



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS” ZACATENCO**

**“DISEÑO ELÉCTRICO EN MEDIA TENSIÓN PARA UN CONJUNTO
HABITACIONAL DE 245 DEPARTAMENTOS EN EL SUROESTE DE LA
CDMX”**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTAN:

**VAZQUEZ VEGA CRISTIAN ASael
VALDERRAMA CAPULA ZENON ISAAC**

ASESORES:

**ING. ANDRES DANIEL CHAVEZ SAÑUDO
ING. DAVID HERNANDEZ LEDESMA**



CIUDAD DE MÉXICO, NOVIEMBRE 2020

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”

TEMA DE TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
DEBERA (N) DESARROLLAR C. VAZQUEZ VEGA CRISTIAN ASael
C. VALDERRAMA CAPULA ZENON ISAAC

“DISEÑO ELÉCTRICO EN MEDIA TENSIÓN PARA UN CONJUNTO HABITACIONAL DE 245 DEPARTAMENTOS EN EL SUROESTE DE LA CDMX”

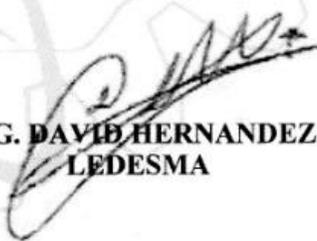
DISEÑAR LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MEDIA TENSIÓN, PARA UN CONJUNTO HABITACIONAL DE 245 DEPARTAMENTOS EN EL SUROESTE DE LA CDMX GARANTIZANDO EL USO CONTINUO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA CON BASE EN LA NORMA OFICIAL MEXICANA, NOM-001-SEDE-2012.

- ❖ TEORÍA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN MEDIA TENSIÓN Y NORMAS APLICABLES
- ❖ METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MEDIA TENSIÓN
- ❖ DISEÑO ELÉCTRICO DEL INMUEBLE
- ❖ ESTUDIO SOCIOECONÓMICO
- ❖ CONCLUSIONES

CIUDAD DE MÉXICO, A 05 DE NOVIEMBRE DE 2020.

ASESORES


ING. ANDRES DANIEL CHAVEZ
SAÑUDO


ING. DAVID HERNANDEZ
LEDESMA


ING. BULMARO SÁNCHEZ
JEFE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA



Instituto Politécnico Nacional

P r e s e n t e

Bajo protesta de decir verdad los que suscriben **VAZQUEZ VEGA CRISTIAN ASael** y **VALDERRAMA CAPULA ZENON ISAAC**, manifiestan ser autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada "**DISEÑO ELÉCTRICO EN MEDIA TENSIÓN PARA UN CONJUNTO HABITACIONAL DE 245 DEPARTAMENTOS EN EL SUROESTE DE LA CDMX**", en adelante "**La Tesis**" y de la cual se adjunta copia, en un impreso y un cd por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgamos al **Instituto Politécnico Nacional**, en adelante **El IPN**, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales o en cualquier otro medio; **para apoyar futuros trabajos relacionados con el tema de "La Tesis"** por un periodo de **2 años** contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a **El IPN** de su terminación.

En virtud de lo anterior, **El IPN** deberá reconocer en todo momento nuestra calidad de autores de "**La Tesis**".

Adicionalmente, y en nuestra calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de "**La Tesis**", manifestamos que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por los suscritos respecto de "**La Tesis**", por lo que deslindamos de toda responsabilidad a **El IPN** en caso de que el contenido de "**La Tesis**" o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumimos las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Ciudad de México., a 24 de Agosto de 2022.

Atentamente


VAZQUEZ VEGA CRISTIAN ASael


VALDERRAMA CAPULA ZENON ISAAC

Dedicatoria

A Mis Padres

Por haber sido el sustento para este gran logro en mi vida profesional, por haberme dado todo para poder ver este día llegar. Mamá gracias por estar a mi lado y brindarme de tus sabios consejos, por ese amor, por nunca haberme dejado solo y siempre haber confiado en mí. Papá por el gran afecto para conmigo, por esa paciencia y por esa certeza de algún día ver a su hijo como todo un profesionalista. Por todo... a los dos, de corazón, Muchas Gracias.

A mi Familia, Amigos y Maestros

Por todo el apoyo brindado durante esos meses de desvelos y por la paciencia que demostraron, por siempre haber confiado en mí, brindándome sus mejores deseos, levantándome el ánimo cuando más lo necesitaba. Y a quienes ya no se encuentran presentes aquí conmigo, les doy las gracias por lo que, en su tiempo, con mucho amor me brindaron.

A Dios

Principalmente por la vida, la salud y la dicha de haberme concedido este gran logro, por haberme rodeado de tan maravillosas personas y siempre haber estado conmigo, por eso y más, eternamente agradecido.

Cristian A. Vazquez Vega

Esta tesis la dedico a mi familia, que por ellos soy la persona que soy, a mis padres y hermanas, por su apoyo incondicional, por el esfuerzo que realizaron para poder darme los recursos necesarios para concluir con mi educación, por los consejos, por todos los valores y enseñanzas que forjaron mi carácter como persona, la perseverancia, empeño y coraje para aun cuando flaquee siempre concluya lo que inicie.

Gracias.

Zenón Isaac Valderrama Capula

ÍNDICE

	Pág.
Planteamiento del problema	I
Objetivos	III
Objetivo general.....	III
Objetivos específicos	III
Justificación.....	IV
Capítulo 1 Teoría De Las Instalaciones Eléctricas En Media Tensión Y Normas aplicables.....	1
1.1 Instalación Eléctrica.....	2
1.2 Características De Las Instalaciones Eléctricas.....	2
1.3 Niveles De Tensión Normalizadas En México.....	2
1.4 Instalaciones Eléctricas En Media Tensión.	3
1.5 Elementos Principales De Una Instalación Eléctrica En Media Tensión.	4
1.6 Equipo Eléctrico.....	4
1.6.1 Transformador.....	4
1.6.2 Seccionador Pedestal.....	6
1.7 Puesta A Tierra.....	6
1.8 Conductores Eléctricos.....	6
1.8.1 Metales Conductores.....	7
1.8.2 Aislantes.....	7
1.8.3 Descripción De Un Conductor XLP.....	8
1.9 Normatividad Aplicable Para Instalaciones De Media Tensión.	8
1.9.1 NOM-001-SEDE-2012.....	8
1.9.2 Especificación CFE DCCSSUBT	12
1.10 Infraestructura De Medición Avanzada (AMI)	17
1.10.1 Especificación CFE G0100-05.....	18
Capítulo 2 Metodología Para El Diseño De La Instalación Eléctrica En Media Tensión.....	19
2.1 Estudio De Planos Arquitectónicos.....	20
2.2 Determinación De La Demanda Total Del Inmueble.	20
2.2.1 Carga Instalada	20
2.3 Densidad De Carga De Área Rentable	21
2.4 Determinación De Carga Para Áreas Comunes.....	22
2.4.1 Carga Demandada	22
2.5 Elaboración De Cuadro De Cargas General.	23
2.6 Diseño Del Diagrama Unifilar.....	23
2.7 Aceptación Del Proyecto Ante La Comisión Federal De Electricidad (CFE).....	23
2.8 Planos de Proyecto	24
2.8.1 Plano General De Media Tensión	24
2.8.2 Plano General De Baja Tensión	24
2.8.3 Plano De Detalles De La Obra Eléctrica	25
2.8.4 Plano General De La Obra Civil.....	25

2.9	Definición De Cuartos Eléctricos.....	25
2.10	Tableros De Distribución	30
2.11	Designación De Planta De Emergencia.	30
2.12	Cálculo Del Alimentador Y Circuitos Derivados.....	31
2.13	Cálculo De Conductores.	32
2.14	Protecciones	33
2.14.1	Fusible Limitador De Corriente	33
2.14.2	Interruptor Termomagnético	33
2.14.3	Apartarrayos.....	34
2.15	Caída De Tensión	35
2.16	Selección De Canalizaciones (Charolas Portacables).....	36
2.17	Transformadores.....	38
2.17.1	Propiedad de CFE	39
2.17.2	Particulares	40
2.17.3	Protecciones.....	40
2.17.4	Dimensiones.....	40
2.18	Seccionadores	41
2.19	Coordinación De Protecciones Contra Sobre Corrientes.....	42
2.19.1	Dispositivos De Protección	43
2.20	Diseño De La Red De Tierras	45
2.20.1	Sistemas De Conexión A Tierra.....	47
2.21	Banco De Ductos	53
2.22	Registros.....	54
2.23	Muretes De Derivación.....	54
2.24	Accesorios	55
2.25	Implementación De Telemedición	55
2.25.1	Beneficios.....	57
2.25.2	Requerimientos	57
2.25.3	Hardware Para Medición (Medidores).	58
2.25.4	Software Para La Adquisición De Datos (Licencias).	58
2.25.5	Hardware Para Las Comunicaciones.....	58
2.25.6	Canales De Comunicación Con La Empresa Distribuidora.	58
Capítulo 3	Diseño Eléctrico Del Inmueble.....	59
3.1	Ubicación y Áreas.....	60
3.2	Determinación de las Cargas del Inmueble	61
3.2.1	Departamentos.....	61
3.2.2	Servicios Generales	63
3.3	Selección De Transformador	65
3.4	Planta De Emergencia.....	67
3.5	Cálculo De Protecciones Y Conductores Del Alimentador Principal.....	68
3.5.1	Protecciones Del Transformador	68
3.5.2	Cálculo De Conductores.....	76

3.6	Canalizaciones	81
3.7	Cálculo De Circuitos Alimentadores.....	82
3.7.1	Validación Corriente Nominal	83
3.7.2	Validación Por Caída De Tensión.....	84
3.8	Diseño De La Red De Distribución	87
3.8.1	Acometida	87
3.8.2	Sistema De Distribución De 200 A.....	89
3.8.3	Subestación Principal	89
3.8.4	Seccionador Tipo Pedestal En SF6 De 4 Vías 2-200A/2-600A.....	89
3.8.5	Derivador En Media Tensión De 5 Vías 200 Amperes.....	91
3.8.6	Medición En Media Tensión De Tipo Pedestal Norma CFE DCMMT502.	91
3.9	Medición.....	92
3.9.1	Equipo Para La Medición.....	95
3.9.2	Software	96
3.9.3	Hardware.....	96
3.9.4	Canales De Comunicación Con La Empresa Distribuidora.	97
3.9.5	Ubicación Del Equipo	97
3.10	Diseño De Planos	99
3.10.1	Planos De Obra Electromecánica (Plano 1 de 3).....	99
3.10.2	Planos De Obra Civil (Plano 2 de 3).	99
3.10.3	Planos De Medición (Plano 3 de 3).....	99
Capítulo 4	Estudio Socioeconómico	100
4.1	Costos Unitarios	101
4.2	Análisis Costo-Beneficio	110
Capítulo 5	113
	Conclusiones	114
	Referencias.....	115
	Glosario	116
	Anexos.....	119
	Anexo 1. Tablas.....	119
	Anexo 2. Fichas Técnicas.....	123
	Anexo 3. Planos Arquitectónicos	127
	Anexo 4. Planos Eléctricos	132

Resumen

El presente trabajo de tesis expuesto a continuación, reúne los requisitos mínimos necesarios para la realización de una instalación eléctrica de tipo residencial en media y baja tensión, considerando siempre las necesidades del usuario, pero principalmente tomando en cuenta lo permitido por la normatividad aplicable vigente en el país.

Para una correcta aplicación de la ingeniería, en el transcurso de este trabajo se consideran los requisitos mínimos dictados por la normatividad aplicable en nuestro país para poder realizar un diseño eléctrico en media tensión para un conjunto habitacional de 245 departamentos, que brinde principalmente seguridad al usuario y proporcione el servicio eléctrico de manera correcta.

Dentro de este diseño eléctrico para el correcto dimensionamiento, se consideran los elementos mínimos necesarios en una instalación eléctrica de este tipo. La selección del equipo en media tensión depende directamente de la carga total que estos elementos demanden, por lo tanto, se cubren en su totalidad considerando la mejor eficiencia.

Introducción

El modo de habitar en la actualidad y las grandes edificaciones de viviendas desarrolladas en el último siglo, no solo hacen saber que se va progresando, sino que también tenemos que buscar alternativas en construcción para no deteriorar nuestro medio, aprovechando de manera eficiente los pocos espacios que en nuestros alrededores quedan, siempre tomando en cuenta la seguridad, ante todo.

Al igual que buscar una solución acertada a este tipo de cuestiones, atendiendo a cada uno de los elementos que conforman una edificación, nos ubicamos en el papel que desempeña la ingeniería eléctrica en este tipo de obras, en las cuales la energía eléctrica toma un rol muy importante, pues no solo se considera un servicio más, si no que es el principal motor y quien se encarga de darles vida.

Conforme a la creciente urbanización existe una gran demanda en cuanto a edificaciones de calidad que brinden un servicio adecuado, cuando a energía eléctrica nos referimos. El peso que esto conlleva, recae principalmente en el o los encargados, pues se debe diseñar un sistema eléctrico que sea capaz de alimentar a un inmueble, y que a su vez este sea rígido y confiable, diseñado conforme a las demandas existentes. Retomando lo escrito en un inicio, el diseño debe contener el mayor aprovechamiento de la energía eléctrica para poder tener un diseño eléctrico rígido, confiable y además eficiente.

Con el presente proyecto se pretende demostrar lo anteriormente dicho realizando un diseño eléctrico que cumpla con todas las normativas aplicables, atendiendo a las necesidades actuales y haciendo uso eficiente de la energía eléctrica, de los materiales y espacios, sin dejar de brindar un servicio continuo, confiable y seguro para el usuario.

Planteamiento del problema

La Ciudad de México (C.D.M.X.) se mantiene en constante cambio y crecimiento poblacional, sin embargo en el área de la mancha urbana existe muy poco territorio designado para la construcción de viviendas y poseen un costo elevado, es por esto que actualmente existe un aumento en la construcción de edificios de gran altura, principalmente los edificios habitacionales; los cuales tienen ciertos requerimientos en la parte de la instalación eléctrica que deben ser cumplidos para ofrecer seguridad a las personas que habitan dichos edificios, como una calidad y eficiencia en la utilización de la energía.

Una de las áreas importantes dentro de una construcción de edificios habitacionales, es la parte del diseño eléctrico; lo que nos lleva al consumo de energía eléctrica. Ambos actos dependen uno del otro para reducir considerablemente gastos en un consumo innecesario; es por esto que es indispensable tener un diseño eléctrico de calidad apegado a normativas específicas; ya que la demanda de energía eléctrica crece junto con la población de la C.D.M.X. lo que hace necesario tomar medidas para poder amortiguar dicho fenómeno.

Un mal diseño de una instalación eléctrica puede verse reflejado en un incremento considerable en la facturación de la energía eléctrica por parte de la empresa suministradora (Comisión Federal de Electricidad) o hasta daños físicos considerables como lo son incendios originados por un corto circuito en consecuencia de un mal cálculo de protección contra sobre corriente. Los daños pueden afectar directamente y atentar con la vida de una persona llegando a causar la muerte.

Con el estudio y las experiencias en cuestión de accidentes por electrocución y su gravedad, la determinación de los límites técnicos de utilización de materiales conductores y aislantes en las instalaciones y en los artefactos, sin producir sobrecalentamientos y cortocircuitos, han permitido la creación de normas que definen límites y pasos a considerar para evitar el riesgo eléctrico.

Un mal cálculo en la capacidad total de un inmueble puede notarse al realizar el encendido de ciertos aparatos y ver el efecto en otros por una capacidad brindada, inferior a la instalada o también por el mal cálculo de los circuitos requeridos por la norma (NOM-001-SEDE-2012) para unidades de vivienda en la cuales trabajan sobrecargados en función del aumento de los equipos eléctricos y principalmente los de mayor consumo o cuyas placas de datos sean erróneas y tengan un consumo superior al plasmado.

En su mayoría al presentarse un problema como el mencionado la mayoría de usuarios hacen recaer la culpa en la empresa suministradora cuando el problema radica en el diseño, pero principalmente es en la ejecución de la obra, que no es llevado a norma para la instalación, esto por diferentes factores, pero principalmente el económico el cual es la raíz de todo un mal trabajo pues para reducir costos. Como ejemplo es el cambio de calibres en los conductores reduciendo números sin saber que estos afectan directamente a la instalación y al servicio a los usuarios y como ya se mencionó causando daños físicos tanto a la estructura como al propio consumidor.

En un circuito mal dimensionado, por ejemplos con un calibre de conductor inferior al requerido o productos fuera de norma, son los principales factores que generan una fuga de energía incluso llegando a un 40% dejando de lado la eficiencia energética y afectando directamente al ambiente y al usuario. Por lo que en resumen si no se siguen correctamente las normas competentes se tiene una instalación sobrada o en su caso una que no cumple los requisitos normativos técnicos y de seguridad.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar la instalación eléctrica en media tensión, para un conjunto habitacional de 245 departamentos en el suroeste de la CDMX garantizando el uso continuo de la energía eléctrica con base en la Norma Oficial Mexicana, NOM-001-SEDE-2012.

Objetivos específicos

- a) Realizar un levantamiento arquitectónico del inmueble con el propósito de conocer la ubicación del equipo eléctrico a instalar.
- b) Realizar el estudio de cargas para conocer la demanda requerida del inmueble.
- c) Identificar los elementos constitutivos de la red de media tensión para la correcta selección de parámetros en el diseño
- d) Dar cumplimiento a las normas competentes para asegurar la correcta instalación eléctrica.
- e) Realizar un estudio económico con el fin de conocer el impacto de inversión financiera.

Alcances

Se realizará el levantamiento con base en planos arquitectónicos proporcionados por el responsable del diseño del inmueble para conocer las ubicaciones propuestas del equipo y realizar el diseño eléctrico.

se obtendrán las cargas demandadas para cada inmueble conforme a las dimensiones obtenidas del levantamiento arquitectónico y el manejo correcto de la NOM-001-SEDE-2012 (Utilización)

Se obtendrán las magnitudes eléctricas necesarias para el dimensionamiento y selección del equipo con en el estudio de cargas.

Se realizará el diseño de la red subterránea requerida para el tipo de inmueble con base en la carga del inmueble y la utilización de la norma CFE DCCSSUBT.

Se realizará un estudio económico para conocer la inversión necesaria para el desarrollo del proyecto eléctrico base en el diseño de la red y las dimensiones del equipo eléctrico a utilizar.

Justificación

En la actualidad hemos sido testigos de un incremento acelerador en el uso de la energía eléctrica para diferentes actividades que se han visto reflejada en el bienestar de las personas. La energía eléctrica es y será el medio necesario para el desarrollo en muchas áreas o sectores del campo laboral y en la vida diaria en la cuales cada vez más demandan continuidad y calidad de la electricidad.

Con la ya existencia de normas se sabe cómo y en qué medida se debe diseñar una instalación eléctrica segura y confiable para el usuario particularmente en edificios de viviendas. Con el constante perfeccionamiento de los materiales y de la tecnología aplicada en cuestión de protecciones eléctricas se facilita alcanzar niveles de seguridad cada vez más altos cumpliendo todos los requerimientos.

A fin de brindar un servicio seguro, continuo y de la mejor calidad, El presente trabajo responde a todas especificaciones técnicas y normativas que proyectos de edificios habitacionales, requieren para poder brindar las condiciones adecuadas de seguridad a los usuarios y sus viviendas, evitando el mal diseño de la instalación de media tensión, sobredimensión de equipos requeridos y esto evitara la perdida de material así como el consumo innecesario de energía eléctrica con lo cual reducirán costos con una calidad respaldada bajo norma.

Actualmente existe un gasto disparado de energía por el crecimiento acelerado de la población y esta creciente demanda, hace entrar en juego la calidad del diseño de una instalación eléctrica que lleva gran peso dentro de un proyecto de construcción como lo son los edificios para condominios.

Tomando en cuenta los requerimientos que exigen las normas mexicanas de utilización para instalaciones eléctricas se garantiza una calidad y seguridad en el diseño eléctrico para el usuario.

Con el presente trabajo se diseñará la instalación eléctrica en media tensión para alimentar un conjunto habitacional de 245 departamentos además de áreas de uso común y equipos de servicios propios, distribuidos en dos edificios de gran altura, utilizando los criterios normativos necesarios para la realización efectiva del diseño eléctrico.

Capítulo 1

Teoría De Las Instalaciones Eléctricas En Media Tensión Y Normas Aplicables

1.1 Instalación Eléctrica

Es un conjunto de elementos, circuitos y equipos eléctricos los cuales permiten transmitir, distribuir y utilizar la energía eléctrica, asegurando la calidad y la confiabilidad de dicha energía, desde el punto de suministro hasta los puntos de utilización.

1.2 Características De Las Instalaciones Eléctricas

Cualquier tipo de instalación debe cumplir con las siguientes características:

- Eficientes: Es decir aprovechar al máximo la capacidad instalada del equipo.
- Económicas: Debe tener un rendimiento óptimo en cuanto al costo de la inversión inicial, consumo eléctrico y mantenimiento.
- Accesibles: El monitoreo y control equipos deben de tener un fácil acceso a las personas autorizadas para obtener tiempo de respuesta óptimo.
- Fácil mantenimiento: Debido a la accesibilidad se hará un mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo eficientemente.
- Seguras: Debe de contar con una excelente coordinación de protecciones, para salvaguardar la integridad de los operarios, usuarios y equipo dentro de los límites de la instalación.

1.3 Niveles De Tensión Normalizadas En México.

Tabla 1.1 Tensiones eléctricas normalizadas (NMX-J-098-ANCE-2014).

