las cajas finales pueden ser conectadas al principio o al final de una línea de barras. Ellas se instalan igual que cualquier otra sección de barra. Una caja final puede ser equipada con un breaker para que sirva como elemento protector de la línea de electrobarra. Las cajas finales son capaces de derivar hasta la máxima capacidad de la línea a la cual está conectada.

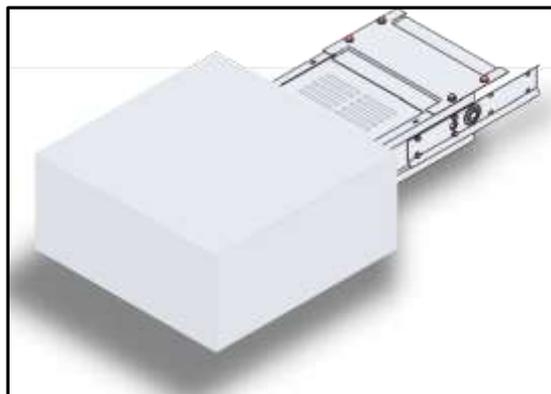


Figura 4 36: Caja final
Fuente: (Electbus, 2018)

4.8.10 Cajas de derivación

Estos dispositivos son utilizados como el medio de derivación o interfaz que convierte el Sistema de Electrobarras al sistema de cable tradicional. Su aplicación principal es alimentar cargas ubicadas a lo largo del Sistema de Electrobarras. Estos dispositivos proveen acceso a la alimentación en forma práctica y conveniente, y pueden ser conectados cada dos pies lineales en las electrobarras tipo enchufable a lo largo del Sistema de Electrobarras. Se fabrican con una capacidad hasta de 615 A por derivación.

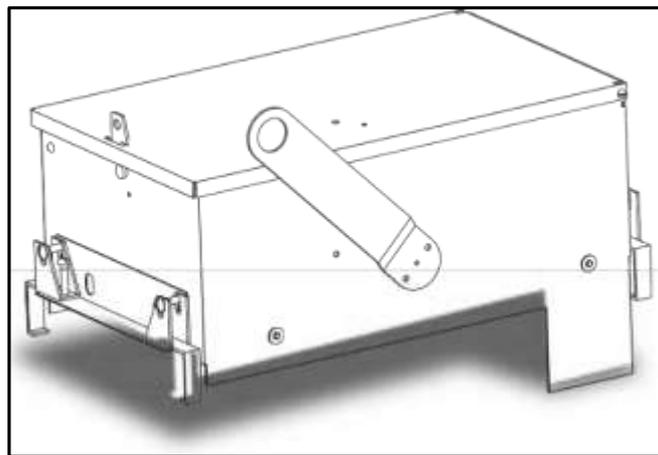


Figura 4.37: Cajas de derivación
Fuente: (Electbus, 2018)

Las Cajas para derivación están compuestas por cobre metálico de gran rigidez mecánica, provisto de terminales de enganche tipo prensa que van conectados directamente a las pletinas conductoras. De esta forma es posible suministrar acceso directo a las fases, neutro y tierra incluidas en el sistema de electrobarras.

Cuando se requiera alimentar un tablero cuya corriente continua de diseño sea superior a 350A, se recomienda instalar cajas de derivación para alimentar dicha carga, ya que esto demandaría a la instalación de múltiples ductos incrementando el tamaño de las cajas de derivación y dificultando la interconexión tanto en las cajas de derivación como en el tablero de distribución. En estos casos, la alimentación se debe hacer directamente desde la electrobarra usando un accesorio en “T” y los tramos del tipo alimentador necesarios, los cuales deben tener la misma capacidad de corriente de la barra de la cual se derivan.

4.9 Resumen del sistema

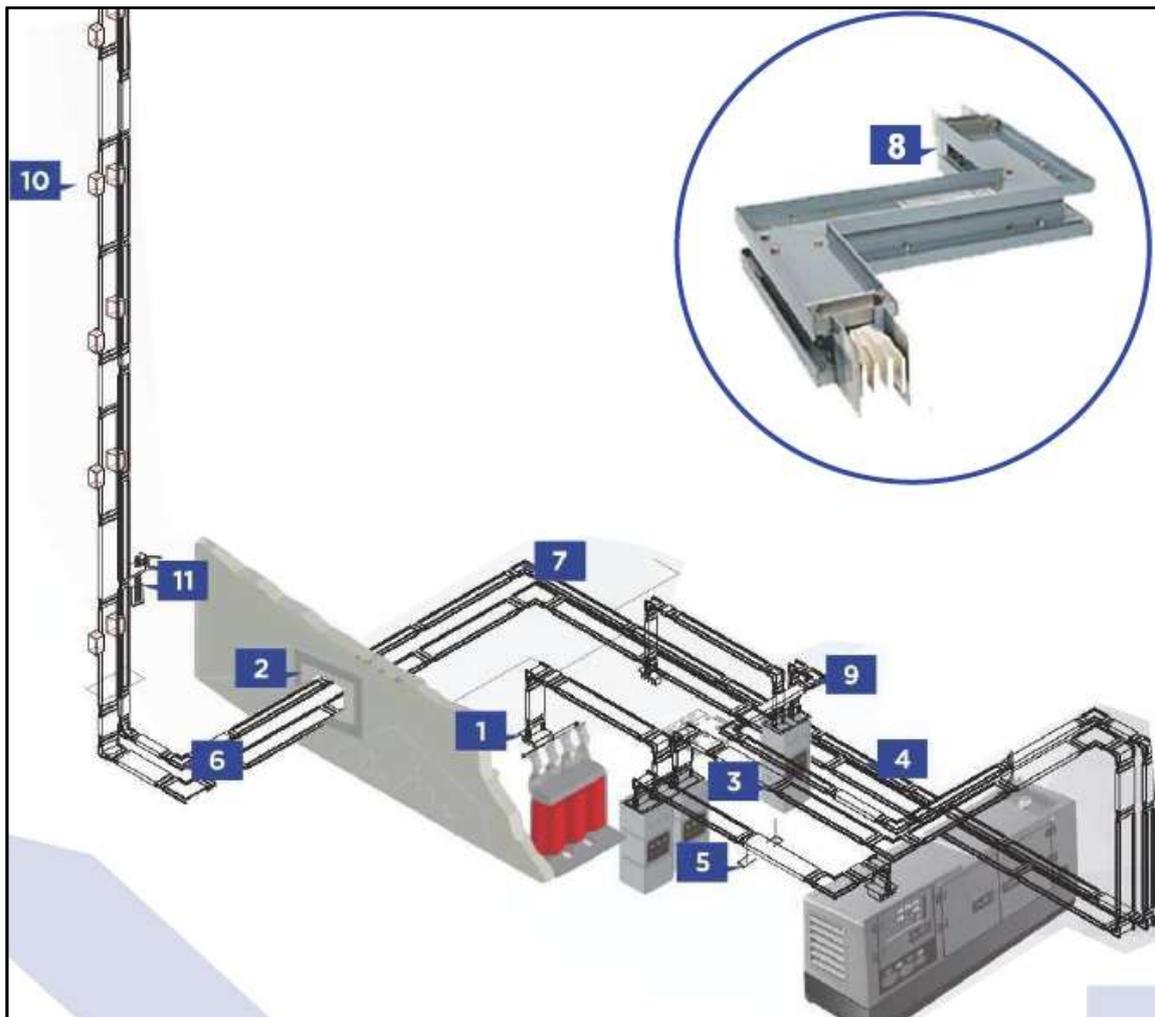


Figura 4.38: Resumen del sistema

Fuente: (Blindobarras, 2016)

- 1: Unidad de conexión del transformador
- 2: Brida de pared
- 3: Unión
- 4: Tramo recto
- 5: Soporte
- 6: Codo Flatwise
- 7: Codo Edgewise
- 8: Edgewise estilo Z
- 9: Pieza especial
- 10: Caja de de derivación
- 11: Soporte

PARTE II APORTACIONES

CAPÍTULO 5

DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE CARGA

5.1 Introducción

Cualquier edificio o inmueble, por grande o pequeño que sea, está conformado por una instalación eléctrica, con el fin de abastecer energía eléctrica a toda la infraestructura. Esta instalación, tiene que regirse por unas normas marcadas, con el fin de proporcionar un suministro eléctrico seguro, continuo y lo más eficiente posible. La distribución de la energía eléctrica en las diferentes partes de la estructura del edificio es uno de los aspectos más importantes a resolver en el diseño de la instalación.