Baja tensión: De 100 V a 1000 V		Media tensión: De 1001V hasta 34 500 V		Alta tensión	
Tensión (V)	Descripción	Tensión (V)	Descripción	Tensión (V)	Descripción
220/127	Secundario en estrella	4,160	Industrial	85,000	Subtransmisión CDMX
240-120	Sistema Edison	13.200	Distribución fuera de CDMX	115,000	Subtransmisión Provincia
480/277	Secundario en estrella	13,800	SE de distribución	230,000	Trasmisión todo el país
480	Sin neutro	23,000	Distribución CDMX y ZM	400,000	Extra alta tensión transmisión
		34,500	Industria fuera de CDMX		

1.4 Instalaciones Eléctricas En Media Tensión.

El tipo de instalación eléctrica en media tensión se ejecuta apegada en el diseño, así como en la construcción de la obra bajo la norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-2012, no obstante, también se deben cumplir requerimientos específicos dictados por la compañía suministradora. En este caso la Comisión Federal de electricidad (CFE) en la especificación “construcción de sistemas subterráneos” (CFE DCCSSUBT) especifica los requerimientos obligatorios que se deben llevar a cabo para una instalación eléctrica de media tensión subterránea, lo cual describe la razón de este trabajo.

La característica principal para que se denomine que una instalación eléctrica está en la tarifa de media tensión es que su carga sea mayor a los 25 kW, en la tabla 1.2 se muestran las tarifas eléctricas normalizadas por el diario oficial de la federación, donde se muestran el rango de demanda que abarca cada tarifa.

El principal componente que caracteriza una instalación en media tensión es el arreglo en el que está configurado además del equipo que se utiliza en dicha instalación, la cual está encargada de recibir el suministro de energía, transformarla y distribuirla a las cargas de la instalación que lo requieran, todo esto de forma segura y eficiente.

Tabla 1.2 Tarifas de energía eléctrica.

TIPO DE TARIFA	DESCRIPCIÓN	TENSION [V]	DEMANDA [kW]
DB1	Domestico Baja Tensión hasta 150 kWh-mes	127	kW < 3
		120	kW < 3
		220/127	3 < kW < 10
		220/127	10 < kW
		240/120	
DB2	Domestico Baja Tensión mayor a 150 kWh-mes	Mismas tensiones de suministro que la tarifa DB1	
PDBT	Pequeña demanda baja tensión hasta 25 kW-mes	Mismas tensiones de suministro que la tarifa DB1	0 < kW < 25
GDBT	Gran demanda baja tensión mayor a 25 kW-mes	Mismas tensiones de suministro que la tarifa DB1	25 < kW < 100 No es viable para la CFE.
GDMT	Gran demanda en media tensión	13,200 (provincia, redes en centro de ciudad)	25 < kW 100
		23,000 (CDMX, ZM)	
		34,500 (provincia, zonas industriales y rurales)	

1.5 Elementos Principales De Una Instalación Eléctrica En Media Tensión.

Una instalación eléctrica en media tensión se compone de los siguientes elementos:

1. Punto de conexión: Se considera en el diseño ya que es el lugar en donde se toma el suministro de energía de la compañía de distribución de energía (CFE).
2. Acometida: Conjunto de circuitos y equipo eléctrico como son apartarrayos, corta circuito fusible y terminal aérea propiedad de CFE, para suministrar energía
3. Equipo de medición: Es propiedad de CFE para facturar la demanda total de la carga instalada, se coloca fuera del inmueble y accesible para los operadores de la comisión.
4. Seccionador o gabinete de media tensión: Dispositivos que se encargan de aislar eléctricamente el circuito principal en media tensión de la red de alimentación.
5. Transformador: Maquina eléctrica estática, cuya función es la de subir o bajar la magnitud de tensión eléctrica según la aplicación.
6. Alimentadores: Circuito que suministra toda la corriente que consume una carga eléctrica.

1.6 Equipo Eléctrico

Para la selección de equipos, serán posteriormente expuestos métodos que se llevan a cabo con base a normas y cálculos.

Los equipos para media tensión a utilizar enlistados en el apartado 1.5, se detallan a continuación.

1.6.1 Transformador

Maquina eléctrica estática, cuya función es la de subir o bajar la magnitud de tensión eléctrica, constituido por devanados magnéticamente acoplados y eléctricamente aislados.

El tipo de transformador utilizado para instalaciones en media tensión más común es el transformador tipo pedestal.

1.6.1.1 Transformador Tipo Pedestal

Se utilizan bajo norma especificación CFE DCCSSUBT para las instalaciones de distribución subterránea, llamado pedestal puesto que se monta en una base de concreto, los elementos que están integrados dentro del gabinete son un fusible limitador y un fusible tipo expulsión, conectados en serie.

Dentro de los transformadores tipo pedestal se configuran en dos arreglos;

Configuración radial: Este tipo de transformador solo posee tres boquillas de alimentación en media tensión, puesto que su alimentación depende solamente una línea, es muy poco flexible al momento de hacer alguna maniobra como mantenimiento.

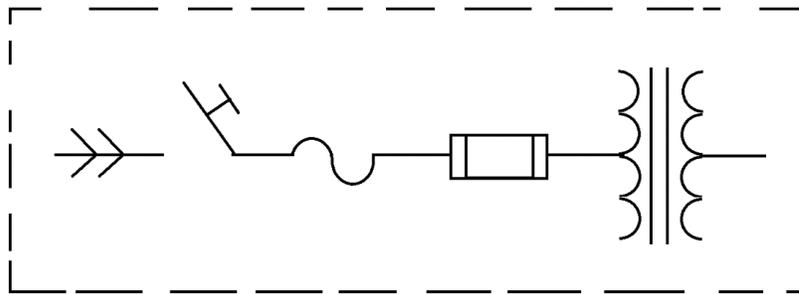


Figura 1.1 Diagrama de transformador pedestal radial.

Configuración en anillo: Tiene dos juegos terminales o bornes donde puede ser energizado en media tensión en este caso serán 23 kV con esta configuración se obtiene una mayor flexibilidad en la instalación por si alguno de los dos alimentadores falla, también con este tipo de configuración varios transformadores pueden ser conectados en el mismo circuito.

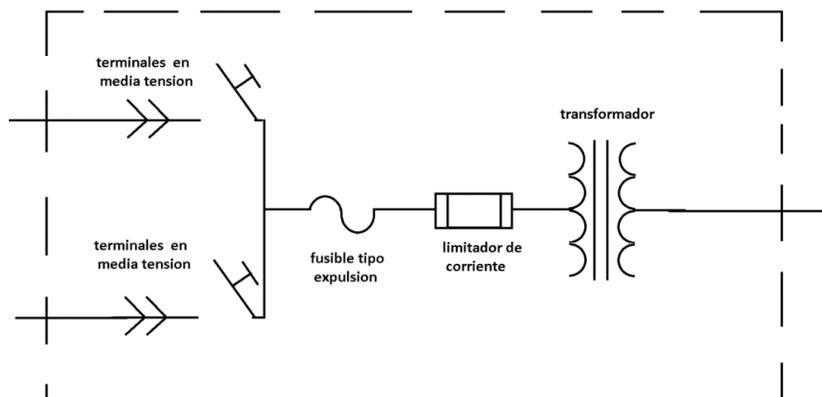


Figura 1.2 Diagrama de transformador pedestal configuración en anillo.

1.6.2 Seccionador Pedestal

Es un dispositivo para desconectar un circuito eléctrico aislándolo de la alimentación, cuenta con interruptores de corriente contra sobre carga y de circuito corto, el seccionamiento se hace de forma manual, automática o telecontrolada. Se utiliza en sistemas de distribución y se instala sobre una superficie base de concreto. Cuenta con juegos de cuchillas de paso tripolar sin carga, y dos protecciones electrónicas en las terminales a distribuir.

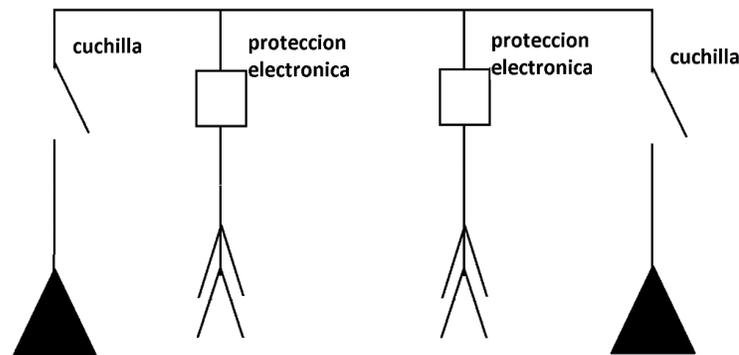


Figura 1.3 Seccionador principal tipo pedestal.

1.7 Puesta A Tierra

Es un conjunto de elementos conductores de puesta a tierra que se caracteriza por estar enterrados bajo la tierra cuya función es la de proteger al usuario y al equipo de corrientes de circuito corto además de tensiones de grandes magnitudes, conectando partes estructurales de los equipos eléctricos de la instalación, a la tierra física.

El sistema de puesta a tierra normalmente se constituye de mallas o electrodos de ciertas características para cada instalación eléctrica específica.

1.8 Conductores Eléctricos

Los cables conductores de electricidad son el medio de transporte de la electricidad y para ellos tiene que ser de un material conductor y los más utilizados en para ese uso son el cobre y el aluminio. Las formas en las que los conductores forman parte de un cable aislado principalmente son: Redonda, sectorial y segmental. A continuación, se describe cada uno

El conductor redondo es un alambre que tiene una sección transversal circular que se utiliza en cables monoconductores y en multiconductores.

Un conductor sectorial es aquel que está formado por un cable cuya sección transversal es un sector de círculo y que se utiliza principalmente en cables trifásicos con calibres mayores a 1/0 AWG.

Los conductores con forma sectorial son utilizados principalmente en cables de energía en alta tensión, con tensiones de 115 kV y 230 kV con calibres superiores a 1000 MCM. Las siglas AWG (American Wire Gage) se utilizan para la designación del calibre de conductores, esta escala fue ideada en 1857 por J.R BROWN y tiene la propiedad de que sus dimensiones representan aproximadamente los pasos sucesivos del proceso de estirado del alambre además de que sus números son regresivos en otras palabras un número mayor representa un alambre de menor diámetro.

1.8.1 Metales Conductores

Cobre: Es un metal muy dúctil y maleable y por ello su mayor uso. Tiene un color rojizo brillante, y es uno de los mejores conductores del calor y la electricidad pues tiene una existencia abundante en la tierra.

Aluminio: El aluminio es otro metal muy dúctil y maleable, de color plateado, que al igual que el cobre es un buen conductor de calor y electricidad, pero más del calor.

1.8.2 Aislantes

Polietileno de cadena cruzada (XLPE o XLP): El polietileno de cadena cruzada, polietileno reticulado o simplemente XLPE, se produce por la combinación de un polietileno termoplástico y un peróxido orgánico adecuado, bajo ciertas condiciones de presión y temperatura. El aislamiento resultante es de color natural o café claro dependiendo del tipo de antioxidante que se emplee en la preparación. La resina del polietileno reticulado se puede emplear pura o mezclada con humo negro o cargas minerales que se mejoran sus propiedades físicas.

Después de la extrusión, el cable aislado con polietileno vulcanizable pasa a través de una línea de vulcanización con gas o con vapor a alta presión y temperatura con lo que el material se convierte de termoplástico en termofijo, es decir el aislamiento ya no se funde o escurre a altas temperaturas. El polietileno vulcanizado es un aislamiento para temperaturas de 90 °C en operación normal, 130 °C en condiciones de emergencia y 250 °C en condiciones de cortocircuito y se emplea en cables de energía para tensiones de 15 kV, 25 kV, 35 kV.

1.8.3 Descripción De Un Conductor XLP

Se considera como un conductor para media tensión a todo aquel que tenga un aislamiento tal que le permita operar satisfactoriamente en condiciones de seguridad en tensiones superiores de 1000 V. Las principales partes de este conductor se describen a continuación:

- 1.- Conductor de cobre suave redondo compacto
- 2.- Pantalla semiconductora extruida sobre el conductor.
- 3.- Aislamiento de XLP (Polietileno de Cadena Cruzada).
- 4.- Pantalla semiconductora extruida sobre aislamiento.
- 5.- Pantalla metálica de alambres de cobre suave aplicados helicoidalmente.
- 6.- Cinta separadora no higroscópica.
- 7.- Cubierta exterior de PVC (Policloruro de vinilo) en color rojo.

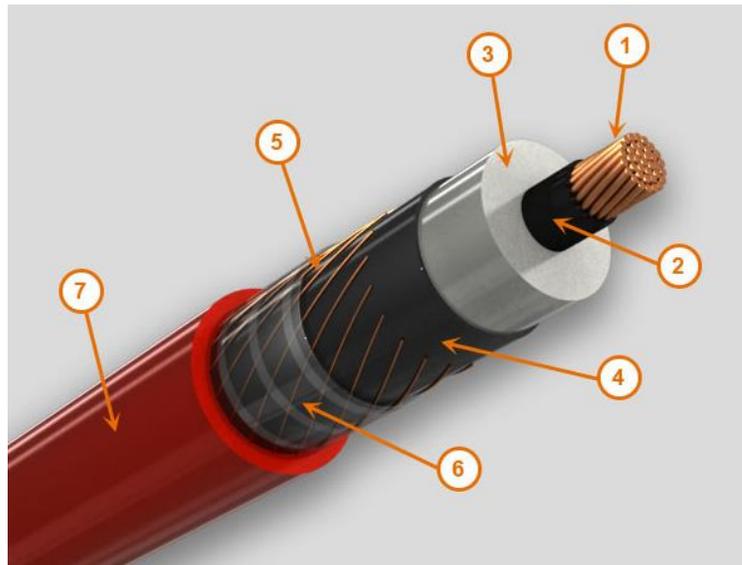


Figura 1.4 Descripción de las partes de un conductor con aislamiento XLP.

1.9 Normatividad Aplicable Para Instalaciones De Media Tensión.

1.9.1 NOM-001-SEDE-2012

La norma oficial mexicana NOM-001-SEDE -2012 (utilización) se compone de 924 artículos, en ellos se desarrollan los aspectos necesarios para la utilización de la energía eléctrica dentro de los distintos tipos de las instalaciones eléctricas nacionales.

1.9.1.1 Aspectos Fundamentales De Los Que Trata La NOM-001-SEDE - 2012.

La norma oficial mexicana dicta aspectos fundamentales que se deben tomar en cuenta antes de llevar a cabo cualquier cosa relacionada a la utilización de la energía eléctrica.

1.9.1.1.1 Diseño

El diseño de las instalaciones eléctricas debe satisfacer la protección a las personas y bienes que abarquen la instalación, además de el buen funcionamiento de la instalación de acuerdo a los requerimientos específicos de su utilización.

1.9.1.1.2 Protección

El punto principal de la norma radica en la protección de las personas y los bienes, garantizando así que estos no corran riesgo alguno por parte de la instalación eléctrica.

Los Riesgos principales dentro de las instalaciones eléctricas con

- Corrientes de choque
- Temperaturas altas capaces de provocar incendios en los inmuebles.

Lo que conlleva a distintos tipos de protecciones para la detección y erradicación de estos tipos de problemas.

1.9.1.1.3 Equipo Eléctrico

Todo equipo que se encuentre dentro del diseño de la instalación, debe estar en cumplimiento de las normas mexicanas y/o internacionales y acorde a las magnitudes previstas dentro de dicho diseño

1.9.1.1.4 Construcción Y Pruebas De Verificación De Las Instalaciones Eléctricas.

La norma nos dicta que para la construcción y manipulación de las instalaciones eléctricas se deben de realizar bajo la supervisión de mano de obra calificada además de que todos los equipos y productos a utilizar sean acordes a la instalación.

Además, las instalaciones eléctricas que abarque la norma deben ser probadas y verificadas antes de ponerlas en servicio y después de cualquier modificación de las mismas.

1.9.1.2 Artículos Específicos De La NOM-001-SEDE-2012 Para El Diseño De Instalación De Media Tensión.

Artículo 110-14 Conexiones Eléctricas.

“c) Limitaciones por temperatura. La temperatura nominal de operación del conductor, asociada con su ampacidad, debe seleccionarse y coordinarse de forma que no exceda la temperatura nominal más baja de cualquier terminal, conductor o dispositivo conectado. Se permite el uso de conductores con temperatura nominal mayor que la especificada para las terminales, cuando se utilizan factores de ajuste por temperatura o de corrección por ampacidad o ambos”. (NOM-001SEDE-2012, p.31)

Artículo 110-27 Resguardo De Partes Vivas.

“las partes vivas de los equipos eléctricos que funcionen a 50 volts o más deben estar resguardadas contra contactos accidentales por envolventes apropiadas.” (NOM-001SEDE-2012, p.35)

Artículo 240-4. Protección de los conductores.

“Los conductores que no sean cordones flexibles, cables flexibles ni alambres de luminarias, se deben proteger contra sobrecorriente” (NOM-001SEDE-2012, p.101)

Artículo 240-6. Capacidades Estandarizadas De Fusibles E Interruptores Automáticos.

“a) Fusibles e interruptores automáticos de disparo fijo. Los valores de corriente normalizados para los fusibles e interruptores automáticos de circuito de tiempo inverso, son: 15, 16, 20, 25, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 60, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 y 6000 amperes. Los valores en amperes estandarizados adicionales para fusibles deben ser de 1, 3, 6, 10 y 601.” (NOM-001SEDE-2012, p.104)

Artículo 240-15. Conductores De Fase.

“a) Dispositivo de protección contra sobrecorriente requerido. Se debe conectar un fusible o una unidad de disparo por sobrecorriente de un interruptor automático, en serie con cada conductor de fase. Se considerará que una combinación de transformador de corriente y un relevador de sobrecorriente equivale a una unidad de disparo por sobrecorriente.” (NOM-001SEDE-2012, p.105)

Artículo 250-4. Requisitos Generales Para Puesta A Tierra Y Unión. (NOM-001SEDE-2012, P.120)

Artículo 250-24. Puesta A Tierra De Sistemas De Corriente Alterna Alimentados Por Una Acometida.

“a) Conexiones de puesta a tierra del sistema. Un sistema de alambrado de inmuebles, que es alimentado por una acometida de corriente alterna que está puesta a tierra, debe tener un conductor del electrodo de puesta a tierra conectado al conductor puesto a tierra de acometida, para cada servicio.

2) Transformador exterior. Cuando el transformador que alimenta la acometida este ubicado en el exterior del edificio, se debe hacer al menos una conexión de puesta a tierra adicional desde el conductor puesto a tierra de la acometida hasta el electrodo de puesta a tierra, ya sea en el transformador o en cualquier otra parte fuera del edificio” (NOM-001SEDE-2012, p.124)

Artículo 250-50. Sistema De Electrodo De Puesta A Tierra.

“Todos los electrodos de puesta a tierra que se describen en 250-52(a)(1) hasta (a)(7), que estén presentes en cada edificio o estructura alimentada, se deben unir entre sí para formar el sistema de electrodos de puesta a tierra” (NOM-001SEDE-2012, p.133)

Artículo 250-122. Tamaño De Los Conductores De Puesta A Tierra De Equipos.

“a) General. Los conductores de puesta a tierra de equipos, de cobre, aluminio, o aluminio recubierto de cobre, del tipo alambre, no deben ser de tamaño menor a los mostrados en la Tabla 250-122, pero en ningún caso se exigirá que sean mayores que los conductores de los circuitos que alimentan el equipo.” (NOM-001SEDE-2012, p.150).

Artículo 300-3. Conductores.

“b) Conductores del mismo circuito. Todos los conductores del mismo circuito y, el conductor puesto a tierra, todos los conductores de puesta a tierra de los equipos y los conductores de unión, cuando se usen, deben estar instalados en la misma: canalización, canal auxiliar, charola portacables, ensamble de conductores aislados en envolventes, zanja, cable o cordón, a menos que se permita algo diferente” (NOM-001SEDE-2012, p.166).

Artículo 300-17. Número Y Tamaño De Los Conductores En Una Canalización.

“El número y tamaño de los conductores en cualquier canalización no debe ser mayor al que permita la disipación de calor y la facilidad de instalación o desmontaje de los conductores sin dañar los conductores o su aislamiento.” (NOM-001SEDE-2012, p.175).

1.9.2 Especificación CFE DCCSSUBT

La especificación de CFE para construcción de sistemas subterráneos simplifica la construcción de líneas y redes subterráneas conforme a un criterio técnico, con un diseño que transmita armonía con el medio ambiente.

Estableciendo los criterios para la construcción de redes subterráneas de distribución de igual manera los métodos, equipos y materiales utilizados, maximizando la eficiencia de las instalaciones a su vez de un mejor rendimiento económico.

1.9.2.1 Alcances

Esta especificación se aplica a sistemas de distribución de hasta 138 kV, en cualquier tipo de terreno.

1.9.2.2 Diseño Y Proyecto

El diseño y la aplicación de las especificaciones para la instalación de sistemas subterráneos de distribución va desde los desarrollos residenciales, áreas comerciales, avenidas, plazas cívicas y hasta edificios altos.

1.9.2.3 Sistemas Aplicables Para Instalaciones Subterráneas.

Los tipos de sistemas distribución aplicables pueden ser de 200 A o 600 A y las configuraciones pueden ser en anillo o de tipo radial para media tensión dependiendo el caso.

1.9.2.3.1 Configuración En Anillo En Media Tensión

Este tipo de configuración es la que cuenta con más de una trayectoria entre la fuente (o en su caso fuentes) y la carga para proporcionar el servicio de energía eléctrica. Este tipo de configuración nos brinda más de una trayectoria para alimentar a la carga.

El sistema comienza desde la fuente y hace un recorrido completo por el área a alimentar regresado al punto inicial. Como ya se mencionó esto hace que la carga sea abastecida por ambos extremos lo cual brinda un abastecimiento continuo y seguro puesto que al presentarse alguna falla en alguna sección esta queda aislada y no afecta al resto del área.

1.9.2.3.1.1 Configuración En Anillo Operación Radial Con Una Fuente De Alimentación.

Esta configuración es de tipo anillo que cuenta con una sola fuente de alimentación y opera en forma radial con un punto de enlace normalmente abierto en el centro de la carga.

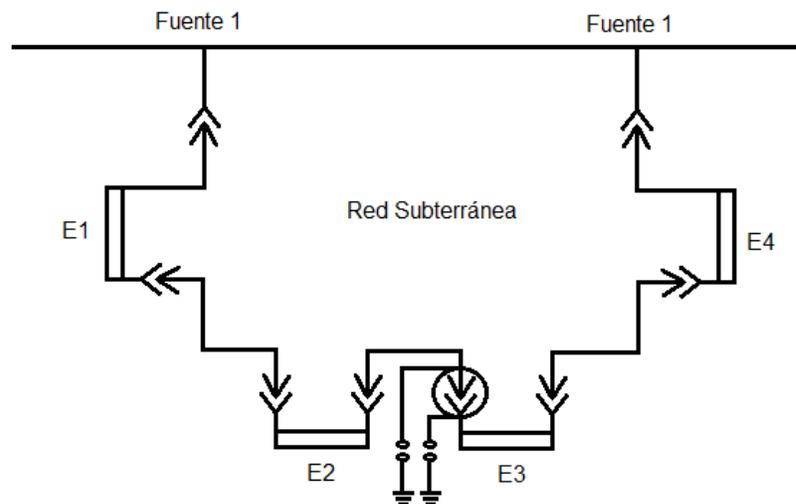


Figura 1.5 Configuración en anillo con operación radial en media tensión.

1.9.2.3.2 Configuración Radial En Media Tensión

Es aquella que cuenta con una sola trayectoria entre la fuente y la carga para proporcionar el servicio de energía eléctrica. Dicho en otras palabras, es aquella configuración que solo tiene un camino en el cual no se presenta riesgo alguno y por el cual circula la corriente, partiendo desde una subestación. En el diseño se tiene una distribución en forma de rama como la que se muestra en la figura.

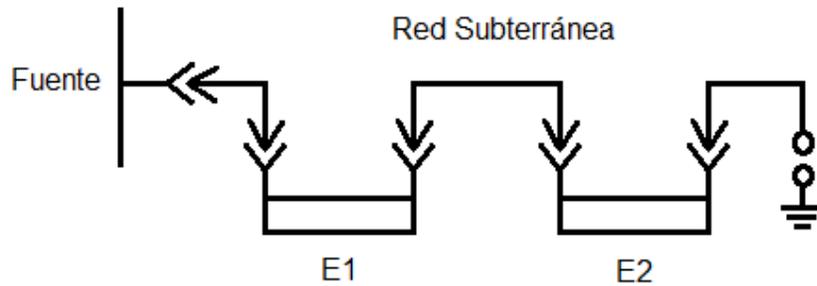


Figura 1.6 Configuración radial en media tensión.

1.9.2.3.3 Configuración Radial En Baja Tensión

Es aquella que cuenta con una trayectoria entre la fuente y la carga, proporcionando el servicio de energía eléctrica.

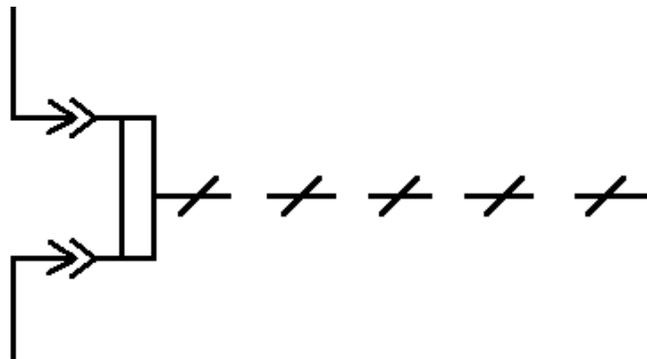


Figura 1.7 Configuración radial en baja tensión.

1.9.2.3.4 Sistema De Distribución De 200 A.

Es aquel en el cual la corriente en condiciones normales o de emergencia no rebasa los 200 A. Se utiliza en circuitos derivados de troncales en media tensión aéreos o subterráneos.

Cuando se tiene una configuración en anillo y en condiciones operación normal este estará abierto aproximadamente en el centro de la carga o en dicho punto específico para la operación.

Con el fin de tener una mayor flexibilidad en el sistema, se tiene un medio de seccionamiento en todos los transformadores y derivaciones del circuito.

- Se diseñarán de acuerdo a la tensión suministrada en el área y un sistema de neutro corrido con conexiones múltiples de puesta a tierra.
- Los circuitos aéreos que alimentan el proyecto subterráneo, deben ser 3F-4H.
- Los circuitos alimentadores subterráneos deben ser:

Tabla 1.3 Configuración de alimentadores.

Cargas	Configuración
Residencial	1F-2H o 3F-4H
Comercial	3F-4H
Industrial	3F-4H

1.9.2.3.5 Sistema De Distribución De 600 A.

Es aquel en el cual la corriente en condiciones normales o de emergencia rebasa los 200 A. Se utiliza en circuitos derivados de troncales en media tensión y la configuración debe ser en anillo o alimentación selectiva de operación radial con una o más fuentes de alimentación.

“En condiciones de operación normal, el anillo estará abierto aproximadamente al centro de la carga o en el punto dispuesto por el centro de operación” (CFE DCCSSUBT, p.19)

1.9.2.4 Diseño De Red De Tierras.

Este tipo de sistemas conducen al suelo cargas eléctricas no deseadas que se originan por fallas del sistema eléctrico o por descargas atmosféricas, es por eso que la red de mallas es una parte muy importante para la protección de la instalación eléctrica.

“Por razones de seguridad en sistemas subterráneos las pantallas metálicas de los conductores deben estar siempre puestas a tierra al menos en un punto con el objetivo de limitar las tensiones inducidas.” (DCCSSUBT, p.25)

1.9.2.5 Tipos De Instalaciones.

Las instalaciones eléctricas dentro del país cubren un rubro muy amplio, de las cuales las instalaciones en media tensión nombradas en esta especificación son las siguientes:

- a) Distribución residencial
- b) Distribución comercial y turística.
- c) Distribución comercial y turística y edificios que requieran alta confiabilidad.
- d) Distribución industrial.
- e) Distribución en poblaciones rurales rehabilitadas, colonias, conjuntos habitacionales, fraccionamientos con vivienda de interés social, popular y económica.

1.9.2.6 Equipo De Seccionalización Y Protección.

En transiciones de instalaciones trifásicas se utilizan fusibles cortacircuitos, además para las especificaciones de CFE para transformadores de 300 kV hasta 500kV la protección está dada por un fusible limitador de corriente de rango completo.

1.9.2.7 Acometida Y Transición Aérea-Subterránea En Media Tensión.

La acometida en media tensión se dará en configuración radial simple con una trayectoria lo menos invasiva y corta para transmitir la energía eléctrica. La conexión a la red de media tensión de CFE se llevará cabo mediante una transición aérea-subterránea.

1.9.2.7.1 Efectos Presentes En Una Transición Aéreo-Subterránea.

En cuanto a una transición en media tensión de aérea a subterránea, en esta se pueden llegar a presentar ciertos fenómenos como lo son descargas atmosféricas, fallas por vientos fuertes, efecto corona, fallas en las maniobras de seccionamiento y desconexión, descargas parciales, descargas superficiales, fallas en el aislamiento, efecto piel, efecto Joule, entre otros. Estando las descargas superficiales fuertemente ligadas a la contaminación del medio y la humedad presente, generando un tipo de descarga parcial.

Por lo anterior dicho es que se tienen que seguir las especificaciones pertinentes para la protección y aplicación de materiales adecuados, comenzando desde las líneas aéreas con la presencia de apartarrayos como medio de protección. Al llegar al medio de desconexión para evitar fallas es importante el uso de fusibles, portafusibles o dispositivos que atenúen las sobrecorrientes.

Otro de los efectos presentes es el efecto Skin o efecto piel que se presenta en conductores de gran dimensión, conduciendo al desaprovechamiento del mismo, pues como se puede observar en la figura 1.8, hay una mayor densidad de corriente en la superficie que en el centro.

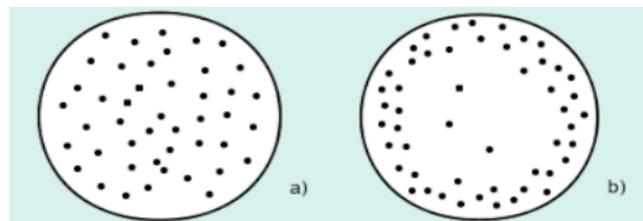


Figura 1.8 Comportamiento del efecto Skin sobre un conductor.

Este efecto es en gran medida perjudicial cuando se conectan a las líneas de distribución, dispositivos de alta frecuencia. Si la potencia que se maneja es elevada se producirá una mayor pérdida en la línea debido a la disipación de la energía por la mayor resistencia en el centro del conductor.

También puede resultar desfavorable al manejarse altas frecuencias en transformadores o bobinas, perjudicando al factor de potencia de los circuitos resonantes, al aumentar la resistencia con respecto a la reactancia, favoreciendo a la ferresonancia.

Una forma de combatir este efecto es con el empleo del denominado hilo de Litz, que básicamente consiste en un conjunto alambres recubiertos con una película aislante, trenzados y conectados en paralelo en sus extremos consiguiendo con esto un aumento de la zona de conducción efectiva. Así mismo resulta mejor utilizar un conjunto de conductores en paralelo, que uno solo, en cuanto a conductores de grandes dimensiones nos referimos (arriba de 600 kcmil) para evitar por supuesto el efecto piel y desaprovechamiento del mismo conductor.

1.10 Infraestructura De Medición Avanzada (AMI)

La medición es el proceso por el cual, a un usuario de energía eléctrica suministrada por parte de una empresa, se le es facturada. El proceso por el cual se realiza dichas mediciones es periódico en nuestro país generando valores acumulados que generalmente son bimestrales para luego realizar la facturación correspondiente.

Se le conoce como sistemas avanzados de medición o sistemas con infraestructura de medición avanzada AMI, a los sistemas con capacidad de medir, registrar, recolectar y transferir remotamente, la información asociada al consumo, la demanda, los parámetros eléctricos y la forma de uso de la energía eléctrica, para su posterior presentación, análisis, gestión y toma de decisiones. Un sistema AMI en general se compone de tres componentes principales: medidores inteligentes, redes de comunicaciones y el sistema de gestión de datos de medición, como se muestra en la figura 1.8.

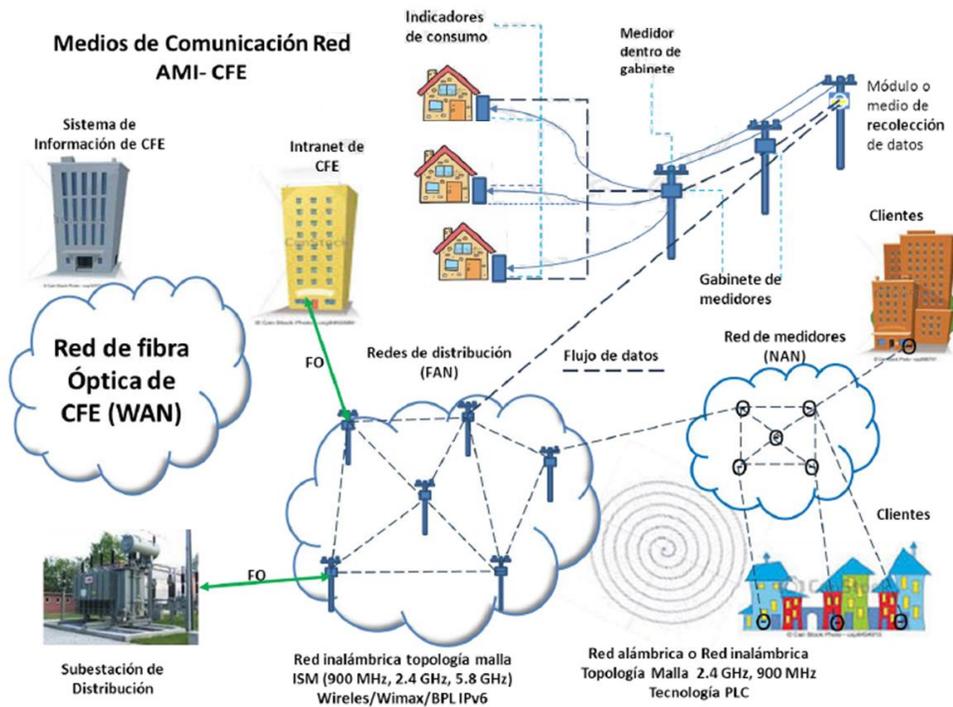


Figura 1.9 Esquema general de la red AMI (CFE G0100-05).

El elemento importante de este sistema es el medidor inteligente que cuenta con un sistema avanzado para la medición, registro de datos, análisis de uso de los servicios y comunicación bidireccional, para transferir remotamente la información a sistemas de procesamiento de datos, principalmente para lo que se habló al inicio de este apartado para fines de monitoreo remoto y facturación.

1.10.1 Especificación CFE G0100-05

Estable las características, pruebas y condiciones que debe satisfacer los componentes del sistema de infraestructura avanzada de medición (AMI), instalados en bases socket o en el sistema de medición de energía eléctrica centralizada en gabinete (SMCG) clase de exactitud 0.2 y 0.5.

Esta especificación aplica al sistema AMI y los componentes que se adquieren por Comisión Federal de Electricidad (CFE), para la utilización de dicho sistema en procesos de distribución y comercialización para medir la energía eléctrica suministrada con fines de lectura, conexión y desconexión de forma remota para la facturación y monitoreo.

Capítulo 2

Metodología Para El Diseño De La Instalación Eléctrica En Media Tensión

Para realizar el diseño eléctrico en un edificio de gran altura y realizar la correcta selección de material y equipo se toman en cuenta los siguientes puntos:

2.1 Estudio De Planos Arquitectónicos.

En este apartado se realiza un estudio detallado del estado del inmueble o más bien se hace un análisis de la infraestructura mediante planos, con la finalidad de identificar las necesidades o equipo a utilizar en las diferentes áreas de la construcción para así dimensionar y realizar el diseño eléctrico.

2.2 Determinación De La Demanda Total Del Inmueble.

Para poder determinar la demanda total del inmueble, ya habiendo reconocido el lugar y las necesidades de cada área en específico se realiza un cuadro de cargas el cual se divide en dos partes, la carga por parte de los usuarios y la carga en áreas de uso común o para servicios propios de cada edificio por tratarse de unidades para viviendas.

Como ya se mencionó la densidad de carga por área se divide en dos grupos:

Densidad de carga en área rentable.

- Departamentos por edificio

Densidad de carga en áreas comunes.

- Estacionamiento
- Elevadores
- Hidrosanitario
- Áreas de uso común
- Equipo PCI

2.2.1 Carga Instalada

Carga instalada: Es la suma de las potencias nominales de los servicios conectados en un área determinada que se expresa por lo general en VA o W y por tratarse de carga mucho mayores pueden ser kVA o kW.

$$CI = \Sigma VA \quad (2-1)$$

Donde:

CI: Carga instalada [VA].

2.3 Densidad De Carga De Área Rentable

Para determinar la densidad de carga dentro del área rentable, se hace con base al artículo 220 de la NOM-001-SEDE-2012 el cual nos indicia en el apartado 220-12 que la carga mínima de alumbrado por cada metro cuadrado de superficie del piso, debe ser mayor o igual que la especificada en la Tabla 220-12 para los lugares específicos indicados en la misma. El área del piso de cada planta debe calcularse a partir de las dimensiones exteriores del edificio, unidad de vivienda u otras áreas involucradas. Para las unidades de vivienda, el área calculada del piso no debe incluir los patios abiertos, las cocheras ni los espacios no utilizados o sin terminar, que no sean adaptables para su uso futuro (NOM-001-SEDE-2012,2012).

Haciendo uso de la tabla 220-12 de la NOM-001-SEDE-2012, se especifica la carga unitaria por metro cuadrado que se tiene dependiendo el tipo de inmueble. (Ver Tabla 2.1)

Tabla 2.1 Cargas de alumbrado general por tipo de inmueble. Tabla 220-12 (NOM-001-SEDE-2012, 2012).

Tipo del inmueble	Carga unitaria (VA/m²)
Bancos	39 ^b
Casas de huéspedes	17
Clubes	22
Cuarteles y auditorios	11
Depósitos (almacenamiento)	3
Edificios de oficinas	39 ^b
Edificios industriales y comerciales (lugares de almacenamiento)	22
Escuelas	33
Estacionamientos comerciales	6
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocineta	22
Iglesias	22
Juzgados	11
Lugares de almacenamiento	22
Peluquerías y salones de belleza	3
Restaurantes	33
Tiendas	22
Unidades de vivienda*	
En cualquiera de las construcciones anteriores, excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares;	33
Vestíbulos, pasillos. Closets, escaleras	6
Lugares de reunión y auditorios	11
Bodegas	3

Dentro del área rentable se tienen contemplados la alimentación de aparatos pequeños como electrodomésticos y equipo de lavado por lo que la carga

para el circuito de aparatos pequeños de acuerdo a NOM-001-SEDE-2012 apartado 220-52 a) y b) nos dice que en cada unidad de vivienda, la carga del alimentador debe calcularse a 1500 voltamperes por cada circuito derivado de 2 hilos para aparatos pequeños y cuando la carga se divida entre dos o más alimentadores, la carga calculada para cada uno debe incluir no menos de 1500 voltamperes por cada circuito de 2 hilos para aparatos pequeños.

Para la carga del circuito de lavadora se debe tener una carga de cuando menos 1500 voltamperes que se debe incluir por cada circuito derivado de 2 hilos para lavadora instalado.

2.4 Determinación De Carga Para Áreas Comunes.

Dado que el diseño arquitectónico aún está en proceso se es permitido tener un aproximado de carga a alimentar con base a proyectos similares haciendo uso del modo de diseño número dos y así tener en cuenta lo que un edificio para viviendas requiere que como ya se mencionó los servicios de uso común son los siguientes:

- Estacionamiento
- Elevadores
- Hidrosanitario
- Áreas de uso común
- Equipo PCI

2.4.1 Carga Demandada

Para el cálculo de la carga demandada por departamento se hace uso de la tabla 220-42 de NOM-001-SEDE-2012 (ver tabla 2.2).

Tabla 2.2 Factores de demanda de cargas de alumbrado.

Tipo de inmueble	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (voltamperes)	Factor de demanda (%)
Almacenes	Primeros 12 500 0 menos	100
	A partir de 12 500	50
Hospitales	Primeros 50 000 o menos	40
	A partir de 50 000	20
Hoteles y moteles, incluyendo los apartamentos sin cocina para inquilinos	Primeros 20 000 o menos	50
	De 20 001 a 100 000	40
	A partir de 100 000	30
Unidades de vivienda	Primeros 3000 o menos	100
	De 3001 a 120 000	35
	A partir de 120 000	25
Todos los demás	Voltamperes totales	100

Con base al artículo 220-52 a) y b) la carga por aparatos pequeños y de lavadora se es permitido incluirla con la carga de alumbrado general y así aplicar el factor de demanda requerido.

La tabla de 2.2 nos indica que los primeros 3000 o menos VA para unidades de vivienda tienen un factor de demanda del 100% y el resto de la carga se le aplica el factor correspondiente a la carga restante por lo que se tiene la siguiente ecuación aplicable (ver ecuación 2-2).

$$CD = (3000 VA \cdot 1) + [(CI - 3000 VA) \cdot 0.35] \quad (2-2)$$

Donde:

CD: Carga demandada en VA.

CI: Carga instalada en VA.

2.5 Elaboración De Cuadro De Cargas General.

Se realizan cuadros de carga para cada uno de las áreas del inmueble especificando la carga conectada instalada y demandada, para después poder realizar un cuadro de cargas general y así obtener el total de carga a alimentar y seleccionar el equipo en media tensión correspondiente.

2.6 Diseño Del Diagrama Unifilar.

En este apartado se realiza el diagrama unifilar de la instalación correspondiente en el que se proponen las subestaciones, transformadores, tableros y la red eléctrica que el inmueble va a contener.

En el diagrama unifilar se especificarán los transformadores, tableros generales y derivados, los equipos, los conductores, además de su ubicación por nivel y las conexiones entre los equipos y sus tableros.

2.7 Aceptación Del Proyecto Ante La Comisión Federal De Electricidad (CFE).

En esta sección el solicitante deberá de contar con los requerimientos necesarios para poder brindar el suministro eléctrico siendo los siguientes:

- Conductores de energía eléctrica en la calle sobre el domicilio.
- El poste más cerca que este a no más de 35 metros del lugar donde se instalará el medidor.
- La instalación eléctrica interna del domicilio deberá estar terminada.

- En el exterior del domicilio se habrá colocado la instalación para recibir el cable de acometida y la base o tablero para el medidor.
- Selecciona el diagrama de instalación, de acuerdo con tus necesidades, considerando el tipo de red eléctrica en la localidad.

2.8 Planos de Proyecto

En este apartado se presentan los diferentes planos de la red de distribución subterránea conforme a requerimientos de CFE. Se muestran primeramente el diagrama unifilar de la red, así como los equipos a utilizar dentro del diseño con sus respectivas partes. Los planos se diseñaron conforme a la especificación CFE DCCSSUBT apartado 2.7.4 el cual cita lo siguiente:

Cada plano deberá contener, además de lo solicitado en los apartados 2.8.1 a 2.8.4, toda la información necesaria para su clara comprensión e interpretación y que como mínimo será la siguiente:

2.8.1 Plano General De Media Tensión

1. Recuadro de localización general.
2. Trayectoria de los circuitos.
3. Localización de transiciones Aéreo-Subterráneas, indicando circuitos y subestaciones que las alimentan.
4. Localización de equipos y dispositivos.
5. Identificación de equipos, circuitos y fases de acuerdo a la Norma correspondiente.
6. Diagramas trifilares o unifilares, indicando todos los componentes eléctricos. Tratándose de apegar los trazos a la configuración real en campo.
7. Cuadro de dispositivos en el cual se deberá indicar el tipo, cantidad y características de los dispositivos eléctricos, debiéndose indicar la ubicación de cada uno de los elementos.
8. Simbología y claves eléctricas del Plano de planta y diagrama trifilar o unifilar.
9. Notas aclaratorias que sean necesarias.