5.2 Ubicación y emplazamiento del edificio

El siguiente proyecto de diseño de un sistema eléctrico mediante electrobarra se lleva a cabo en el cantón de Guayaquil, provincia del “Guayas”, específicamente en la ciudadela los Ceibos, la misma que se encuentra en el Km. 7 de la Avenida del Bombero, en el edificio denominado “Torre A”.



Figura 5.1: Ubicación satelital Ceibos Point
Fuente: Autor

En la actualidad, Las Torres de la urbanización de Ceibos Point han sido elaboradas por métodos tradicionales de instalaciones eléctricas sin embargo el desarrollo de la obra se ha ido incrementado rápidamente, provocando una relación ascendente y directamente proporcional al tránsito y aumento de cargas del sector, y como consecuencia directa un aumento del consumo de energía eléctrica, la distribución y suministro de esta energía a través de la solución convencional (bandejas, portacables y cables eléctricos) se vuelven también más complejas y costosas, por lo tanto, es necesario el uso de otras alternativas que resuelvan estas dificultades de manera más eficiente y económica.

La solución propuesta es a través de los Sistemas de electrobarras o ductobarras en inglés, conocida como Busway. Si bien es cierto no es nueva a nivel mundial, si lo es en nuestro país; desde hace un poco más de dos años se viene utilizando de manera más intensiva este sistema, gracias a la demostración de las claras ventajas de los ductos de barras por parte de las empresas de ingeniería, empresas contratistas y clientes.

5.3 Descripción del edificio

Este proyecto contiene el diseño de las instalaciones eléctricas del edificio denominado “Torre A” ubicada en la Urbanización Ceibos Point, el mismo que se encuentra en la parroquia Tarqui manzana 58 solar 01 kilómetro 7 ½” de la Av. Del Bombero. El edificio estará destinado al uso de viviendas y estacionamiento. Además, el último piso está conformado por una sección de área común y las losas para los diferentes sistemas térmicos y de mantenimiento del edificio. La urbanización de viviendas la componen diferentes edificios denominados “Torres”, para estudio de este proyecto será la Torre A, situada adyacentemente al área de deportes y de frente al centro comercial. El edificio está compuesto por 10 plantas las que son:

- Plantas de estacionamientos: Esta planta está conformada por la planta baja y alta del edificio, cuenta con 95 plazas de aparcamiento de 16.9 m², vinculadas a las viviendas. Además, cuenta con un cuarto administrativo, en la planta baja o denominada primer piso por razones didácticas, se alojan, el cuarto de transformador y el cuarto de generador.

- Plantas Residenciales: Están conformadas por las plantas intermedias desde el piso 3 hasta el 9, cuenta con suites y departamentos familiares.
- Planta área común: esta planta está ubicada en el último piso, está conformada por un único espacio social para todos los usuarios del edificio y adicionalmente.

5.4 Dimensionamiento de cargas

Para el dimensionamiento de cargas en la instalación eléctrica de baja tensión se han usado las cargas representadas en las planillas de los planos adjuntos.

Tabla 5.1: Dimensionamiento de cargas

UBICACIÓN	TIPO	PANEL	DETALLE	CANTIDAD	KW POR PISO	DEMANDA
PISO 1 EXCEPTO SG2	SERVICIO GENERALES	PD-SG1	SERVICIOS GENERALES 1	1	12,8	13,91
		PD-SG2	SERVICIOS GENERALES 2	1	13,7	14,89
		PD-BA	TABLERO DE BOMBAS	1	50	47,37
		PD-SC1	SISTEMA CONTRA INCE.	1	33	32,28
		SUBTOTAL		3	95,8	108,45
PISO (3-4-5-6-9)	SUIT TIPO 1	PD-A	1 DORMITORIO	1	13,65	5,39
		PD-B	1 DORMITORIO	1	13,65	5,39
		PD-C	1 DORMITORIO	1	13,65	5,39
		PD-D	1 DORMITORIO	1	13,65	5,39
		PD-E	1 DORMITORIO	1	13,65	5,39
		PD-F	1 DORMITORIO	1	13,65	5,39
		PD-G	1 DORMITORIO	1	13,65	5,39
		PD-H	1 DORMITORIO	1	13,65	5,39
	SUIT TIPO 2	PD-I	2 DORMITORIOS	1	13,45	5,98
		PD-J	2 DORMITORIOS	1	13,45	5,98
		PD-K	2 DORMITORIOS	1	13,45	5,98
		PD-L	2 DORMITORIOS	1	13,45	5,98
		SUBTOTAL		12	163	67,03
PISO (7,8)	SUIT TIPO 3	PD-A	2 DORMITORIOS	1	13,1	5,87
		PD-B	2 DORMITORIOS	1	13,1	5,87
		PD-C	2 DORMITORIOS	1	13,1	5,87
		PD-D	2 DORMITORIOS	1	13,1	5,87
	SUIT TIPO 4	PD-E	2 DORMITORIOS	1	13,35	5,94
		PD-F	2 DORMITORIOS	1	13,35	5,94
		PD-G	2 DORMITORIOS	1	13,35	5,94
		PD-H	2 DORMITORIOS	1	13,35	5,94
		SUBTOTAL		8	106	47,22
PISO 10	PISO 10	PD-AC	AREA COMUNAL	1	10,8	11,74
		PD-ASC	ASCENSOR	1	11,3	12,28
		SUBTOTAL		2	22,1	24,02
TOTAL						562,05

Fuente: Autor

La tabla 5.1 representa, todas las potencias instaladas de cada uno de los departamentos, las cuales se clasifican según el tipo al que pertenecen, y la ubicación que tendrán dentro del edificio, la columna de demanda corresponde al cálculo de Ebasco detallado en las siguientes tablas. Un ejemplo serio, que para el departamento PD-A de un dormitorio posee una potencia instalada de 13,65 KW, esta potencia corresponde a la suma total de las cargas, sin factores de corrección, adicionalmente se muestra el tipo de departamento al que pertenece, en este caso es Suit tipo 1 ubicado en los pisos 3-4-5-6-9 es decir que habrá cinco departamentos denominados PD-A, que serán del mismo tipo, pero en diferentes niveles del edificio.

5.4.1 Estudio de demanda

La demanda eléctrica de este sistema representa la intensidad de corriente, o potencia eléctrica, relativa a un intervalo de tiempo específico de 60 minutos, que absorbe su carga para funcionar.

5.4.2 Departamentos

La tabla 5.2 representa el cálculo de demanda del departamento suit tipo 1 de un dormitorio, la cual registra la potencia total de cada carga, para la obtención de la demanda máxima adicionalmente se determina la energía mensual en KWH que servirá para la obtención de la demanda según Ebasco. La misma que se registra en la columna de demanda de la tabla 5.1.

Tabla 5.2: Cálculo de demanda suit tipo 1 de un dormitorio

SUIT TIPO 1 DE 1 DORMITORIO						
PANELES INCLUIDOS PD: A - B - C - D - E - F - G - H						
DEPARTAMENTO A	CALCULO DE DEMANDA MAXIMA			CALCULO ENERGIA MENSUAL KWH		
DESCRIPCION	CANTIDAD	W/PTO.	W TOTAL	HORAS/DIA	F.C.	W-H
Alumbrado	9	100	900	4,00	0,50	1800
Tomas uso general	9	150	1350	4,00	0,35	1890
Tomas meson de cocina	3	300	900	3,00	0,50	1350
refrigeradora	1	800	800	24,00	0,60	11520
A.Acondicionado 24000btu	1	3000	3000	2,00	0,70	4200
Lavadora	1	600	600	2,00	0,40	480
A.Acondicionado 12000btu	1	1300	1300	2,00	0,75	1950
Calentador de agua	1	3000	3000	1,00	0,40	1200
Triturador	1	300	300	0,50	1,00	150
Horno microonda	1	1500	1500	0,50	0,20	150
		KW TOTAL instalados	13,65	KWH/DIA		24,69
				# Dia /Mes		30
		DEMANDA Kw según Ebasco	5,39	KWH mes		740,7

Fuente: Autor

La corriente nominal se la obtiene al aplicando la ley de ohm, es decir que la demanda 5.86 KW la dividiremos para 220 V. Para calcular la demanda se utilizó el método de Ebasco la cual corresponde en la asignación de la potencia nominal (KW) por usuario, equivalente a los KWH/Mes consumidos. En la ecuación contigua se muestra esta relación.

$$KW_{PICO} = \frac{KW/mes}{49,7(KWH/mes)^{0,154}}$$

Entonces aplicando la formula anterior y remplazando las variables con los datos de la tabla 5.2 obtenemos que la demanda pico es de 5,39 KW. Este mismo resultado se verá afectado por el factor de potencia obteniendo así 5,86 KVA.