2.8.2 Plano General De Baja Tensión

1. Trayectoria de los circuitos.
2. Localización de transformadores,
3. registros, concentración de medidores y acometidas.

4. Identificación de acuerdo a las Normas correspondientes de transformadores, circuitos, registros y concentraciones de medidores y de ser necesarias las acometidas.
5. Cuadro de cargas, en el que se indicará por cada transformador:
 - Número.
 - Carga por tipo de lote, departamento, etc.
 - Cantidad de cada tipo de lotes, departamentos, etc.
 - Carga por lotes, departamentos, etc.
 - Carga por tipo de luminaria.
 - Cantidad de cada tipo de luminaria.
 - Carga por alumbrado.
 - Carga total.
 - Capacidad del transformador.
 - Porcentaje de utilización del transformador.

2.8.3 Plano De Detalles De La Obra Eléctrica

En este Plano se mostrarán los detalles constructivos de:

1. Estructuras de transición aéreo subterráneas.
2. Conexiones del equipo y dispositivos.
3. Conexiones de los sistemas de tierras.
4. Concentraciones de medidores.
5. Dispositivos de identificación.
6. Cualesquiera otros detalles importantes.

2.8.4 Plano General De La Obra Civil

1. Trayectoria de los bancos de ductos.
2. Localización de bóvedas, pozos de visita, registros, concentraciones de medidores, bases de equipo y muretes.
3. Nomenclatura de todos los componentes de la obra civil.
4. Cortes de avenidas, calles y banquetas.
5. Cuadro de los componentes de la red, en el que se indicará el número, tipo y norma de cada bóveda, pozo de visita, registro, bases de equipo y muretes; para los bancos de ductos se indicará su nomenclatura.

2.9 Definición De Cuartos Eléctricos.

Como punto importante en la definición de los espacios especiales para el manejo de equipo eléctrico, estos deben de cumplir con ciertas

especificaciones dependiendo del uso y tomando en consideración la construcción del cuarto eléctrico este se debe diferenciar de los demás.

Por lo general los encargados de la construcción del cuarto eléctrico lo consideran como un cuarto más y lo demeritan porque no consideran las especificaciones de la NOM-001-SEDE-2012 que se deben seguir para instalaciones eléctricas, ya que es un lugar con consideraciones especiales porque este representa seguridad al usuario.

En la NOM-001-SEDE-2012 se encuentra el artículo 110 el cual menciona los requisitos de las instalaciones eléctricas y en el apartado C del artículo mencionado, se encuentran las especificaciones para aquellas instalaciones que exceden los 1000 volts nominales.

El artículo 110-31. Envoltente de las instalaciones eléctricas nos indica todas las pertinencias a considerar cuando se deseé instalar un cuarto de control de máquinas (CCM) en instalaciones.

Las instalaciones eléctricas en bóvedas, en cuartos o en armarios o en una zona rodeada por una pared, mampara o cerca, cuyo acceso esté controlado por cerradura y llave u otro medio aprobado, deben ser consideradas accesibles únicamente para personas calificadas. El tipo de envoltente utilizada en un caso específico debe diseñarse y construirse según la naturaleza y grado del riesgo o riesgos asociados con la instalación.

Para instalaciones distintas de los equipos descritos se debe utilizar una pared, un enrejado o una cerca que rodee la instalación eléctrica exterior para desalentar el acceso a personas no calificadas. La cerca no debe tener menos de 2.10 metros de altura o una combinación de 1.80 metros o más de malla y 0.30 metros o más de extensión, usando tres o más hilos de alambre de púas o equivalente. La distancia desde la cerca hasta las partes vivas no debe ser menor a la que se indica en la Tabla 2.3. (NOM-001-SEDE-2012).

Tabla 2.3 Distancia mínima desde la cerca hasta las partes vivas.

Niveles de tensión (kilovolts)	Distancia mínima hasta las partes vivas (metros)
Menos de 13.8	3.05
De 13.8 hasta 230	4.60
Más de 230	5.50

Cuando se necesite de una bóveda eléctrica para equipos y/o conductores que operen con una tensión por arriba de los 1000 volts nominales, se aplicarán los siguientes puntos:

1) Paredes y techo. Se deben construir con materiales de resistencia estructural adecuada para las condiciones del lugar, con una clasificación de resistencia mínima al fuego de 3 horas.

Para el propósito de esta sección, no se permite la construcción con polines de madera y paneles prefabricados.

2) Pisos. Los pisos de las bóvedas en contacto con la tierra deben ser de concreto con un espesor no menor a 10 centímetros, pero cuando la bóveda se construya con un espacio vacío u otros pisos debajo de ella, el piso debe tener la resistencia estructural adecuada para la carga impuesta sobre él y una resistencia mínima al fuego de 3 horas.

3) Puertas. Cada puerta que conduzca a una bóveda desde el interior del edificio será provista con una puerta de ajuste hermético que tenga una clasificación de resistencia mínima al fuego de 3 horas.

Excepción a (1), (2) y (3) anteriores: Cuando la bóveda está protegida con rociadores automáticos de agua, de bióxido de carbono o de gas halón, se permite la construcción con clasificación de resistencia mínima al fuego de 1 hora.

4) Cerraduras. Las puertas deben estar equipadas con cerraduras y deben mantenerse cerradas, con acceso permitido sólo a personas calificadas. Las puertas para personal deben abrir hacia afuera y estar equipadas con barras de pánico, placas de presión o cualquier otro aditamento similar, que estén normalmente aseguradas pero que se abran con simple presión.

Para instalaciones interiores como para instalaciones a la intemperie se deben de considerar varios puntos fundamentales:

1) En lugares accesibles a personas no calificadas. Las instalaciones eléctricas interiores que son accesibles a personas no calificadas deben estar hechas con equipos en envolventes metálicos. Los tableros en envolventes metálicos, subestaciones unitarias, transformadores, cajas de derivación, cajas de conexión y otros equipos asociados similares, se deben marcar con los símbolos de precaución adecuados. Las aberturas en transformadores ventilados de tipo seco o aberturas similares en otros equipos, deben estar diseñadas de tal modo que los objetos extraños introducidos a través de esas aberturas sean desviados de las partes energizadas.

2) En lugares accesibles sólo a personas calificadas. Las instalaciones eléctricas interiores consideradas accesibles sólo a personas calificadas en esta sección, deben cumplir lo establecido en 110-34, 110-36 y 490-24.

- a. Espacio de trabajo. Debe tener un espacio libre rumbo a las partes vivas y debe garantizar un mínimo como el marcado en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Distancia mínima del espacio de trabajo al equipo eléctrico.

Tensión a tierra (volts)	Distancia libre mínima (metros)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
1001 – 2 500	0.90	1.20	1.50
2 501 – 9 000	1.20	1.50	1.80
9 001 – 25 000	1.50	1.80	1.80
25 001 - 75 kV	1.80	2.50	3.00
Más de 75 kV	2.50	3.00	3.70

Donde las condiciones son las siguientes:

1. Partes vivas expuestas en un lado y no activas o conectadas a tierra en el otro lado del espacio del trabajo, o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por materiales aislantes.
 2. Partes vivas expuestas en un lado del espacio de trabajo y partes conectadas a tierra en el lado del espacio de trabajo. Las paredes de concreto, tabique o azulejo se consideran superficies conectadas a tierra.
 3. Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo.
- b. Separación de equipos de baja tensión. Cuando haya instalados desconectadores, cortacircuitos u otro equipo que funcionen a 1000 volts nominales o menos, en una bóveda, cuarto o envoltente donde haya partes vivas expuestas o alambrado expuesto operando a más de 1000 volts nominales, la instalación de alta tensión debe separarse eficazmente del espacio ocupado por los equipos de baja tensión mediante una división, cerca o enrejado adecuados.
- c. Cuartos o envoltentes con cerradura. Las entradas a todos los edificios, bóvedas, cuartos o envoltentes que contengan partes vivas expuestas o conductores expuestos que operen a más de 1000 volts nominales, deben mantenerse cerradas con llave, a menos que dichas entradas estén en todo momento bajo la observación de una persona calificada.

Deben colocarse señales permanentes y claramente visibles de advertencia de peligro. La señal de peligro debe cumplir con los requisitos de la Sección 110-21 (b) y debe tener la siguiente inscripción:

"PELIGRO - ALTA TENSIÓN "

- d. Iluminación. Debe haber iluminación apropiada en todos los espacios de trabajo alrededor del equipo eléctrico. No se permitirán controladas solamente por medios automáticos. Las salidas para iluminación deben estar dispuestas de manera que las personas que cambien las lámparas o hagan reparaciones en el sistema de alumbrado, no corran peligro por las partes vivas u otros equipos. Los puntos de control deben estar situados de modo que no sea probable que las personas entren en contacto con ninguna parte viva o móvil del equipo mientras encienden el alumbrado.
- e. Altura de las partes vivas sin proteger. Las partes vivas sin proteger que se encuentren por encima del espacio de trabajo deben guardar una altura no menor a la requerida en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Altura de las partes vivas sin proteger sobre el espacio de trabajo.

Tensión entre fases (volts)	Altura (metros)
1001 – 7500	2.70
7501 – 35 000	2.90
Más de 35 000	Aumentar 2.90 por cada kV arriba de 35 000 volts

- f. Protección del equipo de acometida, tableros de potencia con envolvente metálico y ensambles para control industrial. Los tubos o conductos ajenos a la instalación eléctrica, que requieren mantenimiento periódico o cuyo mal funcionamiento pondrían en peligro la operación del sistema eléctrico, no se deben localizar en cercanías del equipo de acometida, tableros de potencia con envolvente metálico o ensambles de control industrial. Se debe proporcionar protección donde sea necesaria para evitar daños debido a fugas, condensación y roturas en tales sistemas ajenos. No se deben considerar ajenas las tuberías y otras instalaciones si son para protección contra incendios de la instalación eléctrica.

2.10 Tableros De Distribución

Para la distribución amplia y confiable se usan tableros de distribución para la distribución de energía eléctrica en la parte comercial e industrial y para su confiabilidad, robustez y durabilidad se diseñan bajo estándares NEMA para demandas de las instalaciones actuales (Ver figura 2.1).



- 1 INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO GENERAL
- 2 INTERRUPTOR DIFERENCIAL
- 3 INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

Figura 2.1 Tablero de distribución.

2.11 Designación De Planta De Emergencia.

Para la selección de la capacidad de la planta de emergencia se considera un factor de demanda de 60% para los elevadores, equipo de bombeo y aire acondicionado, para iluminación y contactos en áreas comunes se utiliza un factor de demanda 100% para obtener la demanda total de Servicios Generales.

Con el presente proyecto se inclina más del lado de acometida hasta medidores, pero que aun así se tiene presente la utilización de dicha planta (Ver figura 2.2).

Una vez determinada la demanda, se le aplica un factor de degradación debido a la altura de la Ciudad de México, msnm (metros sobre el nivel del mar), dicho factor es de 0.8 para obtener la capacidad en kWe (kilo Watts standby), seleccionándose el valor inmediato superior que ofrece el fabricante.

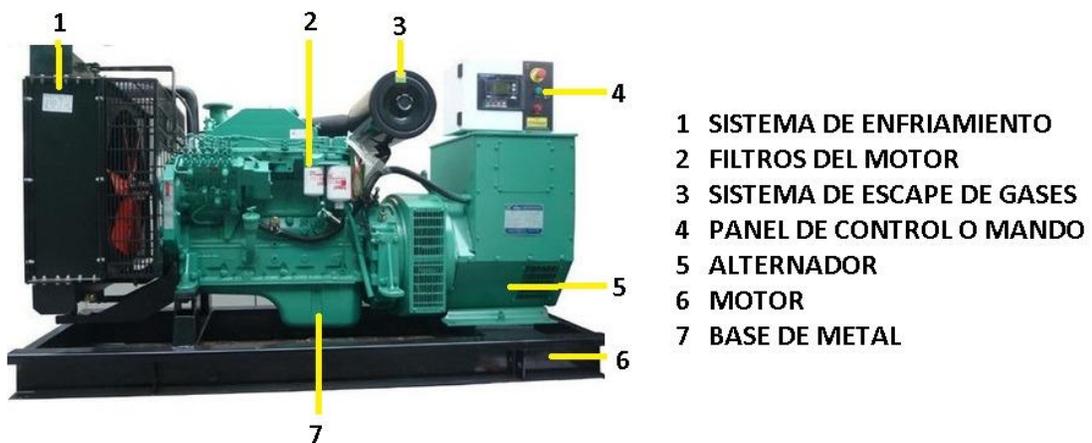


Figura 2.2 Planta de emergencia.

2.12 Cálculo Del Alimentador Y Circuitos Derivados

En el artículo 215-2 a) 1) a) de la NOM-001-SEDE-2012 nos plantea que se deja un margen del 25% para carga continua esto para evitar disparos en falso de los interruptores termomagnéticos considerándose carga continua aquella cuyo tiempo de uso sea mayor o igual a 3 horas. Con lo anterior dicho se formula la ecuación 2-3.

$$I_{\text{Circuito Derivado}} = (1.25) I_{\text{Carga continua}} + I_{\text{Carga no continua}} \quad (2-3)$$

Donde:

I: Corriente

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las 3 condiciones siguientes:

- a) Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento.
- b) Criterio de la caída de tensión.
- c) Criterio de la intensidad de corto circuito.

2.13 Cálculo De Conductores.

Para realizar la correcta selección de los conductores se considera la corriente nominal que circulará por el circuito y se selecciona el calibre de acuerdo a las ampacidades que se indican en las Tablas 310-15(b)(16) ó 310-15(b)(17) de la NOM-001-SEDE-2012. Dentro el cálculo son de vital importancia la utilización de los factores de corrección por temperatura y ajuste para obtener el calibre utilizando la Tabla 310-15(b)(2)(a) y Tabla 310-15(b)(3)(a) para los ajustes antes mencionados respectivamente.

Ya obtenido el calibre del conductor se realiza la comprobación por caída de tensión para asegura que el calibre seleccionado sea el correcto.

En resumen, se tienen tres métodos para realizar el cálculo de conductores.

- Por corriente o por temperatura.
- Por caída de tensión
- Por corto circuito

La ecuación utilizada para obtener la corriente nominal del circuito es:

$$\text{Corriente Nominal} = \frac{\text{Potencia activa}}{V_{ff} * \sqrt{3} * F.P.} \quad (2-4)$$

O bien:

$$I_n = \frac{\text{Potencia aparente}}{\sqrt{3} * V_{ff}} \quad (2-5)$$

Y para poder realizar la selección mediante la tabla se tiene el siguiente criterio:

$$I_{Tabla} \geq \frac{I_n}{(F.A.)(F.T.)} \quad (2-6)$$

Donde:

I_{Tabla} : Corriente obtenida para selección por tabla [A]

$F.A.$: Factor de ajuste.

$F.T.$: Factor de temperatura.

Para realizar la selección del calibre del alimentador se utiliza el siguiente criterio con base en el artículo 110-14 de la NOM-001-SEDE-2012.

Si la corriente del circuito ≤ 100 A, la temperatura del conductor a utilizar para los cálculos es de 60 °C y por lo tanto se utiliza la columna de 60 °C de tabla 310-15(b)-16.

Si la corriente del circuito > 100 A, la temperatura del conductor a utilizar para los cálculos es de 75 °C y por lo tanto se utiliza la columna de 75 °C de tabla 310-15(b)-16.

El conductor seleccionado tiene que tener una ampacidad máxima soportada mayor o igual a la corriente obtenida.

Cabe mencionar que para el cálculo de la I_{Tabla} se puede utilizar la corriente nominal o la corriente nominal de la protección seleccionada.

2.14 Protecciones

2.14.1 Fusible Limitador De Corriente

Para la selección del fusible contra sobre corriente este debe ser menor o igual a valor máximo calculado (Ver ecuación 2-7).

$$I_{Fus} \leq (\%) * I_N \quad (2-7)$$

Donde:

I_{Fus} : Corriente nominal del fusible [A]

%: Valor máximo de ajuste

I_N : Corriente nominal [A]

Con base en el artículo 450 y en específico la tabla 450-3 (a) de la NOM-001-SEDE-2012 se tiene los valores máximos para el ajuste de protección contra sobre corriente para transformadores de más 1000 volts

2.14.2 Interruptor Termomagnético

Para la selección del Interruptor termomagnético este debe ser mayor al valor de la corriente nominal calculada y menor o igual al valor máximo para el ajuste de la protección (Ver ecuación 2-8).

$$I_N < I_{TM} \leq (\%) I_N \quad (2-8)$$

Donde:

I_{TM} : Corriente nominal del Interruptor termomagnético [A]

%: Valor máximo de ajuste

I_N : Corriente nominal [A]

2.14.3 Apartarrayos

Para la coordinación de protecciones contra sobretensión se deben instalar apartarrayos tipo Riser Pole en las transiciones y de frente muerto en los puntos normalmente abiertos de los anillos y en el último transformador de cada sistema radial.

Para el uso de apartarrayos de óxido de zinc tipo transición (Riser Pole) se realiza el siguiente cálculo para obtener la tensión máxima de operación continua (MCOV) (Ver ecuación 2-9):

$$MCOV = \frac{V \text{ entre fases}}{\sqrt{3}} (\text{factor TOV}) \quad (2-9)$$

Donde:

TOV: Factor que considera el aumento de tensión temporal y que de acuerdo a la Norma ANSI C62.11-1987, se toma como 1.06.

Para la tensión nominal del apartarrayo (ver tabla 2.6) se toma como igual o mayor al resultado de la ecuación 2-10, el cual es el producto entre la tensión máxima de operación MCOV y el factor de puesta a tierra.

$$Tension \ nominal = MCOV * FA \quad (2-10)$$

Donde:

FA: Factor de conexión a tierra del sistema

Dicho factor anterior considera el aumento transitorio de tensión a que se someten las fases no falladas durante una falla a tierra, que depende del tipo de puesta a tierra del neutro del sistema. En un sistema con el neutro sólidamente conectado a tierra este factor de maneja de 1.3 a 1.4.

Tabla 2.6. Características de operación de los apartarrayos de Óxido de Zinc

Tensión nominal de sistema F-t kV rmc	Tensión nominal del apartarrayo kV rmc	Tensión nominal continua que soporta el apartarrayo f=t Mcov kV rmc	Tensión máxima a las descargas para impulsos de corriente 8x20 µs (kV cresta)		
			5kA	10 kA	20 kA
13.2	10	8	21-25	23-27	25-31
	12	10	28-36	30-36	33-38
	15	13	35-38	38-42	43-47
	18	15	41-45	45-50	50-57
23.0	15	13	35-38	38-42	43-47
	18	15	41-45	45-50	50-57
	21	17	48-53	52-58	56-58
	27	22	61-67	67-75	75-85
34.5	27	22	61-67	67-75	75-85
	30	24	65-73	69-77	77-88

2.15 Caída De Tensión

En media tensión la caída de tensión debe ser: 1% máximo. En baja tensión: 5%, repartido entre circuitos alimentadores y derivados, pero no mayor al 2% en alimentadores y no mayor al 3% para derivados.

Se utilizan los valores de impedancia de los circuitos y se aplican las siguientes ecuaciones.

La caída de tensión se obtendrá utilizando el método del Libro Rojo de la IEEE Std.141-1993 Cap. 3.11 (Ver ecuación 2-11)

$$e = I_n(R_L \cos\theta + X_L \sin\theta) \quad (2-11)$$

En donde, para cada variable se obtienen de la siguiente forma:

$$\%e = \frac{e}{V_{FN}} * 100 \quad (2-12)$$

$$R_L = \frac{R(\frac{\Omega}{km})}{1000 m} * L(m) \quad (2-13)$$

$$X_L = \frac{X(\frac{\Omega}{km})}{1000 m} * L(m) \quad (2-14)$$

Donde:

I_n : Corriente nominal del circuito en Amperes [A].

L : Longitud del circuito en metros

$\%e$: Porcentaje de la caída de tensión [%].

V_{FN} : Tensión de fase a neutro expresada en [V]

R_L : Resistencia en corriente alterna por longitud [Ω].

X_L : Reactancia del conductor por longitud [Ω].

Para obtener los valores de resistencia y reactancia de los conductores seleccionados de toma como referencia la 2.7 (Tabla 9 de la NOM-001-SEDE-2012) que se muestra a continuación.

Tabla 2.7. Resistencia y reactancia en corriente alterna para cables de 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75°. Tres conductores individuales en tubo conduit, Tabla 9 (NOM-001-SEDE-2012, 2012).

		Ohms al neutro por kilometro														
Área mm ²	Tamaño (AWG o kcmil)	XL (reactancias) para todos los conductores			Resistencias en corriente alterna para conductores de cobre sin recubrimiento			Resistencias en corriente alterna para conductores aluminio			Z eficaz a FP=0.85 para conductores de cobre sin recubrimiento			Z eficaz a FP=0.85 para conductores de aluminio		
		Conduit de PVC o Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PV	Conduit de Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PV	Conduit de Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PV	Conduit de Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PV	Conduit de Aluminio	Conduit de acero	
2.08	14	0.190	0.240	10.2	10.2	10.2	-	-	-	8.9	8.9	8.9	-	-	-	
3.31	12	0.177	0.223	6.8	6.8	6.8	-	-	-	5.6	5.6	5.6	-	-	-	
5.36	10	0.164	0.207	3.9	3.9	3.9	-	-	-	3.6	3.6	3.6	-	-	-	
8.36	8	0.171	0.213	2.66	2.66	2.66	-	-	-	2.26	2.26	2.30	-	-	-	
13.30	6	0.67	0.210	1.61	1.61	1.61	2.66	2.66	2.66	1.44	1.48	1.48	2.33	2.36	2.36	
21.15	4	0.157	0.197	1.02	1.02	1.02	1.67	1.67	1.67	0.95	0.95	0.98	1.51	1.51	1.51	
26.67	3	0.154	0.194	0.82	0.82	0.82	1.31	1.35	1.35	0.75	0.79	0.79	1.21	1.21	1.21	
33.62	2	0.148	0.187	0.62	0.66	0.66	1.05	1.05	1.05	0.62	0.62	0.66	0.98	0.98	0.98	
42.41	1	0.151	0.187	0.49	0.52	0.52	0.82	0.85	0.82	0.52	0.52	0.52	0.79	0.79	0.82	
53.49	1/0	0.144	0.180	0.39	0.43	0.39	0.66	0.69	0.66	0.43	0.43	0.43	0.62	0.66	0.66	
67.43	2/0	0.141	0.177	0.33	0.33	0.33	0.52	0.52	0.52	0.36	0.36	0.36	0.52	0.52	0.52	
85.01	3/0	0.138	0.171	0.254	0.269	0.259	0.43	0.43	0.43	0.289	0.302	0.308	0.43	0.43	0.46	
107.2	4/0	0.135	0.167	0.203	0.220	0.207	0.33	0.36	0.33	0.243	0.256	0.262	0.36	0.36	0.36	
127	250	0.135	0.171	0.171	0.187	0.177	0.279	0.295	0.282	0.217	0.230	0.240	0.308	0.322	0.33	
152	300	0.135	0.167	0.144	0.161	0.148	0.233	0.249	0.236	0.194	0.207	0.213	0.269	0.282	0.289	
177	350	0.131	0.164	0.125	0.141	0.128	0.200	0.217	0.207	0.174	0.190	0.197	0.240	0.253	0.262	
203	400	0.131	0.161	0.108	0.125	0.115	0.177	0.194	0.180	0.161	0.174	0.184	0.217	0.233	0.240	
253	500	0.128	0.157	0.089	0.105	0.095	0.141	0.157	0.148	0.141	0.157	0.164	0.187	0.200	0.210	
304	600	0.128	0.157	0.075	0.092	0.082	0.118	0.135	0.125	0.131	0.144	0.154	0.167	0.180	0.190	
380	750	0.125	0.157	0.062	0.079	0.069	0.095	0.112	0.102	0.118	0.131	0.141	0.148	0.161	0.171	
507	1000	0.121	0.151	0.049	0.062	0.059	0.075	0.089	0.082	0.105	0.118	0.131	0.128	0.138	0.151	

2.16 Selección De Canalizaciones (Charolas Portacables)

Las charolas portacables son en conjunto, un ensamble de unidades o secciones como las que se muestran en la imagen, que forman una sola estructura utilizada para asegurar o soportar cables y canalizaciones (Ver figura 2.3).

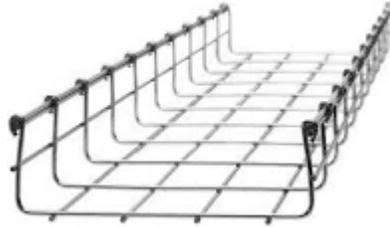


Figura 2.3 Charola portacable tipo malla Charofil.

Estas la hay en diferentes estructuras y materiales dependiendo el uso que se le tenga que dar.

El cálculo de charolas se realiza con base en el artículo 392 Charolas Portacables se tomará en cuenta la Tabla 392-22(a) y la Tabla 392-22(b)(1) de la NOM-001-SEDE-2012. (Ver tabla 2.8)

Tabla 2.8 Área de ocupación permisible para cables multiconductores en charolas portacables de tipo escalera, fondo ventilado, tipo malla o fondo sólido para cables de 2000 volts o menos.

Ancho interior de la charola portacables cm	Área de ocupación máxima permisible para cables multiconductores			
	Charolas portacables tipo escalera, tipo malla o fondo ventilado, 392-22(a)(1)		Charola portacable tipo fondo sólido, 392-22(a)(3)	
	Columna 1 Aplicable solo por 392-22(a)(1)(b) mm ²	Columna 2 Aplicable solo por 392-22(a)(1)(c) mm ²	Columna 3 Aplicable solo por 392-22(a)(3)(b) mm ²	Columna 4 Aplicable solo por 392-22(a)(3)(c) mm ²
5	1 500	1 500-(30 Sd) ^b	1 200	1 200-(30 Sd) ^b
10	3 000	3 000-(30 Sd) ^b	2 300	2 300-(30 Sd)
15	4 500	4 500-(30 Sd) ^b	3 500	3 500-(30 Sd) ^b
20	6 000	6 000-(30 Sd) ^b	4 500	4 500-(30 Sd)
22.5	6 800	6 800-(30 Sd)	5 100	5 100-(25 Sd)
30	9 000	9 000-(30 Sd)	7 100	7 100-(25 Sd)
40	12 000	12 000-(30 Sd)	9 400	9 400-(30 Sd)
45	13 500	13 500-(30 Sd)	10 600	10 600-(25 Sd)
50	15 000	15 000-(30 Sd)	11 800	11 800-(30 Sd)
60	18 000	18 000-(30 Sd)	14 200	14 200-(25 Sd)
75	22 000	22 000-(30 Sd)	17 700	17 700-(25 Sd)
90	27 000	27 000-(30 Sd)	21 300	21 300-(25 Sd)

La instalación de estas charolas en el presente proyecto de dará en el techo de los sótanos y por tal condición de los mimos se usarán charolas de fondo sólido y por lo tanto a selección o cálculo de charolas se hará con la columna

4, donde podemos ver el término S_d que se refiere a la suma de los diámetros en milímetros de todos los cables multiconductores.

La instalación de los cables se lleva a cabo de la siguiente manera:

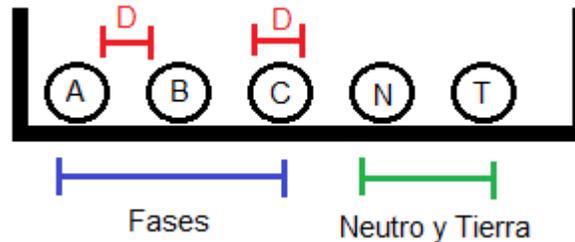


Figura 2.4 Distribución de conductores en la charola portacables.

Para la selección de diámetros y características de la charola se toma en cuenta los siguientes datos:

- Numero de circuitos de por fase
 $\#_{circuitos}$
- Numero de espacios entre cables
 $\#_{espacios} = \#_{circuitos} + 1$
- Diámetro del conductor
 $D[mm]$
- Longitud del cable
 $L[m]$

Lo primero que se debe considerar es la altura de la charola y estas se manejan en medidas estándar: 30,54, 105 y 150 mm.

Después se realiza el cálculo del ancho de la charola de la siguiente manera:

$$Ancho_{charola} = D * (\#_{circuitos}) * (\#_{espacios}) \quad (2-15)$$

El ancho calculado siempre debe ser menor al ancho de la charola seleccionada.

2.17 Transformadores

Los transformadores son parte del equipo a utilizar dentro de un diseño de distribución subterránea pues tienen la función de reducir la tensión suministrada por la alimentación principal para poder ser utilizada de acuerdo a las necesidades que se tengan por parte de los usuarios. A continuación, en la tabla 2.9 se mencionan las capacidades normalizadas y el tipo de transformador de acuerdo a los requerimientos de instalación.

Tabla 2.9 Tipos y capacidades de transformadores trifásicos.

Capacidad de Kva	Tipo
75	Pedestal y sumergible
112.5	Pedestal y sumergible
150	Pedestal y sumergible
225	Pedestal y sumergible
300	Pedestal y sumergible
500	Pedestal y sumergible

Los transformadores antes mencionados pueden ser utilizados de acuerdo a los siguientes puntos:

- Formando parte integral de un anillo trifásico.
- Formando parte integral de un arreglo radial trifásico.
- Para un uso particular, con un arreglo de tipo radial conectado a un anillo trifásico.

2.17.1 Propiedad de CFE

Los transformadores por parte de CFE son requeridos por la misma para proporcionar la alimentación en baja tensión a los usuarios y estos transformadores a su vez deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- CFE K0000-04 Transformadores monofásicos tipo pedestal hasta 100 kVA para distribución subterránea.
- CFE K0000-05 Transformadores trifásicos tipo sumergible de 300 kVA y 500 kVA para distribución subterránea.
- CFE K0000-07 Transformadores trifásicos tipo pedestal de 300 kVA y 500 kVA para distribución subterránea.
- CFE K0000-08 Transformadores trifásicos tipo pedestal hasta 225 kVA para distribución subterránea.
- CFE K0000-19 Transformadores monofásicos tipo sumergible hasta 100 kVA para distribución subterránea.
- CFE K0000-22 Transformadores trifásicos tipo sumergible hasta 225 kVA para distribución subterránea.

2.17.1.1 Capacidades

Los transformadores antes mencionados pueden clasificarse según su capacidad para dos tipos de instalación, para conjuntos habitacionales de bajo consumo y conjuntos habitacionales de alto consumo.

Bajo consumo: 25 kVA, 37.5 kVA, 50 kVA, 75 kVA y/o 100 kVA.

Alto consumo: 75 kVA, 112.5 kVA, 150 kVA, 225 kVA, 300 kVA y 500 kVA de los cuales tienen que ser transformadores trifásicos

2.17.1.2 Conexiones

La conexión en los devanados de los transformadores trifásicos debe ser invariablemente Estrella- Estrella aterrizada.

2.17.2 Particulares

Los transformadores de uso particular son principalmente utilizados para alimentar la carga demanda por el usuario en áreas comunes que a su vez estos pueden ser colocados en un determinado lugar donde se requiere, pero deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- NMX-J-285.
- NMX-J-287.
- Garganta.

Este tipo de transformadores se pueden clasificar de acuerdo a la cantidad de fases (monofásico o trifásico) y por su aplicación que de acuerdo a las necesidades puede ser pedestal o sumergible.

2.17.3 Protecciones

Los transformadores trifásicos deben tener como medio de protección un fusible de intervalo completo instalado en el interior en media tensión y removible desde el exterior para capacidades de 300 kVA y 500 kVA.

2.17.4 Dimensiones

A continuación, en la figura 2.5 se muestran las dimensiones de un transformador trifásico tipo pedestal. Cabe mencionar que las dimensiones mostradas pueden variar de acuerdo a la capacidad y número de fases del mismo por lo que es de tomar en cuenta para la selección y construcción se la base.

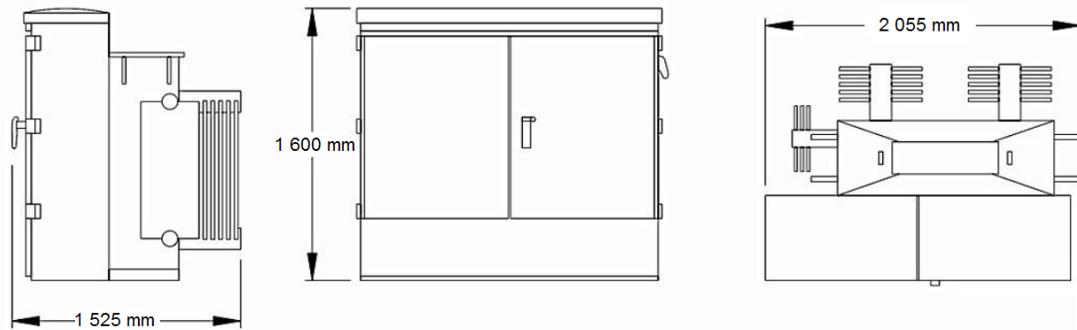


Figura 2.5 Dimensiones de un transformador trifásico tipo pedestal 500 kVA.

2.18 Seccionadores

En las instalaciones eléctricas cuando se trata de grandes redes encargadas de distribuir la energía eléctrica, se requieren de mecanismos para asegurar el correcto funcionamiento y confiabilidad del mismo sobre todo para disminuir y evitar riesgos que pudiesen provocar fallas o daños en la instalación eléctrica pero también para que los diferentes equipos o componentes de la instalación puedan ser manipulados sin riesgo alguno cuando estos requieran de algún mantenimiento o algún cambio o reparación. Por lo anterior mencionado se tiene el uso del seccionador que son dispositivos mecánicos que se instalan en las redes de distribución (sobre todo subterráneas), que cuya función es la de ofrecer protección a estas redes y permitir su manipulación en caso de ser necesario.

Estos equipos cuentan con sistemas de protección electrónica para beneficio de la red pues en caso de presentarse una falla estos dejan fuera o dentro de manera automática ciertas áreas del circuito involucradas en el fallo protegiendo así toda la red sin necesidad de la desconexión general.

También son utilizados como mecanismos de seguridad pues tiene la capacidad de conducir corriente eléctrica en condiciones normales, pero también soportar la corriente al presentarse un corto circuito y a su vez activar la desconexión.

En el caso de las redes de distribución eléctrica de la CFE, estos dispositivos son sumamente apreciados y se encuentran instalados prácticamente en todas las redes con las que cuenta esta institución, un claro ejemplo de la utilidad, efectividad y seguridad que ofrece a las redes eléctricas un seccionador.

Los seccionadores se pueden clasificar como se muestra a continuación de acuerdo a su función desempeñada.

- Equipos seccionadores e interruptores.
- Equipos de protección para sobrecorriente.
- Equipos automáticos de transferencia.

De acuerdo a los requerimientos de la instalación estos pueden ser de tipo pedestal, sumergible o bóveda. A continuación, se muestra un seccionador de tipo pedestal con su respectivo gabinete para uso a intemperie que por lo general este tipo son utilizados en redes subterráneas como medio de protección o seccionamiento. (Ver figura 2.6)

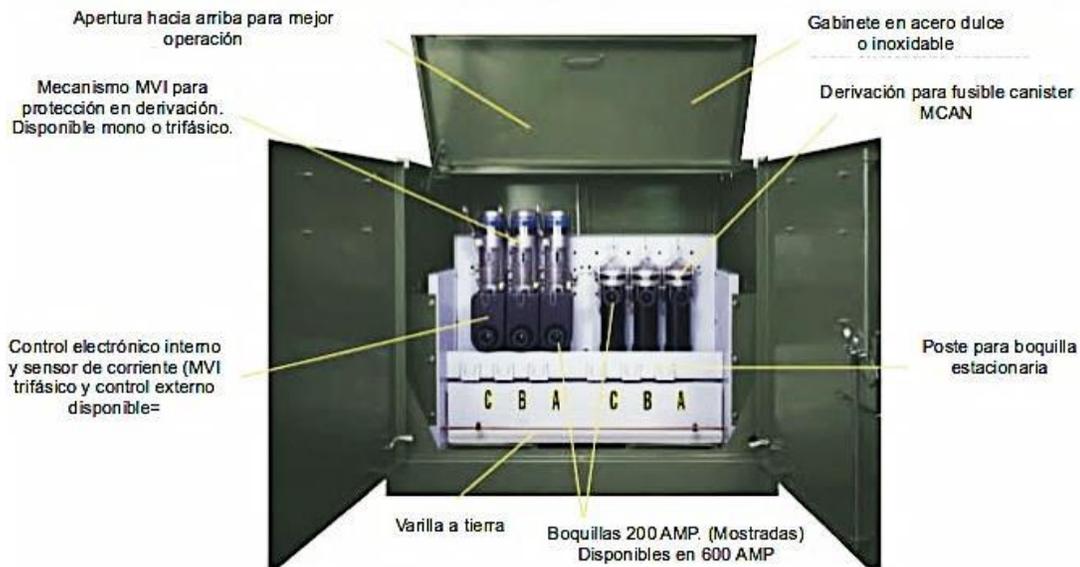


Figura 2.6 Detalle de un seccionador para redes de distribución subterránea.

2.19 Coordinación De Protecciones Contra Sobre Corrientes.

La distribución subterránea de energía eléctrica se ha desarrollado cada vez con mayor intensidad, tanto en la evolución de los materiales utilizados, como en las técnicas y sistemas empleados en la construcción. Como cualquier sistema eléctrico las redes subterráneas están expuestas a la ocurrencia de fallas, cuyas consecuencias pueden crear interrupciones y daños en las instalaciones, cuando la protección no está debidamente calculada y diseñada, las principales causas de fallas en los sistemas subterráneos son:

- Degradación del aislamiento debido a la humedad o calentamiento.
- Daños físicos del aislamiento.
- Esfuerzos eléctricos de sobretensión a que se somete el aislamiento, provocado por sobretensiones transitorias.

- El carecer de neutro corrido, provoca durante las fallas, sobrecorrientes en la pantalla metálica que degradan prematuramente el aislamiento del conductor.

Cada una de las causas de fallas expuestas, en términos generales involucra las causas de interrupciones o daños en estos sistemas y por lo tanto deben ser vigiladas para evitar incurrir en ellas. La protección contra sobrecorriente de un sistema de distribución subterráneo debe servir para los siguientes propósitos:

- Reducir al mínimo el tiempo sin servicio a los usuarios.
- Proteger al equipo durante las fallas en el sistema.
- Facilitar la localización y reparación de fallas.

El procedimiento para lograr la coordinación de protecciones en sistemas de distribución subterránea es básicamente el mismo que el empleado en una red aérea, variando solo los parámetros eléctricos del circuito y en parte la filosofía de operación de las redes subterráneas, se pueden reducir a lo siguiente:

- a) En una red subterránea las fallas se deben considerar siempre como fallas permanentes, por lo que no deben de utilizarse recierres.
- b) Es importante considerar en los tiempos de operación de las protecciones, la capacidad térmica de los conductores para evitar envejecimiento prematuro. Se deben tomar en cuenta las curvas de sobrecarga de corta duración de los conductores, en función del aislamiento.
- c) Para evitar pruebas repetitivas que envejezcan el aislamiento se deben utilizar indicadores de falla a lo largo del circuito, donde exista equipo de seccionamiento y/o derivación excepto en transformadores.

2.19.1 Dispositivos De Protección

2.19.1.1 Relevadores

Las protecciones utilizadas en subestaciones de distribución en bancos de transformación y alimentadores son:

- Relevador de sobrecorriente instantáneo (50).
- Relevador de sobrecorriente con retraso de tiempo (51).

2.19.1.2 Seccionadores Tipo Pedestal O Sumergible

Se deben de utilizar en sistemas subterráneos de acuerdo a lo mencionado en el apartado 2.5.3 G) de la especificación CFE DCCSSUBT y cumpliendo con la normatividad vigente CFE VM000-51 y CFE VM000-68.

2.19.1.3 Fusible Tipo Expulsión

El fusible debe de especificarse de acuerdo a la frecuencia de operación, capacidad nominal de corriente, tensión máxima de diseño y capacidad interruptiva. La capacidad nominal es por definición la corriente que el elemento puede soportar continuamente sin sufrir calentamientos que pudieran modificar sus características de diseño.

Para la coordinación de los elementos fusibles, se consideran los siguientes aspectos:

- a) El elemento fusible no debe operar a causa de corriente de carga, debe ser capaz de mantener el flujo de corriente de carga máxima sin calentarse y sin modificar sus características originales.
- b) Para coordinar sus tiempos de operación con los del equipo adyacente, se debe de estar consciente de que valores cercanos al tiempo mínimo de fusión, el fusible perderá sus características de diseño y aun cuando el elemento no sea fundido, no se apegará a sus tiempos originales.
- c) La falla es despejada hasta que se rebasa el valor de tiempo máximo de apertura.

2.19.1.4 Protección De Transformadores Tipo Pedestal Y Sumergible

Se deben de utilizar las siguientes protecciones:

a) Fusibles limitadores de corriente de intervalo parcial y fusibles de expulsión, para transformadores tipo pedestal trifásicos y monofásicos, según especificaciones CFE K0000-04, CFE K0000-08, CFE K0000-19 Y CFE K0000-22.

b) Fusible de intervalo completo para transformadores trifásicos. De acuerdo con las especificaciones CFE K0000-05 y CFE K0000-07.

c) Interruptor en baja tensión, para proteger los transformadores contra sobrecargas y cortocircuitos en baja tensión, si son requeridos en las características particulares.

2.19.1.5 Terminales Tipo Codo Portafusible Para 200 A De Apertura Con Carga

La selección de los dispositivos de protección debe basarse en:

1. Tensión nominal

La utilización de un dispositivo que tenga una tensión nominal máxima de diseño igual o mayor que la máxima tensión que se presente en el sistema, proporcionará una protección de aislamiento adecuada al equipo, aislando correctamente al circuito que fallo.

2. Corriente nominal continua

Normalmente el pico de corriente no debe exceder el valor nominal del dispositivo, debiendo tomar en cuenta, el crecimiento de carga del sistema cuando se elabore el proyecto y esquema de protección de la red.

3. Capacidad interruptiva

Debe conocerse con exactitud la máxima corriente de falla que pueda presentarse en el punto de aplicación de la protección, con objeto de lograr una selección adecuada del equipo a utilizar. Para una adecuada aplicación de los equipos a emplear en un esquema coordinado de protecciones, es necesario calcular los valores máximos y mínimos de las potencias o corrientes de cortocircuito presentes en los siguientes puntos:

- En el troncal de la red a la salida de las subestaciones.
- En los nodos donde parten los sub-troncales.
- En los nodos donde parten los ramales.

En algunos casos es recomendable calcular la corriente de cortocircuito mínimo que se presenta en el extremo de los ramales, todos estos valores garantizan una coordinación correcta.

2.20 Diseño De La Red De Tierras

En este apartado se indicarán las bases para poder realizar un buen sistema de tierras, ya que es un tema de gran extensión para poder abordarlo por

completo, pero es de vital que se mencionen las bases puesto que todos los equipos antes mencionados requieren de un sistema de tierras muy bien diseñado para poder brindar la confiabilidad que la instalación demanda. A continuación, se tiene un resumen de lo que el artículo 250 de la NOM-001-SEDE-2012 “Puesta a tierra y unión” nos indica para el diseño.

La palabra unión se refiere a la conexión de forma permanente de las partes metálicas sin corriente que juntas forman una trayectoria conductora segura para cualquier corriente a la que puedan estar sometidas y a su vez esta debe realizar la conexión entre las partes metálicas de los equipos eléctricos dentro de la instalación como lo son los gabinetes, charolas, canalizaciones, etc. La unión entre estas partes metálicas se deberá realizar por medio de accesorios adecuados con coples o conectores adecuados, de manera que estas uniones garanticen una buena continuidad eléctrica.