La tabla 5.3 se deriva de la tabla anterior denominada suit tipo 1 de un dormitorio, esta tabla muestra la intervención de los factores de corrección y determinación de la corriente nominal que alimentara a todos los paneles marcados en la tabla, el total de demanda es multiplicada por el factor de potencia consiguiendo una demanda de 5,86 KVA. La siguiente tabla 5.3 muestra los valores de la corriente nominal y protección.

Tabla 5.3: Factores de corrección suit 1 de un dormitorio

PANELES INCLUIDOS PD: A-B-C-D-E-F-G-H	
Total de la demanda (KW):	5,39
Factor de potencia	0,92
Total de demanda (KVA):	5,86
Corriente Nominal (In)	24,40
Breaker de protección	30,50

Fuente: Autor

La tabla 5.4 representa el cálculo de la demanda del departamento suit tipo 2 de dos dormitorios, la cual registra la potencia total de cada carga, para la obtención de la demanda máxima, adicionalmente se determina la energía mensual en KWH que servirá para la obtención de la demanda según Ebasco antes mencionada. La misma que se registra en la columna de denominada demanda de la tabla 5.1.

Tabla 5.4: Cálculo de demanda suit tipo 2 de dos dormitorios

SUIT TIPO 2 DE 2 DORMITORIOS						
PANELES INCLUIDOS PD: I - J - K - L						
DEPARTAMENTO B	CALCULO DE DEMANDA MAXIMA			CALCULO ENERGIA MENSUAL KWH		
DESCRIPCION	CANTIDAD	W/PTO.	W TOTAL	HORAS/DIA	F.C.	W-H
Alumbrado	15	100	1500	4,00	0,50	3000
Tomas uso general	13	150	1950	4,00	0,35	2730
Tomas meson de cocina	4	300	1200	3,00	0,50	1800
refrigeradora	1	800	800	24,00	0,60	11520
A.Acondicionado 24000btu	1	3000	3000	2,00	0,70	4200
Lavadora	1	600	600	2,00	0,40	480
A.Acondicionado 12000btu	2	1300	2600	2,00	0,75	3900
Triturador	1	300	300	0,50	1,00	150
Horno microonda	1	1500	1500	0,50	0,20	150
		KW TOTAL instalados	13,45	KWH/DIA		27,93
				# día /mes		30
		DEMANDA Kw según Ebasco	5,98	KWH mes		837,9

Fuente: Autor

La tabla 5.5 se deriva de la tabla anterior denominada suit tipo 2 de dos dormitorios, esta tabla muestra la intervención de los factores de corrección y determinación de la corriente nominal que alimentara a todos los paneles marcados en la tabla, el total de demanda es multiplicada por el factor de potencia en este caso 0,92 consiguiendo una demanda de 6,50 KVA. La siguiente tabla 5.5 muestra los valores de la corriente nominal y protección.

Tabla 5.5: Factores de corrección suit tipo 2 de dos dormitorios

PANELES INCLUIDOS PD: I-J-K-L	
Total de la demanda (KW):	5,98
Factor de potencia	0,92
Total de demanda (KVA):	6,50
Corriente Nominal (In)	27,08
Breaker de protección	33,85

Fuente: Autor

La tabla 5.6 representa el cálculo de demanda del departamento suit tipo 3 de dos dormitorios, la cual registra la potencia total de cada carga, para la obtención de la demanda máxima, adicionalmente se determina la energía mensual en KWH que

servirá para la obtención de la demanda según Ebasco. La misma se registra en la columna de demanda de la tabla 5.1. Los paneles que contienen estas mismas cargas son PD-A-B-C-D.

Tabla 5.6: Cálculo de demanda suit tipo 3 de dos dormitorios

SUIT TIPO 3 DE 2 DORMITORIOS						
PANEL PD-A-B-C-D						
DEPARTAMENTO C	CALCULO DE DEMANDA MAXIMA			CALCULO ENERGIA MENSUAL KWH		
DESCRIPCION	CANTIDAD	W/PTO.	W TOTAL	HORAS/DIA	F.C.	W-H
Alumbrado	13	100	1300	4,00	0,50	2600
Tomas uso general	12	150	1800	4,00	0,35	2520
Tomas meson de cocina	4	300	1200	3,00	0,50	1800
refrigeradora	1	800	800	24,00	0,60	11520
A.Acondicionado 24000btu	1	3000	3000	2,00	0,70	4200
Lavadora	1	600	600	2,00	0,40	480
A.Acondicionado 12000btu	2	1300	2600	2,00	0,75	3900
Triturador	1	300	300	0,50	1,00	150
Horno microonda	1	1500	1500	0,50	0,20	150
		KW TOTAL instalados	13,1	KWH/DIA		27,32
				# dia /mes		30
		DEMANDA Kw según Ebasco	5,87	KWH mes		819,6

Fuente: Autor

La tabla 5.7 se deriva de la tabla anterior denominada suit tipo 3 de dos dormitorios, esta tabla muestra la intervención de los factores de corrección y determinación de la corriente nominal que alimentara a todos los paneles marcados en la tabla, el total de demanda es multiplicada por el factor de potencia en este caso 0,92 consiguiendo una demanda de 6,38 KVA. La siguiente tabla 5.7 muestra los valores de la corriente nominal y protección.

Tabla 5.7: Factores de corrección suit tipo 3 de dos dormitorios

PANEL PD-A-B-C-D	
Total de la demanda (KW):	5,87
Factor de potencia	0,92
Total de demanda (KVA):	6,38
Corriente Nominal (In)	26,58
Breaker de protección	33,22

Fuente: Autor

La tabla 5.8 representa el cálculo de demanda del departamento suit tipo 4 de dos dormitorios, la cual registra la potencia total de cada carga, para la obtención de la demanda máxima adicionalmente se determina la energía mensual en KWH que servirá para la obtención de la demanda según Ebasco. La misma que se registra en la columna de demanda de la tabla 5.1. Los paneles que contienen estas mismas cargas son PD-E-F-G-H.

Tabla 5.8: Cálculo de demanda suit tipo 4 de dos dormitorios

SUIT TIPO 4 DE 2 DORMITORIOS						
PANEL PD-E-F-G-H						
DEPARTAMENTO C	CALCULO DE DEMANDA MAXIMA			CALCULO ENERGIA MENSUAL KWH		
DESCRIPCION	CANTIDAD	W/PTO.	W TOTAL	HORAS/DIA	F.C.	W-H
Alumbrado	14	100	1400	4,00	0,50	2800
Tomas uso general	13	150	1950	4,00	0,35	2730
Tomas meson de cocina	4	300	1200	3,00	0,50	1800
refrigeradora	1	800	800	24,00	0,60	11520
A.Acondicionado 24000btu	1	3000	3000	2,00	0,70	4200
Lavadora	1	600	600	2,00	0,40	480
A.Acondicionado 12000btu	2	1300	2600	2,00	0,75	3900
Triturador	1	300	300	0,50	1,00	150
Horno microonda	1	1500	1500	0,50	0,20	150
		KW TOTAL instalados	13,35	KWH/DIA # dia /mes		27,73 30
		DEMANDA Kw según Ebasco	5,94	KWH mes		831,9

Fuente: Autor

La tabla 5.9 se deriva de la tabla anterior denominada suit tipo 4 de dos dormitorios, esta tabla muestra la intervención de los factores de corrección y determinación de la corriente nominal que alimentara a todos los paneles marcados en la tabla, el total de demanda es multiplicada por el factor de potencia en este caso 0,92 consiguiendo una demanda de 6,46 KVA.