La unión es de vital importancia pues por ella, en caso de haber una falla a tierra dentro de la instalación, circulara una corriente a tierra considerable. Y por el contrario si no se tiene una buena unión y se dejan puntos flojos, en estos en caso de presentarse una falla y circular una corriente, se puede crear un arco eléctrico y generar altas temperaturas en ese punto hasta llegar a ocasionar un incendio y provocar daños tanto a la instalación como a las mismas personas.

Por otro lado, los sistemas eléctricos que son puestos a tierra deben ser colocados a ésta, de manera que limiten la tensión impuesta por descargas atmosféricas, sobretensiones en la línea, o contacto no intencional con líneas de tensión mayor y que estabilicen la tensión a tierra durante la operación normal.

Para realizar una buena conexión de puesta a tierra antes se deben limpiar las superficies de contacto removiendo algún recubrimiento no conductor y en caso de ser necesario utilizar herrajes diseñados para esta aplicación. Los métodos permitidos para la conexión de los conductores de puesta a tierra, los conductores del electrodo de puesta a tierra y los puentes de unión son:

- Conectores a presión
- Barras terminales
- Conectores a presión aprobados para puesta a tierra de equipos y para unión
- Procesos de soldadura exotérmica
- Abrazaderas tipo tornillo que enrosquen por lo menos dos hilos o que se aseguren con una tuerca

- Pijas que entren, cuando menos, dos hilos en la envolvente
- Conexiones que son parte de un ensamble

La NOM-001-SEDE-2012 no permite que se utilicen dispositivos de conexión o accesorios que dependan únicamente de soldadura de bajo punto de fusión. Esto se debe a que dicha soldadura se fundiría con el paso de la corriente de falla a tierra y provocaría una situación de riesgo.

Para los electrodos de puesta a tierra de una instalación eléctrica el valor de la resistencia a tierra, de acuerdo con la sección 250-50 y 250-53 de la NOM-001-SEDE-2012, deberá estar comprendido entre 0 y 25 ohms. Y en caso de que un electrodo de puesta a tierra (varilla, tubería o placa) tenga una resistencia a tierra de 25 ohms o menos, no se requerirá que se instale un electrodo de puesta a tierra adicional.

2.20.1 Sistemas De Conexión A Tierra.

La especificación CFE DCCSSUBT en el apartado 2.2.4 nos indica que los sistemas de puesta a tierra son componentes importantes de los sistemas eléctricos, puesto que deben permitir la conducción hacia el suelo de cargas eléctricas no deseadas, originadas por las fallas en los equipos del sistema eléctrico y las producidas por las descargas atmosféricas. Deben poseer una capacidad de dispersión sin que se presenten potenciales peligrosos en la superficie del suelo que puedan dañar los equipos eléctricos y poner en riesgo la seguridad de los trabajadores.

Por razones de seguridad en sistemas subterráneos las pantallas metálicas de los conductores deben estar siempre puestas a tierra al menos en un punto con el objeto de limitar las tensiones inducidas (55 V, NOM-001-SEDE-2012).

Parte importante en el proceso de limitar las tensiones inducidas lo constituye la resistencia de puesta a tierra, cuyos valores no deben exceder de 5 Ω en épocas de lluvia y de 10 Ω en temporada de estiaje respectivamente, según se indica en el procedimiento para la revisión, supervisión y construcción de redes subterráneas.

Uno de los elementos principales en una instalación de una red de tierras es el electrodo de puesta a tierra o también conocida como electrodo de tierra, la resistencia del electrodo de puesta a tierra, tiene tres componentes:

- Una es su propia resistencia, la cual puede ser despreciable para efectos de cálculo. Pero las conexiones entre electrodo y conductor de bajada pueden llegar a tener una resistencia considerable con el tiempo.
- La resistencia de contacto entre electrodo y suelo, cuando el electrodo está libre de grasa o pintura, es despreciable. Sin embargo, la resistencia de contacto puede aumentar significativamente en terrenos secos, aumentando rápidamente cuando el contenido de humedad disminuye por debajo de un 15 %.
- La resistividad del terreno alrededor del electrodo. Introduciendo un electrodo en un terreno uniforme, la corriente se dispersará uniformemente alrededor del electrodo. La resistividad del terreno varía ampliamente según su composición y zonas climáticas, también varía estacionalmente, debido a que la resistividad se determina en gran proporción por el contenido de electrolito, consistente de agua, minerales y sales.

Adicionalmente también varía con la temperatura. Algunos valores típicos de resistividades de suelos se resumen en la tabla 2.10.

Tabla 2.10 Valores típicos de resistividad para diferentes tipos de suelos.

Tipo de suelo	Resistividad (Ω m)
Arcilla	2 - 100
Arena y grava	50 - 1 000
Piedra caliza de superficie	100 - 10 000
Piedra caliza	5 - 4 000
Esquisto o pizarra	5 - 100
Piedra arenisca	20 - 2 000
Granito, basalto	1 000

El valor de resistividad del terreno debe obtenerse con base en mediciones, las cuales se recomienda realizarlas en época de estiaje.

2.20.1.1 Reducción De Los Valores De Resistencia De Conexión A Tierra.

A continuación, se enumeran algunos de los métodos usados para mejorar los valores de resistencia de puesta a tierra:

- a) Electrodo profundos

Cuando el terreno es penetrable se puede usar este método para mejorar el valor de resistencia de tierra.

b) Electrodo múltiples en paralelo

Cuando se tienen valores de la resistividad del terreno de las capas superiores más baja que la de las capas más profundas o en casos donde no se puedan obtener las profundidades adecuadas de los electrodos de tierra, se recomienda el uso de dos o más electrodos en paralelo.

c) Contra-antenas

En terrenos donde no es posible la penetración de electrodos teniéndose un manto delgado de suelos sobre subsuelo de roca, se recomienda el uso de conductores enterrados a baja profundidad a lo largo de zanjas construidas específicamente para contener al conductor.

d) Hormigón armado

El hormigón armado puede considerarse como electrodo metálico inmerso en un medio razonablemente homogéneo (el hormigón), cuya resistividad está en el orden de los 30 Ω -m. El hormigón, a su vez está inmerso en el terreno, cuya resistividad puede variar desde 1 hasta 1 000 Ω -m. La relación de resistividades de hormigón y terreno determina la resistencia de dispersión a tierra resultante.

e) Reducción de la resistividad del suelo mediante procedimientos artificiales.

En algunos terrenos con alta resistividad, las prácticas de los métodos resumidos anteriormente pueden resultar prácticamente imposibles de aplicar para obtener valores de resistencia de conexión a tierra aceptables. En estos casos puede resultar aceptable el uso de procedimientos para reducir artificialmente la resistividad del terreno que circunda al electrodo de tierra (Ver tabla 2.11).

Tabla 2.11 Características de electrodos para puesta a tierra.

Concepto	Acero con recubrimiento de cobre electrolítico	Acero con recubrimiento de cobre soldado
Uso	Electrodos con profundidad para conexiones a tierra en terrenos de alta resistencia eléctrica.	
Descripción corta	ACE – 16	ACS - 16
Abreviaturas en la descripción	A = Acero, C = cobre, E = Electrolítico	A = Acero, C = cobre, S = Soldado

Código MySAP		649181	445302
Longitud (L) mm (Tolerancia)		3 000 (-0 + 10 mm)	3 000 (-0 +10 mm)
Masa aproximada en kg		4.4	4.4
Rectitud cm/m		0.083	0.083
Núcleo	Material	Acero estirado en frío AISI1018, 1035 ó 1045	
	Diámetro en mm	14.3 min. 15.5 max.	16
Recubrimiento	Material	Cobre electrolítico ASTM-B-152	Acero y cobre soldado
	Espesor mínimo (mm)	0.25	0.25
	Adherencia	Ningún desprendimiento del recubrimiento del núcleo	
Información	Logotipo de lote o marca de fabricación	Debe ser permanente en forma circular o longitudinal a 300 mm a partir del extremo de aristas redondeadas	
	Número de lote y año de fabricación	Debe estar contenido en la información	
	Empaque	10 piezas, Atados con fleje galvanizado o plástico	
	Unidad	Pieza	

La resistencia de conexión a tierra es afectada principalmente por cuatro factores: la resistividad del suelo, la longitud, el número de electrodos y el espaciamiento entre ellos. Las resistencias de conexión a tierra en situaciones críticas pueden mejorarse por varios métodos, utilizando electrodos más largos, ya que usualmente reducen la resistencia de conexión a tierra.

Electrodo de puesta a tierra. Los electrodos que se utilizan en los sistemas de tierras; deben cumplir con la especificación CFE56100-16 “Electrodos para tierra” y son en términos generales, de acero con recubrimiento de cobre soldado o electrolítico, ver tabla 2.11.

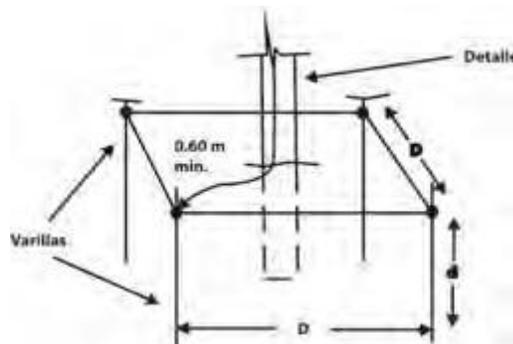


Figura 2.7 Instalación típica de una conexión a tierra para un arreglo de cuatro electrodos en paralelo.

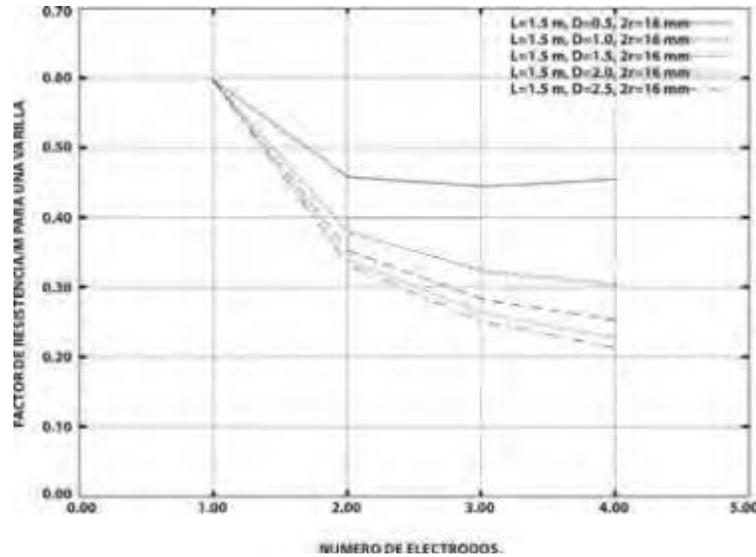


Figura 2.8 Longitud y diámetro del arreglo de cuatro electrodos en paralelo.

2.20.1.2 Resistencia De Conexión A Tierra Para Una, Dos, Tres Y Cuatro Electrodos.

Por medio de las figuras 2.8, 2.9 y 2.10 se puede calcular la resistencia en función de la resistividad del terreno para: un electrodo, dos electrodos en paralelo, tres electrodos en paralelo en triángulo o cuatro electrodos en paralelo localizadas en los vértices de un cuadrado. Se utilizaron los diámetros y longitudes típicas de los electrodos descritas en la tabla 2.9.

De las figuras indicadas la resistencia del terreno se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\text{Fracción de resistencia} = \frac{RT}{r} \quad (2-16)$$

Donde:

- RT = Fracción de Resistencia. Obtenida de las figuras 2.8, 2.9 y 2.10.
- r = resistividad obtenida de mediciones.

La figura 2.8 muestra los resultados para un electrodo de longitud L de 1.5 m, diámetro de los electrodos 2r = 16 mm, separación entre electrodos D de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 m.

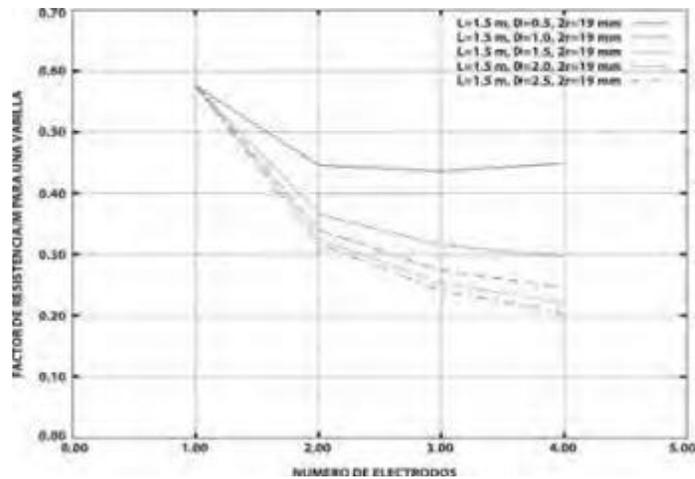


Figura 2.9 Fracción del valor de la resistencia de un electrodo para 2, 3 ó 4 electrodos en paralelo 2.

En la figura 2.9 se muestran los resultados para electrodos de longitud L de 1.5 m, diámetro de los electrodos $2r = 19$ mm, separación entre electrodos D de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 m. Fracción del valor de la resistencia de un electrodo para 2, 3 ó 4 electrodos en paralelo.

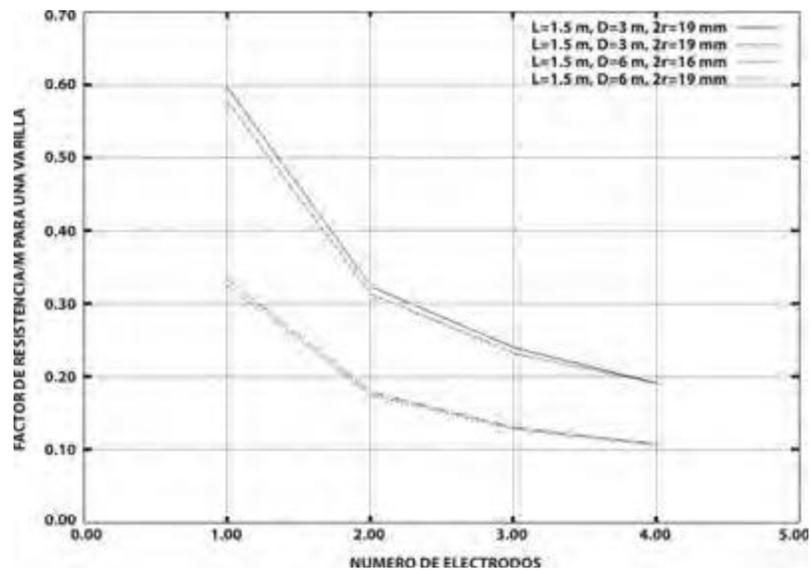


Figura 2.10 Fracción del valor de la resistencia de un electrodo para 2, 3 ó 4 electrodos en paralelo 3.

En la figura 2.10 se muestran los resultados para electrodos de longitud L de 1.5 y 3.0 m, diámetro de los electrodos $2r = 16$ y 19 mm, separación entre electrodos $D= 3$ y 6 m. Fracción del valor de la resistencia de un electrodo para 2, 3 ó 4 electrodos en paralelo.

Pasos a seguir para el cálculo de la resistencia del terreno:

- a) Realizar mediciones para obtener la resistividad del terreno (r).
- b) Con base en la resistividad y la resistencia recomendada, obtener la fracción de la resistencia:
- c) Fracción de Resistencia = RT / r .
- d) De las figuras 2.9 y 2.10, dependiendo si se cuenta con electrodos de 16 ó 19 mm, se obtiene el número de electrodos a utilizar en el arreglo. Si no es alcanzada la fracción de la resistencia buscada con las distancias entre electrodos de las figuras 2.8 y 2.9, se debe aumentar la distancia entre electrodos utilizando la figura 2.10.

2.21 Banco De Ductos

Los bancos de ductos se utilizan principalmente para proteger a los conductores en una transición subterránea utilizando ductos de PAD o PADC que se refiere a ductos de Polietileno de Alta Densidad lisos o corrugados respectivamente. A continuación, se muestran diferentes tipos de ductos PAD para terreno normal y terrenos con nivel freático muy alto o rocoso de acuerdo a la sección 4.1.1 A) de la especificación CFE DCCSSUBT.

Bancos de ductos de PAD para Baja Tensión:

- Banco de ductos de PAD para baja tensión bajo banqueteta (S1B PAD)
- Banco de ductos de PAD para baja tensión bajo banqueteta (S2B PAD).
- Banco de ductos de PAD para baja tensión bajo banqueteta (S3B PAD).
- Banco de ductos de PAD para baja tensión bajo banqueteta (S4B PAD).
- Banco de ductos de PAD para baja tensión bajo banqueteta (S6B PAD).
- Banco de ductos de PAD para baja tensión bajo arroyo (S1APAD).
- Banco de ductos de PAD para baja tensión bajo arroyo (S2APAD).
- Banco de ductos de PAD para baja tensión bajo arroyo (S3APAD).
- Banco de ductos de PAD para baja tensión bajo arroyo (S4APAD).
- Banco de ductos de PAD para baja tensión bajo arroyo (S6APAD).

Bancos de ductos de PAD para Media Tensión:

- Banco de ductos de PAD para media tensión bajo banqueteta (P1B PAD).
- Banco de ductos de PAD para media tensión bajo banqueteta (P2B PAD).
- Banco de ductos de PAD para media tensión bajo banqueteta (P3B PAD).
- Banco de ductos de PAD para media tensión bajo banqueteta (P4B PAD).
- Banco de ductos de PAD para media tensión bajo banqueteta (P6B PAD).

- Banco de ductos de PAD para media tensión bajo banqueta (P9B PAD).
- Banco de ductos de PAD para media tensión bajo banqueta (P12B PAD).
- Banco de ductos de PAD para media tensión bajo arroyo (P1APAD).
- Banco de ductos de PAD para media tensión bajo arroyo (P2APAD).
- Banco de ductos de PAD para media tensión bajo arroyo (P3APAD).
- Banco de ductos de PAD para media tensión bajo arroyo (P4APAD).
- Banco de ductos de PAD para media tensión bajo arroyo (P6APAD).
- Banco de ductos de PAD para media tensión bajo arroyo (P9APAD).
- Banco de ductos de PAD para media tensión bajo arroyo (P12APAD).

2.22 Registros

El uso de registros dentro de una distribución subterránea es importante pues además de ser un requerimiento este permite alojar equipos de la red, conexiones a usuario, tomar en cuenta las tensiones máximas de jalo y entre otros usos. En la sección 4.1.1 B) de la especificación CFE DCCSSUBT se pueden apreciar los diferentes tipos de registros normalizados aplicables en media y baja tensión.

2.23 Muretes De Derivación

El muérete o derivador en media tensión puede ser para:

- Murete para derivación para sistema de 200/200 A.
- Murete para derivación para sistema de 600/200 A.
- Murete para derivación para sistema de 600/600 A

A continuación, se muestra una imagen de ejemplo de un murete de derivación de 3 vías 200 A (Ver figura 2.11).

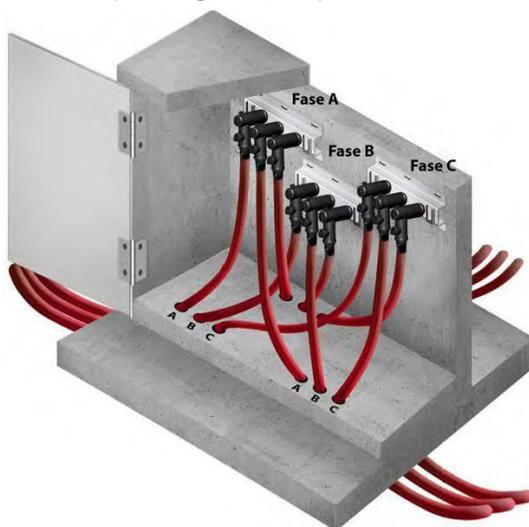


Figura 2.11 Derivador en media tensión 3 vías 200 A.

2.24 Accesorios

De acuerdo con la especificación CFE DCCSSUBT en el apartado de la obra electromecánica, un sistema en media tensión de 200 A debe contar con los siguientes accesorios:

- Adaptador para la puesta a tierra de pantallas en 200 A.
- Apartarrayo tipo boquilla estacionaria 200 OCC.
- Apartarrayo tipo codo 200 OCC.
- Apartarrayo tipo inserto 200 OCC.
- Boquilla doble tipo inserto 200-OCC.
- Boquilla estacionaria doble 200 OCC.
- Boquilla estacionaria sencilla 200-OCC.
- Boquilla extensión tipo inserto 200-OCC.
- Boquilla tipo inserto 200-OCC.
- Boquilla tipo pozo 200.
- Conector tipo codo con cable de puesta a tierra.
- Conector tipo codo 200-OCC.
- Conector tipo múltiple MT 200 de 2, 3 y n vías con boquillas tipo pozo de operación sin tensión.
- Conector tipo múltiple MT 200-OCC de 2, 3 y n vías.
- Conector tipo codo portafusible 200-OCC.
- Empalme contráctil en frío MT.
- Empalme premoldeado separable MT-200
- Empalme recto MT.
- Empalme termocontráctil MT.
- Tapón aislado 200 OCC con punto de prueba.
- Tapón aislado MT 200-OCC.
- Varilla de prueba.

2.25 Implementación De Telemedición

Como ya se mencionó en el Capítulo 1 la Infraestructura de Medición Avanzada (o AMI, por sus siglas en inglés) es un sistema que tiene la función de medir, recolectar y analizar el uso de la energía eléctrica de distintos puntos asociados a este sistema permitiendo una comunicación bidireccional entre los medidores y el centro de control de la empresa suministradora.

Retomando la imagen 1.8 del capítulo anterior CFE cuenta con nodos los cuales conectan con su sistema de control y monitoreo directamente desde el medidor inteligente pero el problema es que estos no se encuentran aún

habilitados para todas zonas pues aún está en desarrollo por lo que además de presentar la solicitud del servicio se tiene que instalar ese nodo de comunicación punto a punto con la empresa suministradora.

Para entender lo anterior ver la figura 2.12 la cual los muestra el esquema general a seguir para la creación de un sistema de telemedición para un edificio de gran altura y como parte de los requerimientos del procedimiento CFE DCSEEEGA en el apartado de medición.