Adicionalmente esta tabla muestra los valores de la corriente nominal y protección, siendo estos los más importantes para no sobredimensionar o desabastecer de corriente eléctrica de la instalación. Para el dimensionamiento del disyuntor a servir dicho circuito se debe multiplicar la corriente nominal por el factor de seguridad es decir que la protección administrada tiene que ser 1.25 más que la nominal.

Tabla 5.9: Factores de corrección suit tipo 4 de dos dormitorios

PANEL PD E-F-G-H	
Total de la demanda (KW):	5,94
Factor de potencia	0,92
Total de demanda (KVA):	6,46
Corriente Nominal (In)	29,92
Breaker de protección	33,65

Fuente: Autor

5.4.3 Servicios generales

La tabla 5.10 representa el estudio de demanda para el área comunal perteneciente al tablero de servicios generales, se describen las cargas instaladas y la cantidad de las mismas, su potencia y el factor de demanda.

Tabla 5.10: Cálculo de demanda área comunal

AREA COMUNAL				
PANEL PD-AC				
DESCRIPCION	CANTIDAD	WATTS POR UNIDAD	FACTOR DE DEMANDA	WATTS TOTALES
ALUMBRADO	20	100	0,8	1600
TOMACORRIENTES GENERALES	10	250	0,8	2000
CENTRAL DE 60.000 BTU	1	8000	0,8	6400
ALUMBRADO EXTERIOR	5	100	0,8	400
RESERVA	1	500	0,8	400
TOTAL DEMANDA :				10800

Fuente: Autor

La tabla 5.11 se deriva de la tabla anterior denominada área comunal donde se obtiene el total de demanda para luego ser multiplicada por el factor de coincidencia en este caso la unidad y ese resultado dividido para el factor de potencia, así obtenemos la corriente nominal que alimentara el panel de distribución "PD-AC" y la protección respectiva para la instalación.

Tabla 5.11: Factores de corrección área comunal

PANEL PD-AC	
Factor de coincidencia	1
Factor de potencia	0,92
Total, de demanda (KVA):	11,74
Corriente Nominal (In)	53,36
Breaker de protección	66,70

Fuente: Autor

La tabla 5.12 representa el estudio de demanda para el panel de distribución de bombas de agua del sistema contra incendio perteneciente al tablero de servicios generales, se describen las cargas instaladas y la cantidad de las mismas. En este caso se trata de cargas inductivas trifásicas es decir que el voltaje se considera en relación a la raíz cuadrada de tres, su potencia y el factor de demanda se expresan en la tabla contigua:

Tabla 5.12: Cálculo de demanda del panel de bomba de agua SI

PANEL DE BOMBAS DE AGUA (SISTEMA CONTRA INCENDIO)					
PD-SCI	DESCRIPCION	CANTIDAD	WATTS POR UNIDAD	FACTOR DE DEMANDA	WATTS TOTALES
	BOMBA DE AGUA 30 HP	1	30000	1	30000
	BOMBA DE AGUA 3 HP JOCKEY	1	3000	1	3000
				TOTAL DEMANDA :	33000

Fuente: Autor

La tabla 5.13 se deriva de la tabla anterior denominada panel de bombas de agua para el sistema contra incendio donde se obtiene el total de demanda para luego ser multiplicada por el factor de coincidencia en este caso la unidad y ese resultado dividirlo para el factor de potencia, así obtenemos la corriente nominal que será destinada para el panel de distribución "PD-SCI" y la protección respectiva para su instalación. La siguiente tabla 5.13 muestra los valores de la corriente nominal y protección.

Tabla 5.13: Factores de corrección del panel de bomba de agua SI

PANEL PD-SCI	
Factor de coincidencia	1
Factor de potencia	0,92
Total de demanda (KVA):	11,74
Corriente Nominal (In)	53,36
Breaker de protección	66,70

Fuente: Autor

La tabla 5.14 es el estudio de demanda para el panel de distribución denominada Servicios generales que contiene al panel PD-SG1 y PD-SG2 en dos tablas separadas ambas perteneciente al tablero de servicios generales, a continuación, se describen las cargas instaladas y la cantidad de las mismas, su potencia y el factor de demanda.

Tabla 5.14: Cálculo de demanda de servicios generales

SERVICIOS GENERALES				
PANEL PD-SG-1				
DESCRIPCION	CANTIDAD	WATTS POR UNIDAD	FACTOR DE DEMANDA	WATTS TOTALES
ALUMBRADO	120	100	0,8	9600
TOMACORRIENTES GENERALES	10	250	0,8	2000
MOTOR VALLAS DE INGRESOS	2	500	0,8	800
RESERVA	1	500	0,8	400
TOTAL DEMANDA :				12800

Fuente: Autor

La tabla 5.15 se deriva de la tabla anterior denominada servicios generales donde se obtiene el total de demanda pertenecientes al panel "PD-SG1" para luego ser multiplicada por el factor de coincidencia en este caso la unidad y ese resultado dividirlo para el factor de potencia, así obtenemos la corriente nominal que será destinada para panel de distribución y la protección respectiva para la instalación.

Tabla 5.15: Factores de corrección de servicios generales

PANEL PD-SG1	
Factor de coincidencia	<i>1</i>
Factor de potencia	<i>0,92</i>
Total de demanda (KVA):	<i>13,91</i>
Corriente Nominal (In)	<i>36,51</i>
Breaker de protección	<i>45,64</i>

Fuente: Autor

La tabla 5.16 es el estudio de demanda para el panel de distribución denominada Servicios generales que contiene al panel PD-SG2 perteneciente al tablero de servicios generales. A continuación, se describen las cargas instaladas y la cantidad de las mismas, su potencia y el factor de demanda.

Tabla 5.16: Cálculo de demanda de servicios generales

SERVICIOS GENERALES				
PANEL PD-SG2				
DESCRIPCION	CANTIDAD	WATTS POR UNIDAD	FACTOR DE DEMANDA	WATTS TOTALES
ALUMBRADO GENERAL	133	100	1	13300
TOMACORRIENTES GENERALES	0	250	0,8	0
RESERVA	1	500	0,8	400
TOTAL DEMANDA :				13700

Fuente: Autor

La tabla 5.17 se deriva de la tabla anterior denominada servicios generales donde se obtiene el total de demanda pertenecientes al panel “PD-SG2” para luego ser multiplicada por el factor de coincidencia en este caso la unidad y ese resultado dividirlo para el factor de potencia, así obtenemos la corriente nominal que será destinada para panel de distribución y la protección respectiva para la instalación.

Tabla 5.17: Factores de corrección de servicios generales

PANEL PD-SG2	
Factor de coincidencia	1
Factor de potencia	0,92
Total de demanda (KVA):	14,89
Corriente Nominal (In)	39,08
Breaker de protección	48,85

Fuente: Autor

La tabla 5.18 se muestra el estudio de demanda para el panel de distribución denominada tablero de bombas de agua que contiene al panel PD-BA perteneciente al tablero de servicios generales. La diferencia con la otra tabla 5.18 radica en el uso de las cargas mientras una es para sistemas contra incendio la otra es propia para el servicio del edificio, adicionalmente se describen las cargas instaladas y la cantidad de las mismas, su potencia y el factor de demanda.

Tabla 5.18: Cálculo de demanda de Bombas de Agua

PANEL DE BOMBAS DE AGUA						
PANEL PD-BA						
DESCRIPCIÓN			CANTIDAD	WATTS	FACTOR DE	WATTS
				POR UNIDAD	DEMANDA	TOTALES
BOMBA DE AGUA 10 HP			1	10000	1	10000
BOMBA DE AGUA 20 HP			2	20000	1	40000
TOTAL DEMANDA :						50000

Fuente: Autor

La tabla 5.19 es una derivación de la tabla anterior denominada panel de bombas de agua donde se obtiene el total de demanda pertenecientes al panel “PD-BA” para luego ser multiplicada por el factor de coincidencia en este caso 0,90 y ese resultado dividirlo para el factor de potencia, así obtenemos la corriente nominal que será destinada para panel de distribución y la protección respectiva para la instalación.

Tabla 5.19: Factores de corrección de Bombas de Agua

PANEL PD-BA	
Factor de coincidencia	0,90
Factor de potencia	0,95
Total de demanda (KVA):	47,37
Corriente Nominal (In)	124,31
Breaker de protección	155,39

Fuente: Autor

La tabla 5.20 representa el estudio de demanda para el panel de distribución del ascensor perteneciente al tablero de servicios generales, la tabla describe las cargas instaladas y la cantidad de las mismas, su potencia por unidad y el factor de demanda.