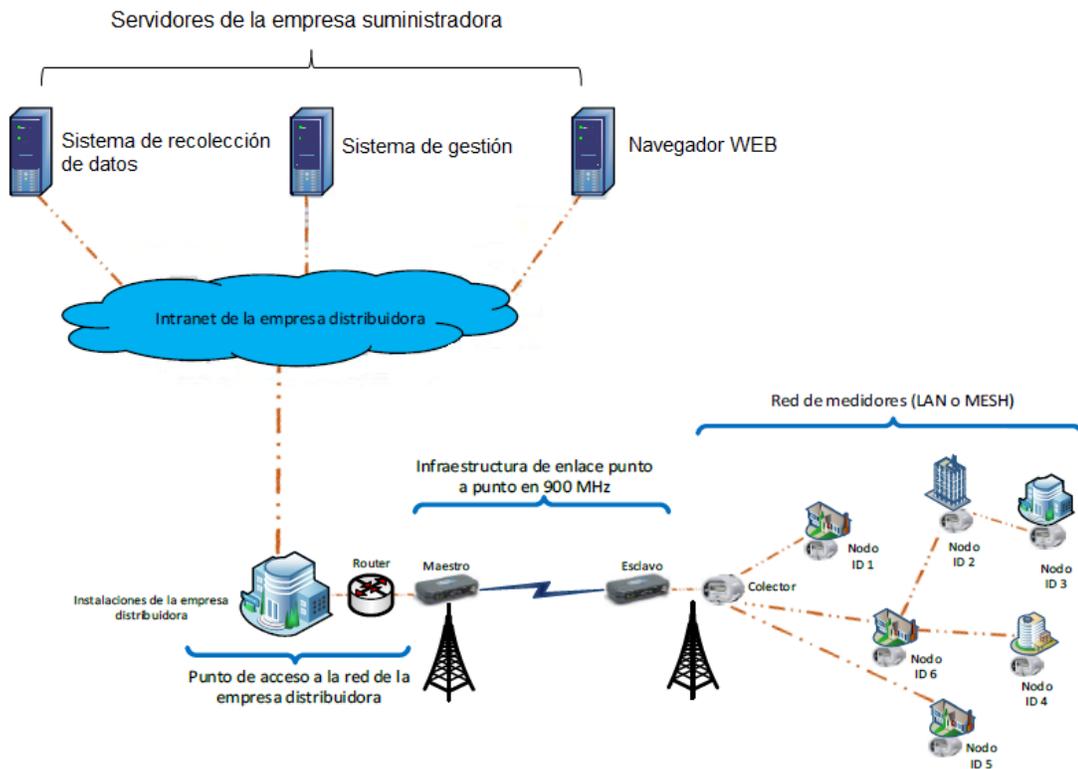


Figura 2.12 Esquema general de la red AMI.

De la figura 2.12 podemos describir los siguientes elementos:

Red de medidores inteligentes: Es la concentración de medidores del edificio que a su vez las lecturas de los mismos son enviar a un medidor colector el cual estará listo para brindar las lecturas por los medios de comunicación.

Infraestructura de enlace punto a punto: Es medio de comunicación utilizado para el enlace mediante radio frecuencia al receptor de la empresa suministradora para la lectura de datos.

Punto de acceso a la red de la empresa suministradora: Es el punto receptor de datos en el cual la compañía descripta la información recibida procesándola para la ejecución de la facturación, administración de conexión y desconexión, alertas y fallos para eficiente sus servicios.

2.25.1 Beneficios

Con la implementación del sistema AMI la empresa suministradora puede realizar las siguientes operaciones para brindar un mejor servicio al usuario:

- Atención a la demanda energética.
- Monitoreo del consumo de kW/h.
- Administración de los perfiles de cargas.
- Detección de actividades ilícitas.
- Reconfiguración de los alimentadores dependiendo del balance de cargas.
- Identificación de los puntos específicos donde se pueden dar pérdidas o interrupciones energéticas.
- Optimización en la toma de lecturas.

En este último punto con el intercambio bidireccional de información se reduce la inversión de recursos humanos y materiales para la toma de lecturas o algún otro procedimiento que lo requiera.

2.25.2 Requerimientos

Para implementación de este sistema se tienen que considerar algunos puntos tales como:

1. Total de medidores en una sola concentración.
2. Si se cuenta o no con un nodo de red disponible.
3. Si se cuenta con medidor de energía ya instalado.
4. Si ya se cuenta con un colector de medidores instalado.
5. Espacio disponible para la instalación de antenas de comunicación
6. Ubicación de la concentración de medidores
7. Características arquitectónicas del inmueble como su altura.

Lo anterior se realiza para poder atender los siguientes puntos:

2.25.3 Hardware Para Medición (Medidores).

En este punto se describen los equipos de medición que se implementarán en el proyecto, mismos que se diseñan con base en las especificaciones vigente CFE G0100-05.

2.25.4 Software Para La Adquisición De Datos (Licencias).

Este punto es importante para la aceptación del proyecto ante la empresa distribuidora, derivado de que los sistemas de adquisición de datos propios de la misma requieren licencias por dispositivo para poder registrar los medidores en su sistema base.

2.25.5 Hardware Para Las Comunicaciones.

En este punto se describen los equipos de comunicación que se implementarán en el proyecto, mismos que se diseñan con base a la localización actual del desarrollo del inmueble y el punto de acceso de la empresa distribuidora.

2.25.6 Canales De Comunicación Con La Empresa Distribuidora.

En este punto se describe el tipo de canal de comunicación que permitirá que el sistema de adquisición de datos realice la lectura de los datos desde el servidor que se ubica en el interior de la empresa distribuidora hasta los medidores.

Capítulo 3

Diseño Eléctrico Del Inmueble

3.1 Ubicación y Áreas

El conjunto habitacional consta de dos edificios de gran altura destinados a unidades habitacionales de los cuales cada uno contiene lo siguiente (ver *Anexo 3. Planos Arquitectónicos*):

Edificio A

- 117 departamentos en 14 niveles
- Nivel de planta baja
- Terrazas
- Roof Garden

Edificio B

- 128 departamentos en 14 niveles
- 3 sótanos
- Nivel de planta baja
- Terrazas
- Roof Garden

En el *Anexo 3 Planos Arquitectónicos* se pueden consultar las concentraciones de áreas de departamentos por cada torre.

A continuación, se muestran las respectivas áreas de cada zona realizando un promedio general para cada departamento y otras zonas. Ver (*Tabla 3.1, Tabla 3.2*)

Tabla 3.1 Áreas por zona de departamentos de Real de Minas torre A en promedio.

Ubicación	Área [m2]
Departamento	115.5
Terraza	9.054553571
Roof Garden	116
Patio	2.3

Tabla 3.2 Áreas por zona de departamentos de Real de Minas torre B en promedio.

Ubicación	Área [m2]
Departamento	117.34
Terraza	8.258125
Roof Garden	117
Patio 1	42.65
Patio 2	2.5

3.2 Determinación de las Cargas del Inmueble

3.2.1 Departamentos

De acuerdo a las tablas 3.1 y 3.2, el área promedio por departamento es de 116 m² para ambas torres, sin embargo, el área útil del departamento se reduce a 100 m² que es el área utilizada para realizar el cálculo de carga por departamento. Con base en la NOM-001-SEDE-2012 tabla 220-12 la carga unitaria para esta superficie es de 33 voltamperes/m² para iluminación y contactos de uso general. En la siguiente ecuación se muestra

$$Carga_{Iluminacion\ y\ Contactos} = 33\ VA/m^2 * 100\ m^2 = 3300\ VA \quad (3-1)$$

Dentro de la carga por departamento se tienen contemplados la alimentación de aparatos pequeños como electrodomésticos y equipo de lavado por lo que la carga para el circuito de aparatos pequeños sería la siguiente haciendo uso de dos alimentadores.

$$Carga_{Aparatos\ Pequeños} = 1500\ VA * 2 = 3000\ VA \quad (3-2)$$

De igual forma para la carga del circuito de lavadora teniendo uno por departamento.

$$Carga_{Lavadora} = 1500\ VA * 1 = 1500\ VA \quad (3-3)$$

A continuación, se muestra la carga instalada por departamento con base a los valores obtenidos anteriormente.

$$CI_{depto.} = Carga_{Iluminacion\ y\ Contactos} + Carga_{Aparatos\ Pequeños} + Carga_{Lavadora} \quad (3-4)$$

$$CI_{depto.} = 3300\ VA + 3000\ VA + 1500\ VA = 7800\ VA \quad (3-5)$$

$$CI_{depto.} = 7.8\ kVA \quad (3-6)$$

Con base al artículo 220-52 a) y b) y la obtención de la fórmula en el capítulo II para el cálculo de la carga demandada por departamento se tiene lo siguiente.

$$Carga\ Demanda = (3000\ VA * 1) + [(7800\ VA - 3000\ VA) * 0.35] \quad (3-7)$$

$$Carga\ Demandada = 4680\ VA = 4.68\ kVA \quad (3-8)$$

Teniendo los resultados para la carga instalada y demandada se realiza una tabla (ver tabla 3.3 y 3.4) con la relación de los departamentos totales de ambas torres obteniendo así la carga total instalada y demanda por parte de los usuarios de acuerdo a la NOM-001-SEDE-2012.

Tabla 3.3 Cuadro de cargas de usuarios torre A.

Departamento	Carga instalada (kVA's)	Carga demandada (kVA's)	Factor de demanda
1	7.8	4.6	59%
2	7.8	4.6	59%
3	7.8	4.6	59%
4	7.8	4.6	59%
5	7.8	4.6	59%
114	7.8	4.6	59%
115	7.8	4.6	59%
116	7.8	4.6	59%
117	7.8	4.6	59%
Sub total	912.6	538.2	

Tabla 3.4 Cuadro de cargas de usuarios torre B.

Departamento	Carga instalada (kVA's)	Carga demandada (kVA's)	Factor de demanda
118	7.8	4.6	59%
119	7.8	4.6	59%
120	7.8	4.6	59%
121	7.8	4.6	59%
122	7.8	4.6	59%
242	7.8	4.6	59%
243	7.8	4.6	59%
244	7.8	4.6	59%
245	7.8	4.6	59%
Sub total	998.4	588.8	

Cabe mencionar que en las tablas anteriores solo se muestra algunos valores para reducir las tablas con valores repetitivos puesto que todos los departamentos contaban con la misma carga.

Antes de proseguir a un resumen de carga demanda por torre se toma en cuenta otro factor muy importante para la carga total y es el factor de simultaneidad o coincidencia que se aplica a la suma de las demandas individuales o por departamento. Al tratarse de unidades de vivienda se utiliza un factor de 0.8 para obtener así la carga total demanda por torre (Ver ecuación 3-9 y 3-10).

$$Carga\ Demandada_{Torre\ A} = 538.2\ kVA * 0.8 = 430.56\ kVA \quad (3-9)$$

$$Carga\ Demandada_{Torre\ B} = 588.8\ kVA * 0.8 = 471.04\ kVA \quad (3-10)$$

3.2.2 Servicios Generales

Los servicios generales para el uso común son los siguientes:

- Estacionamiento

El área para estacionamiento hace uso del área de los tres sótanos.

- Elevadores

Como ya se tienen espacios destinados para ellos cada edificio tendrá la necesidad de 4 equipos por torre.

- Hidrosanitario

Este servicio se ve cubierto por un sistema de bombeo para el agua potable, filtrada, de demasías, de achique, para el agua sucia y aguas negras.

- Áreas de uso común

Dentro del diseño arquitectónico las áreas para uso común con la que cuentan ambos edificios son: área de vestíbulos, una sala de usos múltiples, ludoteca, gimnasio, un salón de fiestas y alberca.

- Equipo PCI

El sistema de protección contra incendios se encuentra instalados en ambas torres por lo tanto es parte de la carga de cada una.

Para los servicios generales para los edificios se tiene la siguiente tabla que muestra las cargas individuales ya distribuidas y sus respectivos factores de demanda que principalmente son para motores y también alumbrado y contactos para uso común de los usuarios en ciertas áreas. Se considera un factor de demanda del 60% para elevadores y un 100 para alumbrado.

Tabla 3.5 Carga para servicios generales en torre A.

Descripción	Carga instalada (kW)	Carga instalada (kVA's)	Factor de demanda	Carga demandada (kW)	Carga demandada (kVA's)
Elevador 1	15	16.7	60%	9	10
Elevador 2	15	16.7	60%	9	10
Elevador 3	15	16.7	60%	9	10
Elevador 4	15	16.7	60%	9	10
Tab. Vestíbulo 1	10	11.1	90%	9	10

Tab. Vestíbulo 2	10	11.1	90%	9	10
Tab. Ludoteca	10	11.1	90%	9	10
Tab. Usos múltiples	15	16.7	90%	13.5	15
Tab. Estacionamiento	15	16.7	90%	13.5	15
Eq. De bombeo agua potable	10	11.1	100%	10	11.1
Eq. De bombeo agua filtrada	10	11.1	100%	10	11.1
Eq. De bombeo agua demasías	3	3.3	100%	3	3.3
Eq. De bombeo achique	1.5	1.7	100%	1.5	1.7
Eq. De bombeo aguas sucias	3.5	3.9	100%	3.5	3.9
Eq. De bombeo aguas negras	7.5	8.3	100%	7.5	8.3
Eq. De bombeo PCI	30	33.3	100%	30.0	33.3
Sub total	185.5	206.11		155.5	172.78

Tabla 3.6 Carga para servicios generales en torre B.

Descripción	Carga instalada (kW)	Carga instalada (kVA's)	Factor de demanda	Carga demandada (kW)	Carga demandada (kVA's)
Elevador 5	15	16.7	60%	9	10
Elevador 6	15	16.7	60%	9	10
Elevador 7	15	16.7	60%	9	10
Elevador 8	15	16.7	60%	9	10
Tab. Vestíbulo 3	10	11.1	90%	9	10
Tab. Vestíbulo 4	10	11.1	90%	9	10
Tab. Gimnasio	15	16.7	90%	13.5	15
Tab. Salon de fiestas	10	11.1	90%	9	10
Tab. Alberca	15	16.7	90%	13.5	15
Eq. De bombeo agua potable	10	11.1	100%	10	11.1
Eq. De bombeo agua filtrada	10	11.1	100%	10	11.1
Eq. De bombeo agua demasías	3	3.3	100%	3	3.3
Eq. De bombeo achique	1.5	1.7	100%	1.5	1.7
Eq. De bombeo aguas sucias	3.5	3.9	100%	3.5	3.9
Eq. De bombeo aguas negras	7.5	8.3	100%	7.5	8.3
Eq. De bombeo PCI	30	33.3	100%	30	33.3
Sub total	185.5	206.11		155.5	172.78

Por normativa en la tabla de carga para servicios generales se considera el equipo PCI dentro para obtener la capacidad del transformador, pero de acuerdo al artículo 695 de la NOM-001-SEDE este se encuentra antes del tablero de desconexión de servicios generales y después de la alimentación por el transformador particular y la fuente de alimentación alternativa unidas por un tablero de transferencia.

A continuación, se muestra una tabla que resume el estado general de las cargas de todo el inmueble, así como también el resumen de cargas por torre (Ver tabla 3.7, 3.8 y 3.9).

Tabla 3.7 Carga de total por parte de usuarios.

	Carga instalada (kW)	Carga instalada (kVA's)	Factor de demanda	Carga demandada (kW)	Carga demandada (kVA's)
Torre A	821.34	912.6	47%	387.504	430.56
Torre B	898.56	998.4	47%	423.936	471.04
Subtotal	1719.9	1911		811.44	901.6

Tabla 3.8 Carga de total de servicios propios.

	Carga instalada (kW)	Carga instalada (kVA's)	Factor de demanda	Carga demandada (kW)	Carga demandada (kVA's)
Torre A	185.5	206.11	84%	155.5	172.78
Torre B	185.5	206.11	84%	155.5	172.78
Subtotal	371	412.22		311	345.56

Tabla 3.9 Carga de total del inmueble.

	Carga instalada (kW)	Carga instalada (kVA's)	Factor de demanda	Carga demandada (kW)	Carga demandada (kVA's)
Usuarios	1719.9	1911	47%	811.44	901.6
Servicios generales	371	412.22	84%	311	345
Total	2090.9	2323.22		1122.44	1246.6

La tabla 3.9 nos muestra el resumen general de la carga a contratar y es la que se muestra a CFE para su validación.

3.3 Selección De Transformador

Al seleccionar posibles opciones de transformador a utilizar en la selección final, el factor de utilización recomendado debe ser mayor a 0.6 y menor a 0.9 que se obtiene con la ecuación:

$$0.6 \leq F.U. \leq 0.9 \quad (3-11)$$

$$F.U. = \frac{kVA_{dem}}{kVA_{nom\ de\ TR}} \quad (3-12)$$

Primero se realiza la selección del transformador para alimentar la carga por parte de los usuarios en la que cabe mencionar que se tiene un transformador por cada torre. De acuerdo a los requerimientos que CFE nos pide para la instalación, los transformadores que cumplen los requisitos con base a la carga a alimentar son los regidos por las especificaciones CFE K0000-07 (Transformadores trifásicos tipo pedestal de 300 kVA y 500 kVA para distribución subterránea).

Como ya se mencionó bajo requerimientos de CFE se nos pide que los transformadores para usuarios se encuentren visibles al igual que la cometida para cualquier trabajo de mantenimiento que se requiera realizar.

Por cada torre se tiene una carga inferior a los 500 kVA por lo que el transformador único seleccionado es el de 500 kVA de tipo pedestal de acuerdo a las condiciones.

Los factores de utilización para los transformadores E1 y E2 en las torres A y B respectivamente se muestran a continuación (Ver ecuación 3-13 y 3-14).

$$F. U_{.E1} = \frac{430.56 \text{ kVA}}{500 \text{ kVA}} = 0.86 \quad (3-13)$$

$$F. U_{.E2} = \frac{471.04 \text{ kVA}}{500 \text{ kVA}} = 0.94 \quad (3-14)$$

Como se puede apreciar el transformador E1 se encuentra en el rango de utilización recomendable y aunque el transformador E2 tenga un factor de utilización del 94% este estará funcionando de manera correcta y sin problemas de sobrecarga.

El transformador para servicios propios puede ser escogido por el propio usuario por lo que para la instalación propuesta se escogen de acuerdo a la carga dos transformadores de 225 kVA con normativa ANCE J-285 para distribución subterránea.

$$F. U_{.E3} = \frac{172.78 \text{ kVA}}{225 \text{ kVA}} = 0.76 \quad (3-15)$$

$$F. U_{.E4} = \frac{172.78 \text{ kVA}}{225 \text{ kVA}} = 0.76 \quad (3-16)$$

En cuanto a los factores de utilización de los transformadores de servicios generales, ambos se encuentran dentro de los valores recomendados manteniendo un correcto funcionamiento.

Tabla 3.10 Resumen de los factores de utilización de los transformadores.

Transformador	Carga demandada [kVA]	Potencia nominal del transformador [kVA]	Factor de utilización
E1	430.56	500	0.86
E2	471.04	500	0.94
E3	172.78	225	0.76
E4	172.78	225	0.76

3.4 Planta De Emergencia

Para la selección de la planta de emergencia se toman en cuenta las cargas de suma importancia, de tal manera que puedan seguir funcionando durante alguna una interrupción de la alimentación principal. Se considera un factor de demanda del 60% para los elevadores y un 100% para iluminación en áreas comunes.

La forma de uso de la planta de emergencia será en modo standby pues esta suministrara energía en una situación de emergencia en la que como ya se mencionó exista una interrupción de la alimentación habitual por lo que también se tiene que tomar en cuenta el factor de degradación debido a la altura que esté operando (msnm), este factor es de 0.81 con el cual se obtiene la capacidad en kWe (kilo Watts standby), para así poder seleccionar el valor de potencia que sea el inmediato superior que ofrece el fabricante.

$$kWe = \frac{\text{Carga demandada en kW}}{0.81} \quad (3-17)$$

A continuación, se muestra una tabla con las cargas a alimentar por la planta de emergencia y los kWe resultantes de la ecuación 3-17.

Tabla 3.11 Selección de planta de emergencia

	Carga instalada (kW)	Carga instalada (kVA's)	Factor de demanda	Carga demandada (kW)	Carga demandada (kVA's)	kWe
Torre A	185.5	206.11	84%	155.5	172.78	191.98
Torre B	185.5	206.11	84%	155.5	172.78	191.98

Por lo tanto, la potencia para la selección de la planta de emergencia será de 191.98 kWe y de acuerdo al fabricante seleccionado la potencia superior que es seleccionada es de 200 kW para un buen funcionamiento.

3.5 Cálculo De Protecciones Y Conductores Del Alimentador Principal

3.5.1 Protecciones Del Transformador

Para la protección del transformador E1 y E2 del lado primario se toma en cuenta las siguientes formulas vistas en el capítulo 2.

La corriente del lado primario del transformador está dada por la siguiente formula:

$$I_{NP} = \frac{kVA}{\sqrt{3} * V_{LL}} \quad (3-18)$$

Donde:

I_{NP} = Corriente nominal del lado primario [A]

kVA = Capacidad nominal del transformador [kVA]

V_{LL} = Tensión de línea a línea del lado primario [kV]

Por lo tanto, tenemos que la corriente del lado primario es de:

$$I_{NP} = \frac{500 kVA}{\sqrt{3} * 23 kV} = 12.55 A \quad (3-19)$$

El transformador norma CFE K0000-07 a acuerdo con la norma especificación DCCSSUBT debe utilizar un fusible de rango completo.