Tabla 5.20: Cálculo de demanda del Ascensor

ASCENSOR				
PANEL PD-ASC				
DESCRIPCION	CANTIDAD	WATTS POR UNIDAD	FACTOR DE DEMANDA	WATTS TOTALES
ASCENSOR MOTOR 5 HP	2	5000	1	10000
ALUMBRADO	8	100	1	800
TOMACORRIENTE	2	250	1	500
TOTAL DEMANDA :				11300

Fuente: Autor

La tabla 5.21 es una derivación de la tabla anterior denominada ascensor donde se obtiene el total de demanda pertenecientes al panel "PD-ASC" para luego ser multiplicada por el factor de coincidencia en este caso la unidad y ese resultado dividirlo para el factor de potencia, así obtenemos la corriente nominal que será destinada para panel de distribución y la protección respectiva para la instalación.

Tabla 5.21: Factores de corrección del Ascensor

PANEL PD-ASC.	
Factor de coincidencia	1
Factor de potencia	0,92
Total de demanda (KVA):	12,28
Corriente Nominal (In)	32,33
Breaker de protección	40,29

Fuente: Autor

5.4.4 Tableros de medición

En la siguiente tabla 5.22 se realiza el cálculo y dimensionamiento para el tablero destinado a servicios generales. Se describe la carga de cada panel de uso general y se procede a sumarla, este resultado se ve afectado por el factor de coincidencia y potencia definido en la tabla. La corriente nominal es el resultado de la relación entre la demanda total (KVA) y el voltaje suministrado, por consiguiente, el breaker principal estará diseñado para el valor del corriente nominal multiplicado por 1.25.

Tabla 5.22: Cálculo de demanda de distribución generales TD-SG

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN SERVICIOS GENERALES TD-SG	
PD-SG1	13,91
PD-SG2	14,89
TABLERO BOMBA DE AGUA	47,37
TABLERO SISTEMA BOMBA CONTRA INCENDIO	32,28
PANEL PD-ASC	12,28
AREA COMUNAL :	11,74
SUMAN :	132,48
FACTOR DE COINCIDENCIA	0,70
FACTOR DE POTENCIA	0,95
TOTAL DEMANDA (KVA)	97,62
CORRIENTE NOMINAL (In)	256,18
BREAKER PRINCIPAL	320,23

Fuente: Autor

La tabla 5.23 pertenece al tablero de medidores “TM2”, la misma, determina la demanda total de 16 departamentos tipo suit 1 de un dormitorio y 8 departamentos tipos suit 2 de dos dormitorios. La misma presenta la demanda unitaria la cual se define como la demanda por cada departamento perteneciente al grupo descrito en cada celda, la cantidad es el número de departamentos, y la demanda total es el producto entre la demanda unitaria y la cantidad, ese resultado parcial continua con la suma de todas las demandas para luego corregirse por los diversos factores ya mencionados en las tablas. Este tablero estará ubicado en el piso 1 junto al de servicios generales del edificio.

Tabla 5.23: Cálculo de demanda del tablero general de medidores TM-2

TABLERO GENERAL DE MEDIDORES TM-2 (PISO 3-4)			
DESCRIPCION	DEMANDA UNITARIA	CANTIDAD	DEMANDA TOTAL POR TIPO
SUIT TIPO 1 DORMITORIO :	5,39	16	86,19
SUIT TIPO 2 DORMITORIO :	5,98	8	47,84
SUMAN :			<hr/> 134,03
FACTOR DE COINCIDENCIA :			0,42
TOTAL DEMANDA (KW) :			56,29
FACTOR DE POTENCIA :			0,92
TOTAL DEMANDA (KVA) :			61,19
CORRIENTE NOMINAL (In) :			160,58
BREAKER DE PROTECCION:			200,73

Fuente: Autor

En la siguiente tabla 5.24 se realiza el cálculo y dimensionamiento para el tablero destinado a las cargas de los pisos 5 y 6. Se describe el tipo de departamentos con la misma carga y se procede a obtener la demanda total de los dos pisos, este resultado se ve afectado por el factor de coincidencia y potencia definido en la tabla.

Tabla 5.24: Cálculo de demanda del tablero general de medidores TM-3

TABLERO GENERAL DE MEDIDORES TM-3 (PISO 5-6)			
DESCRIPCION	DEMANDA UNITARIA	CANTIDAD	DEMANDA TOTAL POR TIPO
SUIT TIPO 1 DORMITORIO :	5,39	16	86,19
SUIT TIPO 2 DORMITORIO :	5,98	8	47,84
SUMAN :			<hr/> 134,03
FACTOR DE COINCIDENCIA :			0,42
TOTAL DEMANDA (KW) :			56,29
FACTOR DE POTENCIA :			0,92
TOTAL DEMANDA (KVA) :			61,19
CORRIENTE NOMINAL (In) :			160,58
BREAKER DE PROTECCION:			200,73

Fuente: Autor

La corriente nominal es el resultado de la relación entre la demanda total (KVA) y el voltaje suministrado por consiguiente el breaker principal estará diseñado en base al valor de corriente nominal por el factor de seguridad que en este caso usamos 125%. En la siguiente tabla 5.25 se realiza el cálculo y dimensionamiento para el tablero destinado a las cargas de los pisos 7 y 8. Se describe el tipo de departamento con las mismas cargas y se procede obtener la demanda total, este resultado se ve afectado por el factor de coincidencia y potencia definido en la tabla.

Tabla 5.25: Cálculo de demanda del tablero general de medidores TM-4

TABLERO GENERAL DE MEDIDORES TM-4 (PISO 7-8)			
DESCRIPCIÓN	DEMANDA UNITARIA	CANTIDAD	DEMANDA TOTAL POR TIPO
SUIT TIPO 1 DORMITORIO :	5,39	0	0,00
SUIT TIPO 2 DORMITORIO :	5,98	0	0,00
SUIT TIPO 3 DORMITORIO :	5,87	8	46,95
SUIT TIPO 4 DORMITORIO :	5,94	8	47,55
AREA COMUNAL :	0,00	0	0,00
SUMAN :			94,50
FACTOR DE COINCIDENCIA :			0,42
TOTAL DEMANDA (KW) :			39,69
FACTOR DE POTENCIA :			0,92
TOTAL DEMANDA (KVA) :			43,14
CORRIENTE NOMINAL (In) :			113,22
BREAKER DE PROTECCION:			141,52

Fuente: Autor

En la siguiente tabla 5.26 se realiza el cálculo y dimensionamiento para el tablero destinado a las cargas de los pisos 9 y 10. Se describen los tipos de departamentos con la misma densidad de carga y se procede obtener la demanda máxima, este resultado se ve afectado por el factor de coincidencia y potencia, definido en la tabla. La corriente nominal es el resultado de la relación entre la demanda total (KVA) y el voltaje suministrado por consiguiente el breaker principal estará diseñado para el valor del corriente nominal multiplicado por 1.25.

Tabla 5.26: Cálculo de demanda del tablero general de medidores TM-5

TABLERO GENERAL DE MEDIDORES TM-5 (PISO 9-10)			
DESCRIPCIÓN	DEMANDA UNITARIA	CANTIDAD	DEMANDA TOTAL POR TIPO
SUIT TIPO 1 DORMITORIO :	5,39	8	43,10
SUIT TIPO 2 DORMITORIO :	5,98	4	23,92
SUIT TIPO 3 DORMITORIO :	5,87	0	0,00
SUIT TIPO 4 DORMITORIO :	5,94	0	0,00
AREA COMUNAL :	11,74	0	0,00
SUMAN :			67,02
FACTOR DE COINCIDENCIA :			0,42
TOTAL DEMANDA (KW) :			28,15
FACTOR DE POTENCIA :			0,92
TOTAL DEMANDA (KVA) :			30,59
CORRIENTE NOMINAL (In) :			80,29
BREAKER DE PROTECCION:			100,36

Fuente: Autor

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los tableros de medidores pertenecientes a la instalación con electrobarras. El tablero "TM1" se sitúa en el piso

1 junto al cuarto de transformadores y el Tablero de servicios general “TSG” se encuentra en el mismo nivel dentro del cuarto de generación.

Tabla 5.27: Ubicación de los tableros en del edificio

UBICACIÓN	TABLERO	CARGAS
PISO 1	TSG	SERVICIOS GENERALES
PISO 1	TM1	PRINCIPAL DEL EDIFICIO
PISO 3	TM2	PISO 3- 4
PISO 5	TM3	PISO 5-6
PISO 7	TM4	PISO 7-8
PISO 9	TM5	PISO 9-10

Fuente: Autor

Los tableros destinados para el interior del edificio se situarán de forma paralela a las electrobarras acompañado de una caja de derivación instalada directamente a la electrobarra. Esta disposición cuenta con un espacio exclusivo para la instalación de la electrobarra, el cual debe ser fácilmente accesible en todo su recorrido y el tablero de medida se ubica empotrado, contiguo a la caja de derivación de la electrobarra y sobre el mismo nivel tal y como se muestra en la figura representativa 5.2.



Figura 5.2: Ubicación de TM
Fuente: (Epm,2015)

CAPÍTULO 6

DIMENSIONAMIENTO DEL CUARTO DE TRANSFORMACIÓN

6.1 Dimensionamiento del transformador

En la siguiente tabla 6.1 se realiza el cálculo y dimensionamiento para el tablero destinado a las cargas de todos los pisos. Se describen todos los tableros ubicados en los diferentes niveles, y se procede a cuantificar la demanda total del edificio, este resultado se ve afectado por el factor de coincidencia y potencia definido en la tabla. La corriente nominal es el resultado de la relación entre la demanda total (KVA) y el voltaje suministrado por consiguiente el breaker principal estará diseñado para el valor del corriente nominal multiplicado por 1.25.

Tabla 6.1: Cálculo y demanda del tablero general y transformador

TABLERO GENERAL DE MEDIDORES TM-1 Y CALCULO DE LA DEMANDA TOTAL Y DETERMINACIÓN DEL TRANSFORMADOR			
DESSCRIPCION	CARGA UNITARIA	CANTIDAD	CARGA TOTAL
TABLERO DE MEDIDORES TM-2	134,03	1	134,03
TABLERO DE MEDIDORES TM-3	134,03	1	134,03
TABLERO DE MEDIDORES TM-4	94,50	1	94,50
TABLERO DE MEDIDORES TM-5	67,02	1	67,02
SERVICIOS GENERALES TD-SG :	132,48	1	132,48
SUMAN :			562,05
FACTOR DE COINCIDENCIA :			0,42
TOTAL DEMANDA (KW) :			236,06
FACTOR DE POTENCIA :			0,92
TOTAL DEMANDA (KVA) :			256,59
CORRIENTE NOMINAL (In) :			673,39
BREAKER DE PROTECCION:			841,74

Fuente: Autor

La energía eléctrica será suministrada por empresa eléctrica de Guayaquil, mediante líneas de media tensión desde el Pad Switch PS-2 hasta el transformador trifásico de 300 KVA convencional 13800/127-220 voltios, instalado donde indican los planos. En la siguiente tabla se detallan los valores y especificaciones del cuarto de transformación. La tabla 6.2 representa los datos técnicos del transformador a utilizar para el edificio en estudio.

6.2 Selección del transformador

En la siguiente tabla se detallan los valores y especificaciones del cuarto de transformación. La tabla 6.2 representa los datos técnicos del transformador a utilizar para el edificio en estudio.

Tabla 6.2: Dimensionamiento del cuarto de transformación

Material o equipo:	Tranformador de servicio de 300 KVA
Montaje en:	Cuarto de tranformador
Especificaciones:	Tipo Convencional
	Trifásico, auto enfriado
	Sumergido en aceite
	Frecuencia 60Hz
	Incremento de temperatura 65 grados C.
	Instalación al interior
	Potencia: 300 KVA
Observaciones:	Voltaje primario: 13800 voltios.
	Voltaje secundario: 220/127 voltios.
	Tap's: Dos de 2,5% arriba y dos de 2,5% abajo del voltaje nominal
	Nivel básico de aislamiento: 95 KV BIL
Observaciones: El cambio de tap debe realizarse con el transformador desenergizado.	

Fuente: Autor

6.3 Diseño del cuarto de transformación

En la siguiente figura 6.1 representa el diseño y los elementos pertenecientes al cuarto de transformación.

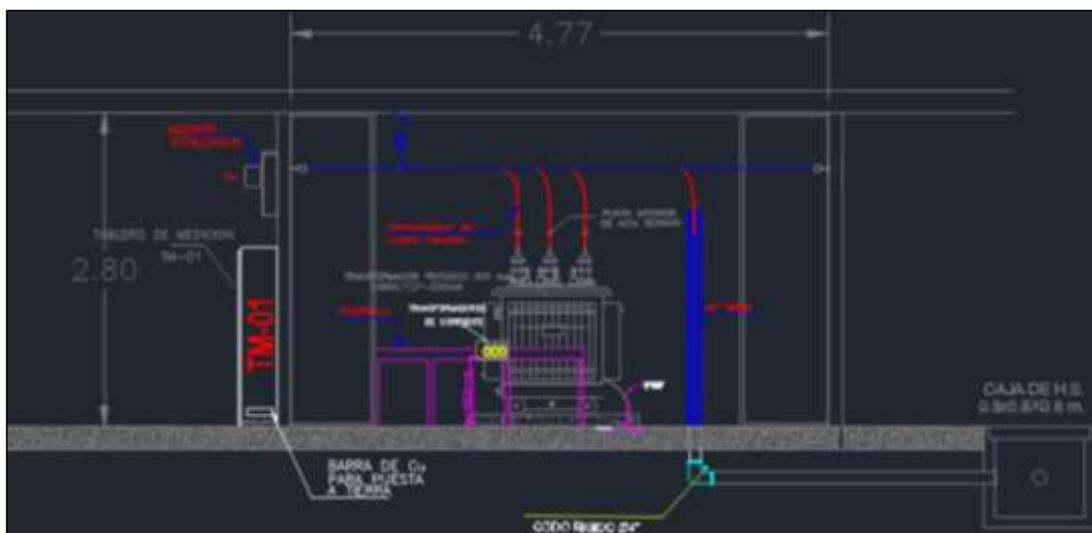


Figura 6.1: Diseño del cuarto de transformaciones

Fuente: Autor

CAPÍTULO 7

DISEÑO EN BAJA TENSIÓN CON ELECTROBARRAS

7.1 Dimensionamiento de electrobarra

Al proyectar con Electrobarras deben seguirse los mismos criterios generales utilizados en sistemas tradicionales de cables en tuberías o bandejas, aplicando los lineamientos que aparecen en el Código Eléctrico Nacional, así como en las normas y regulaciones vigentes. Obteniendo el valor de la corriente nominal de la demanda requerida para el tablero general, se procede a seleccionar la electrobarra a utilizar entonces tenemos que:

- Corriente nominal (I_n): 673,39 A
- Reserva 20%

Nos solicitan mantener una reserva del 20% por requerimientos del cliente entonces se procede a multiplicar la corriente nominal por el porcentaje deseado consiguiendo como resultado lo siguiente:

- Obtenemos una I_n total = 808,07 A

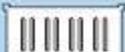
En la tabla 7.1 se muestra las siguientes electrobarras, se recomienda seleccionar la electrobarra superior a la corriente nominal obtenida, en este caso se dispone de electrobarras con las siguientes características:

- Electrobarra de 1000 A, tipo Flatwise (ventilada) con peso de 11 kg, sección del conductor $\frac{1}{4} \times 2 \frac{1}{2}$ pulgadas, sección del ducto $10 \times 5 \frac{1}{2}$ pulgadas, barras por fase 2.
- Electrobarra de 1000 A, tipo Edgewise (ventilada) con peso 10 kg, sección de conductor $\frac{1}{4} \times 2$ pulgadas, sección del ducto $10 \times 4 \frac{1}{2}$, barras por fase 2.
- Electrobarra de 1000 A, tipo no ventilada con peso 12 kg, sección de conductor $\frac{1}{4} \times 3$ pulgadas, sección del ducto $10 \times 5 \frac{1}{2}$, barras por fase dos.

7.2 Selección de electrobarra para departamentos

Se procede a escoger la electrobarra tipo Edgewise por tener mejor disipación de calor.

Tabla 7.1: Características de ducto y conductor, capacidades de conducción

Corte Transversal	Barras por Fase	Sección del Ducto (pulg.)	Sección de Conductor (pulg.)	Capacidad de Corriente (A)			Peso
				Edgewise (ventilada)	Flatwise (ventilada)	(no ventilada)	
	1	10 x 4 1/2	1/4 x 1	225	225	225	8
	1	10 x 4 1/2	1/4 x 2	400	400	400	9
	1	10 x 5 1/2	1/4 x 3	600	600	600	10
	2	10 x 4 1/2	1/4 x 1 1/2	800	800	—	9
	2	10 x 4 1/2	1/4 x 2	1000	—	800	10
	2	10 x 5 1/2	1/4 x 2 1/2	1200	1000	—	11
	2	10 x 5 1/2	1/4 x 3	1350	1200	1000	12
	4	10 x 7 1/2	1/4 x 1 1/2	1600	1350	—	15
	4	10 x 7 1/2	1/4 x 2	2000	1600	1200	17
	4	10 x 9 1/2	1/4 x 2 1/2	—	—	1350	19
	4	10 x 9 1/2	1/4 x 3	2500	2000	1600	21
	8	20 5/8 x 7 1/2	1/4 x 1 1/2	3000	3000	2000	31
	8	20 5/8 x 7 1/2	1/4 x 2	—	3500	2500	35
	8	20 5/8 x 9 1/2	1/4 x 2 1/2	4000	—	—	43
	8	20 5/8 x 9 1/2	1/4 x 3	5000	4000	3000	50

Fuente: (Electbus, 2018)

7.3 Selección electrobarras para servicio generales

Se procederá a seleccionar la siguiente electrobarra por la capacidad de corriente obtenida de la tabla 7.1 la misma partirá del panel de distribución de servicios generales hacía el piso 10 del edificio.

- Corriente nominal (I_n): 256,18 A
- Reserva 20%

Nos solicitan mantener una reserva del 20% por requerimientos del cliente, entonces se procede a multiplicar la corriente nominal por el porcentaje deseado consiguiendo como resultado lo siguiente:

Obtenemos una I_n total = 309.81 A

En la tabla 7.1 se muestra las siguientes electrobarras, se recomienda seleccionar la electrobarra superior a la corriente nominal obtenida, en este caso se dispone de electrobarras con las siguientes características:

- Electrobarra de 400 A, tipo Flatwise (ventilada) con peso de 9 kg, sección del conductor $\frac{1}{4}$ x 2 pulgadas, sección del ducto 10 x 4 $\frac{1}{2}$ pulgadas, barras por fase 2.
- Electrobarra de 400 A, tipo Edgewise (ventilada) con peso 9 kg, sección de conductor $\frac{1}{4}$ x 2 pulgadas, sección del ducto 10 x 4 $\frac{1}{2}$, barras por fase 2.
- Electrobarra de 400 A, tipo no ventilada con peso 9 kg, sección de conductor $\frac{1}{4}$ x 2 pulgadas, sección del ducto 10 x 4 $\frac{1}{2}$, barras por fase dos.

7.4 Diagrama unifilar del edificio con electrobarras

El diagrama unifilar que se presenta a continuación corresponde a la representación de una electrobarra de 1000 A, qué parte del tablero TM1 a los tableros correspondiente de cada piso y para el suministro de energía destinado a servicios generales se instala otra electrobarra de 400 A.

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

En este presente proyecto se destaca la aplicación de electrobarras en el diseño eléctrico de un edificio de uso residencial, el cual favorece al correcto dimensionamiento del sistema de distribución eléctrica en baja y meda tensión y más particularmente a la eficiencia de energía eléctrica receptada por los usuarios.

El objetivo de una instalación eléctrica es fundamentalmente cumplir con los servicios que fueron requeridos durante la temporada del proyecto, en esencia proporcionar servicio con el propósito de que la energía eléctrica satisfaga los requerimientos de los distintos elementos receptores de la instalación. Donde favorece al sector de construcción en la reducción de costos, de espacio y tiempo de ejecución. Al momento de generar un comparativo con las soluciones tradicionales, es fundamental considerar que las ductos barras concentran en un solo producto cables eléctricos, canalizaciones, portacables y mano de obra, que actualmente es un parámetro impredecible y en algunos casos voluminosos dentro de una instalación eléctrica

Otras ventajas significativas que no se consideran a priori pero que cobran protagonismo posteriormente son, por ejemplo, durabilidad del material, ausencia de cortes intempestivos, reducción de costos por mantención, reutilización de los materiales, ahorros energéticos a reducir la caída de tensión y sobre todo una de las características claves de este material, su flexibilidad y adaptación a los cambios de la instalación.

Mediante este proyecto, se puede concluir que es de total urgencia la implementación de normativas específicas para la implementación de un sistema eléctrico con electrobarras en los edificios, industrias, hospitales y las diversas aplicaciones aprendidas.

8.2 Recomendaciones

Establecer por parte de las empresas tanto de distribución y comercialización de energía eléctrica, las propuestas de normativas para incentivar el correcto funcionamiento y uso de las electrobarras a los actuales productores nacionales, a la fabricación de electrobarras de aluminio o cobre para diversificar su uso en las instalaciones eléctricas.

Es altamente recomendable instruir al personal de mantenimiento para que realice inspecciones periódicas al sistema. Normalmente la inspección visual y la medición de temperatura a distancia es suficiente para detectar variaciones en las condiciones normales de operación y aislar la causa para evitar algún eventual problema.

Complementando la inspección básica, es una buena práctica el revisar la carga a la que está sometida una línea de barras, simplemente comparando la corriente en el totalizador del tablero con la capacidad del sistema. La utilización de medidores de corriente con indicador de demanda máxima es de gran utilidad ya que, en la práctica, la mayoría de las fallas son consecuencia de sobrecargas reiteradas y/o permanentes.

Las cajas de derivación normalmente contienen equipos de protección breakers, fusibles o seccionadores - que limitan la carga aplicada. Sin embargo, es conveniente revisar que las cargas a las que están sometidas las derivaciones estén dentro de los límites permitidos, en especial en el conductor neutro, que normalmente no está protegido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arconel. (2019, octubre). *Balance Nacional de Energía Eléctrica – ARCONEL*.
<https://www.regulacionelectrica.gob.ec/balance-nacional/>

Barrena, M. (2018, mayo 1). 5 ventajas de usar electroductos en las instalaciones. *Grupo Sinelec*. <https://gruposinelec.com/electroductos/>

Calf. (2015, octubre 15). *Cooperativa Calf | ¿Qué son las redes aéreas compactas de distribución de energía eléctrica?*
<http://www.cooperativacalf.com.ar/que-son-las-redes-aereas-compactas-de-distribucion-de-energia-electrica/>

Castilla, W. (2014, abril 23). *Diferencias entre una instalación eléctrica con cables & ductobarra-busways—ElectricBusways*.
<https://www.electricbusways.com/diferencias-instalacion-con-cables-vs-ductos-de-barras/>

Dominguez, F. (02/20216). *Blindobarras Sistemas de distribución de Energía—PDF Descargar libre*. <https://docplayer.es/37751711-Blindobarras-sistemas-de-distribucion-de-energia.html>

Dotres, S. (2014, febrero). *Características de las cargas típicas de las redes eléctricas dedistribución—EcuRed*.
https://www.ecured.cu/Caracter%C3%ADsticas_de_las_cargas_t%C3%ADpicas_de_las_redes_el%C3%A9ctricas_de_distribuci%C3%B3n

Electubus. (2018, noviembre 10). *Electbus*.
<https://electbus.com/catalog.html#En>

Energy Power. (2017, junio). *Blindobarras 3M. 2018*.
<http://www.energypower.ec/wp-content/uploads/2019/05/Blindobarras.pdf>

Fernandez, C. Y. (2010). Centrales Térmicas: Clasificación de las centrales térmicas. *Centrales Térmicas*. <https://ct-termicas.blogspot.com/2010/06/clasificacion-centrales-termicas.html>

González, G., & Francisco, E. (s. f.). *Estudio de un sistema de distribución y acometidas en baja tensión*. 249.

Iberdrola, katherin. (2012, diciembre 9). *Iberdrola culmina el proyecto de ampliación de la subestación molederos, en Palencia*. Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/wcorp/iberdrola/actualidad/detalle/iberdrola-culmina-el-proyecto-de-ampliacion-de-la-subestacion-molederos-en-palencia-2860612120101210>

Insiteweb, M. D.-. (2018, enero 2). ¿Cómo funciona el negocio de la electricidad? *Universal Energía*. <https://universal-energia.com/funciona-negocio-la-electricidad/>

Jiménez, R. (2013, septiembre). *Distribución de electricidad*. <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2009/rjg/Distribucion%20de%20electricidad.htm>

Legrand, F. (2017). *Sistemas de Blindobarras para Distribución de Energía en Baja Tensión*. <http://zeningenieria.com/pdf-productos/BLINDOBARRAS.pdf>

Marabotto, M. (2018, abril). *Blindobarras.pdf | Corriente eléctrica | Tornillo*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/115808057/Catalogo-Blindobarras-3m>

Martinez, P. (2015, julio). *Blindobarras Sistemas de distribución de Energía—PDF Descargar libre*. <https://docplayer.es/37751711-Blindobarras-sistemas-de-distribucion-de-energia.html>

Moron, E. (2017, febrero). *Sistemas Electricos de Distribucion Yebra Moron | Corriente alterna | Thomas Edison*. Scribd. <https://es.scribd.com/doc/70594400/Sistemas-Electricos-de-Distribucion-Yebra-Moron>

Ocampo, J. (2017). *Manual de Inspección y Mantenimiento*. http://www.blindobarras.la/wp-content/uploads/2018/09/manual_de_inspeccion_y_mantenimiento_bb.pdf

Octans. (2018, junio). *Blindobarras: octans | construex*. <https://construex.com.ec/exhibidores/octans/producto/blindobarras>

Pinos, M. (2015). *Análisis del Diseño de un Sistema de Distribución Eléctrica* [Escuela Superior politécnica editorial]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8062/1/tesis%20de%20grado%20análisis%20del%20diseño%20de%20un%20sistema%20de%20distribución%20eléctrica%20telefónica%20y%20redes%20de%20datos%20de%20un%20hospital%20basado%20en%20el%20modelo%20americano..pdf>

Regulacion-No.-ARCONEL-004-15.pdf. (s. f.). Recuperado 19 de enero de 2020, de <https://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Regulacion-No.-ARCONEL-004-15.pdf>

Schneider, E. (2018). *Busway Systems Catalog*. https://download.schneider-electric.com/files?p_File_Name=5600CT9101.pdf

Softevolution. (2018, septiembre 28). *Las pérdidas de energía eléctrica y el uso eficiente del suministro—Eficiencia energética*. Medium. <https://medium.com/@mel.softevolution/las-p%C3%A9rdidas-de-energ%C3%ADa-el%C3%A9ctrica-y-el-uso-eficiente-del-suministro-eficiencia-energ%C3%A9tica-a404827e671d>

Solano, R. (2015). *modelo de una normativa para el uso de electrobarras como sistema de distribución de energía eléctrica en edificios corporativos y de vivienda* [universidad politécnica salesiana sede Quito]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8053/6/UPS%20-%20KT00993.pdf>

Steele, A. (2017, mayo 6). the advantages of busway system. 25/10/2017. <http://edaratgroup.com/old/pagesmedia/234.pdf>

NEC. (2013). *Norma ecuatoriana de construcción*. <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECANICAS2013.pdf>

Torres, M. (2019). *Electrobarras zucchini iluminación y distribución en un solo producto*. <https://www.nalelectricos.com.co/archivos//legrand-zucchini-electrobarras.pdf>

Urteaga, G. (2017, mayo 20). *ET126 Bus de barras | Likinormas*. https://likinormas.micodensa.com/Especificacion/cables/et126_bus_barras

Vergara, E. (2016). *Fundamentos sobre generación transporte y distribución de energía eléctrica*. dfs.uib.es/GTE/education/industrial/con_maq_electriques/teoria/Teoria%20Oviedo/Primer%20Parcial/Presentaciones%20en%20formato%20PDF/Tema2.pdf

Yebra Morón, J. A. (2014). *Sistemas eléctricos de distribución*. Reverté. Zaragoza, P. (2018, octubre 5). Conoce el NFPA 70 Código Eléctrico Nacional. *CESE Consultores*. <https://ceseconsultores.com/codigo-electrico-nacional/>

ANEXOS

ANEXO 1. Planos eléctricos del edificio Torre A de Ceibos Point

GLOSARIO

Acometida: se define como un trabajo en parte de la instalación eléctrica donde se genera un punto de conexión entre las redes de distribución y la instalación de suministro del consumidor final.

Electrobarras: Las electrobarras o electroductos son unos sistemas que distribuyen la electricidad a través del cableado o de barras de cobre y que cuentan con revestimientos de metal para proteger o evitar que se dañen los cables.

Distribución: es la etapa final en el suministro de electricidad a los usuarios finales. La red de un sistema de distribución lleva electricidad a partir de la red de transporte de alta tensión y la entrega a los consumidores.

Carga: Es la parte terminal del sistema que convierte la energía eléctrica a otra forma de energía.

Transformador: Es un dispositivo eléctrico para cambiar las amplitudes relativas de voltaje y corriente en un circuito de CA, manteniendo la frecuencia, también se puede usar para aislar eléctricamente un circuito.

Centro de transformación: Es la instalación que se encarga principalmente de recibir electricidad en alta tensión eléctrica y transformarla en electricidad en media tensión eléctrica.

Flexibilidad: Se define como su capacidad de adaptación a condiciones dinámicas y cambiantes y cuya finalidad es mantener en todo momento el equilibrio entre lo inyectado y lo retirado de la red.

Potencia instalada: es la cantidad de energía que puede ser entregada o distribuida a un sistema en una unidad de tiempo.

Potencia: es la proporción por unidad de tiempo, o ritmo, con la cual la energía eléctrica es transferida por un circuito eléctrico. Es decir, la cantidad de energía eléctrica entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado.



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Medina Rivera, Eric Hernán**, con C.C: # **0931901797** autor del trabajo de titulación: **Cálculo y diseño de una instalación eléctrica en baja tensión para edificio aplicando electrobarras**, previo a la obtención del título de **Ingeniería en Eléctrico – Mecánica** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil 4 de marzo del 2020

f. _____
Nombre: Medina Rivera Eric Hernán
CC.: 0931901797



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Cálculo y diseño de una instalación eléctrica en baja tensión para edificio aplicando electrobarras		
AUTOR(ES)	MEDINA RIVERA, ERIC HERNÁN		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	VALLEJO SAMANIEGO, LUIS VALLEJO		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ing. Eléctrico - Mecánica		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico-Mecánica con mención en gestión empresarial Industrial.		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	4 de Marzo 2020	No. DE PÁGINAS:	125
ÁREAS TEMÁTICAS:	Automatización, acuicultura y eléctrica		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Electrobarra, Canalizaciones, Líneas, Convencional, Tensión, Distribución, Dimensionamiento.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El presente trabajo de titulación consiste en desarrollar un diseño eléctrico de un edificio residencial mediante la aplicación de electrobarras, este proyecto analiza la viabilidad técnica del uso de un sistema de canalización de electrobarras, como alternativa a la implementación de líneas independientes, compuesta por cables y canalizaciones, esta última es normalmente la opción seleccionada para la distribución de energía eléctrica en media o baja tensión, sin embargo el desarrollo eléctrico hace que puedan plantearse otras soluciones diferentes a la denominada clásica o sistema convencional. Ubicado en la ciudad de Guayaquil en el edificio Torre A de Ceibos Point que actualmente se encuentra en etapa de diseño y planificación de construcción. Además del análisis anterior, este estudio también incluye una descripción detallada de toda la instalación eléctrica a lo largo de la construcción, partiendo de la acometida en media tensión hasta las instalaciones domesticas en baja tensión, cubriendo el diseño, dimensionamiento y cálculos de los principales componentes de la instalación.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0999078055	E-mail: ericmedinarivera@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Ing. Philco Asqui, Luis Orlando		
	Teléfono: 0980960875		
	E-mail: Luis.philco@cu.ucsg.edu.ec/ute@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			