Con base en la tabla 450-3 (a) de la NOM-001-SEDE-2012 en la sección de impedancia no mayor al 6% se toma para el ajuste en la protección del primario a más de 1000 Volts en un 300% por lo que se obtiene lo siguiente.

$$I_{FUS} \leq 3 I_{NP} \quad (3-20)$$

$$I_{FUS} \leq 3(12.55 A) \quad (3-21)$$

$$I_{FUS} \leq 37.65 A \quad (3-22)$$

Pero con base en experiencia en campo la selección de fusible puede estar dada por la siguiente formula:

$$I_{FUS} \approx 2 I_{NP} \quad (3-23)$$

Por lo tanto, tenemos que:

$$I_{FUS} \approx 2(12.55 A) \quad (3-24)$$

$$I_{FUS} \approx 25.1 A \quad (3-25)$$

Tomando como referencia el catálogo de fusibles del fabricante DRIWISA, se selecciona el fusible con valor comercial correspondiente a 25 Amperes.

Para la protección del transformador E1 y E2 del lado del secundario de acuerdo con la especificación DCCSSUBT dentro de las protecciones requeridas, se debe contar con un Interruptor en baja tensión, para proteger los transformadores contra sobrecargas y cortocircuitos en baja tensión. Para la selección del interruptor termomagnético se considera lo siguiente.

Cálculo de la corriente nominal del lado secundario del transformador:

$$I_{NS} = \frac{kVA}{\sqrt{3} * V_{LL}} \quad (3-26)$$

Donde:

I_{NS} = Corriente nominal del lado secundario [A]

kVA = Capacidad nominal del transformador [kVA]

V_{LL} = Tensión de línea a línea del lado primario [kV]

La corriente nominal del lado secundario es:

$$I_{NS} = \frac{500 kVA}{\sqrt{3} * 0.22 kV} = 1312.16 A \quad (3-27)$$

Con base en la tabla 450-3 (a) de la NOM-001-SEDE-2012 en la sección de impedancia no mayor al 6% se toma para el ajuste en la protección del secundario a menos de 1000 Volts en un 125% por lo que se obtiene lo siguiente:

$$I_{TM} \leq 1.25 I_{NS} \quad (3-28)$$

Donde:

I_{TM} : Corriente nominal del interruptor termomagnético [A]

Por la tanto, tenemos que:

$$I_{TM} \leq 1.25 (1312.16 A) = 1640.2 A \quad (3-29)$$

Para realizar la selección del interruptor termomagnético se plantea la siguiente expresión:

$$I_{NS} < I_{TM} \leq 1.25 I_{NS} \quad (3-30)$$

$$1312.16 A < I_{TM} \leq 1640.2 A \quad (3-31)$$

Por lo tanto, se selecciona el siguiente interruptor:

$$I_{TM} = 1500 A \quad (3-32)$$

Corto Circuito

Para realizar el cálculo de corto circuito se usará el método de “Bus infinito” puesto que este método nos proporciona el valor máximo de corriente de corto circuito trifásico que se da en el sistema el cual se utilizará para seleccionar la capacidad interruptiva de los dispositivos de protección.

La corriente nominal en el secundario es:

$$I_{NS} = \frac{500 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 0.22 \text{ kV}} = 1312.16 A \quad (3-33)$$

Teniendo este valor se procede a calcular la impedancia en por unidad con la siguiente formula:

$$Z_{pu} = \frac{\%Z_{TR}}{100} \quad (3-34)$$

Por lo tanto, tenemos que:

$$Z_{pu} = \frac{3.11\%}{100} = 0.0311 \text{ pu} \quad (3-35)$$

La corriente de corto circuito trifásica en pu está dada por:

$$I_{CC-3\phi pu} = \frac{E_{pu}}{Z_{pu}} \quad (3-36)$$

Donde:

$I_{CC-3\phi pu}$: Corriente de corto circuito trifásica en por unidad [pu]

$E_{p.u.}$: Tensión de referencia en por unidad [pu], se considera 1 pu para fallas trifásicas.

Z_{TR} : Impedancia del transformador en por unidad [pu]

Por lo tanto, tenemos que:

$$I_{CC-3\phi pu} = \frac{1 \text{ pu}}{0.0311 \text{ pu}} = 32.15 \text{ pu} \quad (3-37)$$

Para la conversión de la corriente de corto circuito trifásica en amperes se realiza lo siguiente:

$$I_{CC-3\phi} = I_{NS} * I_{CC-3\phi pu} = (1312.16 \text{ A})(32.15 \text{ pu}) = 42.18 \text{ kA} \quad (3-38)$$

Para la protección del transformador E3 y E4 del lado primario se toma en cuenta las siguientes formulas vistas en el capítulo 2.

La corriente del lado primario del transformador está dada por la siguiente formula:

$$I_{NP} = \frac{kVA}{\sqrt{3} * V_{LL}} \quad (3-39)$$

Donde:

I_{NP} = Corriente nominal del lado primario [A]

kVA = Capacidad nominal del transformador [kVA]

V_{LL} = Tensión de línea a línea del lado primario [kV]

Por lo tanto, tenemos que la corriente del lado primario es de:

$$I_{NP} = \frac{225 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 23 \text{ kV}} = 5.64 \text{ A} \quad (3-40)$$

El transformador norma J-285 estará protegido por un fusible limitador de corriente, por tanto, con base en la tabla 450-3 (a) de la NOM-001-SEDE-2012 en la sección de impedancia no mayor al 6%, se toma para el ajuste en la protección del primario a más de 1000 Volts un 300% obteniendo lo siguiente.

$$I_{FUS} \leq 3 I_{NP} \quad (3-41)$$

$$I_{FUS} \leq 3(5.64 \text{ A}) \quad (3-42)$$

$$I_{FUS} \leq 16.92 \text{ A} \quad (3-43)$$

Pero con base en experiencia en campo la selección de fusible puede estar dada por la siguiente formula:

$$I_{FUS} \approx 2 I_{NP} \quad (3-44)$$

Por lo tanto, tenemos que:

$$I_{FUS} \approx 2(5.64 \text{ A}) \quad (3-45)$$

$$I_{FUS} \approx 11.28 \text{ A} \quad (3-46)$$

Tomando como referencia el catálogo de fusibles del fabricante DRIWISA, se selecciona el fusible con valor comercial correspondiente a 10 Amperes.

Para la protección del transformador E1 y E2 del lado secundario de acuerdo con la especificación DCCSSUBT dentro de las protecciones requeridas, se debe contar con un Interruptor en baja tensión, para proteger los

transformadores contra sobrecargas y cortocircuitos en baja tensión. Para la selección del interruptor termomagnético se considera lo siguiente.

Cálculo de la corriente nominal del lado secundario del transformador:

$$I_{NS} = \frac{kVA}{\sqrt{3} * V_{LL}} \quad (3-47)$$

Donde:

I_{NS} = Corriente nominal del lado secundario [A]

kVA = Capacidad nominal del transformador [kVA]

V_{LL} = Tensión de línea a línea del lado primario [kV]

La corriente nominal del lado secundario es:

$$I_{NS} = \frac{225 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 0.22 \text{ kV}} = 590.47 \text{ A} \quad (3-48)$$

Con base en la tabla 450-3 (a) de la NOM-001-SEDE-2012 en la sección de impedancia no mayor al 6% se toma para el ajuste en la protección del secundario a menos de 1000 Volts en un 125% por lo que se obtiene lo siguiente:

$$I_{TM} \leq 1.25 I_{NS} \quad (3-49)$$

Donde:

I_{TM} : Corriente nominal del interruptor termomagnético [A]

Por la tanto, tenemos que:

$$I_{TM} \leq 1.25 (590.47) = 738.08 \text{ A} \quad (3-50)$$

Para realizar la selección del interruptor termomagnético se plantea la siguiente expresión:

$$I_{NS} < I_{TM} \leq 1.25 I_{NS} \quad (3-51)$$

$$590.47 \text{ A} < I_{TM} \leq 738.08 \text{ A} \quad (3-52)$$

Por lo tanto, se selecciona el siguiente interruptor:

$$I_{TM} = 600 A \quad (3-53)$$

Corto Circuito

Para realizar el cálculo de corto circuito se usará el método de “Bus infinito” puesto que este método nos proporciona el valor máximo de corriente de corto circuito trifásico que se da en el sistema el cual se utilizará para seleccionar la capacidad interruptiva de los dispositivos de protección.

La corriente nominal en el secundario es:

$$I_{NS} = \frac{225 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 0.22 \text{ kV}} = 590.47 A \quad (3-54)$$

Teniendo este valor se procede a calcular la impedancia en por unidad con la siguiente formula:

$$Z_{pu} = \frac{\%Z_{TR}}{100} \quad (3-55)$$

Por lo tanto, tenemos que:

$$Z_{pu} = \frac{3.11\%}{100} = 0.0311 pu \quad (3-56)$$

La corriente de corto circuito trifásica en pu está dada por:

$$I_{CC-3\phi pu} = \frac{E_{pu}}{Z_{pu}} \quad (3-57)$$

Donde:

$I_{CC-3\phi pu}$: Corriente de corto circuito trifásica en por unidad [pu]

$E_{p.u.}$: Tensión de referencia en por unidad [pu], se considera 1 pu para fallas trifásicas.

Z_{TR} : Impedancia del transformador en por unidad [pu]

Por lo tanto, tenemos que:

$$I_{CC-3\phi pu} = \frac{1 pu}{0.03 pu} = 32.15 pu \quad (3-58)$$

Para la conversión de la corriente de corto circuito trifásica en amperes se realiza lo siguiente:

$$I_{CC-3\phi} = I_{NS} * I_{CC-3\phi pu} = (590.47 A)(32.15 pu) = 18.98 kA \quad (3-59)$$

Tabla 3.12 Protecciones de los transformadores.

Protección del transformador		Tipo	Valor nominal comercial [A]
E1	Primario	Fusible limitador de corriente de rango completo	25
	Secundario	Termomagnético	1500
E2	Primario	Fusible limitador de corriente de rango completo	25
	Secundario	Termomagnético	1500
E3	Primario	Fusible limitador de corriente	10
	Secundario	Termomagnético	600
E4	Primario	Fusible limitador de corriente	10
	Secundario	Termomagnético	600

Protección Contra Sobretensión

Para la protección por sobretensión se usarán apartarrayos de óxido de zinc tipo transición (riser pole). Por lo tanto, de acuerdo a la ecuación para la selección de tensión máxima de operación continua (MCOV) tenemos que:

$$MCOV = \frac{23 kV}{\sqrt{3}} (1.06) = 14.076 kV \quad (3-60)$$

Ahora considerando un factor de puesta a tierra de 1.4 tenemos que:

$$Tension nominal = 14.076 kV (1.4) = 19.7 kV \quad (3-61)$$

Con el resultado de la ecuación anterior se tiene una tensión nominal de 19.7 kV por lo que el apartarrayos a seleccionar de acuerdo a la tabla deberá ser clase 21 kV. Los valores de tensión antes calculados aplican para todas las terminales abiertas del anillo subterráneo.

Y como se menciona en el capítulo 2 para poder mantener un margen de mínimo 20% se reduce al mínimo la longitud de las guías de conexión y la instalación de los apartarrayos se realiza en los puntos abiertos.

3.5.2 Cálculo De Conductores

Transformadores E1 Y E2 Lado Primario

Para el lado primario de acuerdo a especificaciones de la norma DCCSSUBT de CFE en el apartado 2.2.2 A) A.10 de dicha especificación no indica que la sección transversal del cable debe ser como mínimo de 53.5 mm² lo que corresponde a un calibre 1/0 AWG por lo tanto bajo esas especificaciones de selecciona el siguiente conductor:

Cable de media tensión a 25 kV de Aluminio tipo XLP (Polietileno de cadena cruzada) con un nivel de aislamiento al 100%, pantalla de alambre con cubierta de PVC para uso en seco.

De igual forma esta selección se utiliza para los dos transformadores.

Transformadores E1 Y E2 Lado Secundario

En este apartado para el diseño del alimentador principal tomamos en cuenta corriente que nuestro transformador nos brinda. Tanto el transformador E1 y E2 nos entrega una corriente de 1312 A para la cual se tiene que calcular un conductor capaz de soportar esa corriente.

Para la selección de conductores del lado secundario de los transformadores para usuarios se realiza el cálculo de la ampacidad con base al artículo 310-15(b). Como ya se mencionó el cálculo se puede hacer tomando en cuenta la corriente del circuito o la corriente nominal de interruptor termomagnético y en este caso se usará la corriente del circuito por lo tanto tenemos que:

$$I_{Tabla} = \frac{1312.16 A}{(F.T.)(F.A.)} \quad (3-62)$$

Por tratarse de una corriente mayor a 100 Amperes se utiliza una temperatura de conductor de 75°C. Utilizando la Tabla 310-15(b)(2)(a) y ubicándonos en el rango de 21-25°C para la CDMX tenemos un F.T. de 1.05.

El factor de ajuste que se maneja es de 0.8 por tratarse de más de 3 conductores portadores de corriente y por tanto tenemos que:

$$I_{Tabla} = \frac{1312.16 A}{(F.T.)(F.A.)} = \frac{1312.16 A}{1.05 * 0.8} = 1562.09 A \quad (3-63)$$

Como la corriente obtenida es muy grande se procede a dividir el circuito en 5 conductores por lo tanto tenemos que:

$$I_{Circuito} = \frac{1562.09 A}{5} = 312.41 A \quad (3-64)$$

$$I_{Tabla} = 312.41 A \quad (3-65)$$

Buscando el calibre del conductor en la tabla 310-15(b)(16) con base en la corriente obtenida, columna de 75°C, se tiene que el tamaño del conductor de 203 mm² (400 kcmil) resiste hasta 335 Amperes por lo tanto, la selección es:

5 conductores por fase de 203 mm² (400 kcmil) THHW-LS a 75°C, 600 V.

La Tabla 250-122 nos indica el tamaño mínimo del conductor de puesta a tierra, de acuerdo con el valor nominal del interruptor termomagnético (1500 Amperes). Por lo tanto, tomando en cuenta la capacidad superior por ajuste (1600 Amperes) de la tabla tenemos que:

Tamaño del conductor de puesta a tierra es de 107 mm² (4/0 AWG) cobre desnudo.

Validación Por Caída De Tensión

Tabla 3.13 Longitudes del conductor de lado primario o secundario del transformador E1 y E2.

	Transformador	Longitud del circuito [m]	Corriente nominal [A]
E1	Primario	10	12.55
	Secundario	55	312.41
E2	Primario	10	12.55
	Secundario	55	312.41

Lado primario:

Dado que la caída en el lado primario es muy pequeña el conductor recomendado por CFE es el adecuado.

Lado secundario:

Al utilizar la tabla 9 de la NOM-001-SEDE-2012 utilizando el conductor seleccionado de tamaño 203 mm² (400 kcmil) se tienen los siguientes valores de resistencia y reactancia:

$$R_L = \frac{0.115 \left(\frac{\Omega}{km} \right)}{1000 m} * 55 m = 0.00632 \Omega \quad (3-66)$$

$$X_L = \frac{0.161 \left(\frac{\Omega}{km} \right)}{1000 m} * 55 m = 0.00885 \Omega \quad (3-67)$$

$$e = 312.41 [(0.00632 \Omega * 0.9) + (0.00885 \Omega * \text{sen}(25.84))] = 2.98 V \quad (3-68)$$

$$\%e = \frac{2.98 V}{127 V} * 100 = 2.3\% \quad (3-69)$$

La caída de tensión supera por poco el 2% por lo tanto el conductor seleccionado de área 203 mm² (400 kcmil) se puede utilizar o en su caso utilizar el inmediato superior.

Transformadores E3 Y E4 Lado Primario

Para el lado primario de acuerdo a especificaciones de la norma DCCSSUBT de CFE en el apartado 2.2.2 A) A.10 de dicha especificación no indica que la sección transversal del cable debe ser como mínimo de 53.5 mm² lo que corresponde a un calibre 1/0 AWG por lo tanto bajo esas especificaciones de selecciona el siguiente conductor:

Cable de media tensión a 25 kV de Aluminio tipo XLP (Polietileno de cadena cruzada) con un nivel de aislamiento al 100%, pantalla de alambre con cubierta de PVC para uso en seco.

De igual forma esta selección se utiliza para los dos transformadores.

Transformadores E3 Y E4 Lado Secundario

Para la selección de conductores del lado secundario de los transformadores para usuarios se realiza el cálculo de la ampacidad con base al artículo 310-15(b). Como ya se mencionó el cálculo se puede hacer tomando en cuenta la corriente del circuito o la corriente nominal de interruptor termomagnético y en este caso se usará la corriente del circuito por lo tanto tenemos que:

$$I_{Tabla} = \frac{590.47 A}{(F.T.)(F.A.)} \quad (3-70)$$

Por tratarse de una corriente mayor a 100 Amperes se utiliza una temperatura de conductor de 75°C. Utilizando la Tabla 310-15(b)(2)(a) y ubicándonos en el rango de 31-35°C para la CDMX tenemos un F.T. de 0.94.

El factor de ajuste que se maneja es de 1 por tratarse de 3 conductores portadores de corriente y por tanto tenemos que:

$$I_{Tabla} = \frac{590.47 A}{0.94 * 1} = 628.15 A \quad (3-71)$$

Como la corriente obtenida es muy grande se procede a dividir el circuito en 3 conductores por lo tanto tenemos que:

$$I_{Circuito} = \frac{628.15 A}{3} = 209.38 A \quad (3-72)$$

Por tratarse de una corriente mayor a 100 Amperes se utiliza una temperatura de conductor de 75°C. Utilizando la Tabla 310-15(b)(2)(a) y ubicándonos en el rango de 31-35°C para la CDMX tenemos un F.T. de 0.94.

El factor de ajuste que se maneja es de 0.8 por tratarse de más 3 conductores portadores de corriente y por tanto tenemos que:

$$I_{Tabla} = \frac{209.38 A}{0.94 * 0.8} = 278.43 A \quad (3-73)$$

Buscando el calibre del conductor en la tabla 310-15(b)(16) con base en la corriente obtenida, columna de 75°C, se tiene que el tamaño del conductor de 152 mm² (300 kcmil) resiste hasta 285 Amperes por lo tanto se tiene la siguiente selección

3 conductores por fase de 152 mm² (300 kcmil) THHW-LS a 75°C, 600 V.

La Tabla 250-122 nos indica el tamaño mínimo del conductor de puesta a tierra, de acuerdo con el valor nominal del interruptor termomagnético (600 Amperes). Por lo tanto, tomando en cuenta la capacidad superior por ajuste (800 Amperes) de la tabla tenemos que:

Tamaño del conductor de puesta a tierra es de 53.5 mm² (1/0 AWG) cobre desnudo.

Validación Por Caída De Tensión

Tabla 3.14 Longitudes del conductor de lado primario o secundario del transformador E3 y E4.

	Transformador	Longitud del circuito [m]	Corriente nominal [A]
E3	Primario	75	5.64
	Secundario	10	278.43
E4	Primario	50	5.64
	Secundario	10	278.43

Lado primario:

Dado que la caída en el lado primario es muy pequeña el conductor recomendado por CFE es el adecuado.

Lado secundario:

Utilizando la tabla 9 de la NOM-001-SEDE-2012 se tiene los siguientes valores de resistencia y reactancia:

$$R_L = \frac{0.236 \left(\frac{\Omega}{km} \right)}{1000 m} * 10 m = 0.00236 \Omega \quad (3-74)$$

$$X_L = \frac{0.167 \left(\frac{\Omega}{km} \right)}{1000 m} * 10 m = 0.00167 \Omega \quad (3-75)$$

$$e = 278.43 [(0.00236 \Omega * 0.9) + (0.00167 \Omega * \text{sen}(25.84))] = 0.79 V \quad (3-76)$$

$$\%e = \frac{2.35 V}{127 V} * 100 = 0.62\% \quad (3-77)$$

La caída de tensión no supera el 2% lo tanto el conductor el conductor seleccionado es el adecuado.

Tabla 3.15 Área de conductores seleccionados.

Conductor del transformador	Uso	Tamaño [AWG o kcmil]	Área [mm ²]	Tipo	Numero de circuitos	
E1	Primario	Fase	1/0	53.5	XLP	1
		Tierra	1/0	53.5	Cobre desnudo	1
	Secundario	Fase	400	203	THHW-LS	5
		Neutro	400	203	THHW-LS	5
		Tierra	4/0	107	Cobre desnudo	1
E2	Primario	Fase	1/0	53.5	XLP	1
		Tierra	1/0	53.5	Cobre desnudo	1
	Secundario	Fase	400	203	THHW-LS	5
		Neutro	400	203	THHW-LS	5
		Tierra	4/0	107	Cobre desnudo	1
E3	Primario	Fase	1/0	53.5	XLP	1
		Tierra	1/0	53.5	Cobre desnudo	1
	Secundario	Fase	300	152	THHW-LS	3
		Neutro	300	152	THHW-LS	3
		Tierra	1/0	53.5	Cobre desnudo	1
E4	Primario	Fase	1/0	53.5	XLP	1
		Tierra	1/0	53.5	Cobre desnudo	1
	Secundario	Fase	300	152	THHW-LS	3
		Neutro	300	152	THHW-LS	3
		Tierra	1/0	53.5	Cobre desnudo	1

3.6 Canalizaciones

Las dimensiones de las canalizaciones se obtendrán sumando los diámetros de los conductores que se muestran en la tabla, así como también se considerará el conductor de puesta a tierra según la metodología mostrada en capítulo 2.

$$\text{Ancho de charola}_{E1 \text{ secundario}} = (2.2 \text{ cm} * 4)(4 \text{ conduc.}) + 1.1 \text{ cm} \quad (3-78)$$

$$\text{Ancho de charola}_{E1 \text{ secundario}} = 36.3 \text{ cm}$$

Y de acuerdo al inciso 392-22(a)(3)(b) el diámetro total está dentro del 90% del ancho de la charola cortacables de 40 cm. Por este el conducto con mayor número de conductores se selecciona este tipo de charola para los demás conductos.

Tabla 3.16 Ancho de charolas seleccionadas.

Conductor del transformador	Uso	Tamaño [AWG o kcmil]	Diámetro del conductor [mm]	Tipo	Circuitos	Ancho de charola [cm]	
E1	Primario	Fase	1/0	8.24	XLP	1	40
		Tierra	1/0	8.24	Cobre desnudo	1	
	Secundario	Fase	750	22	THHW-LS	4	
		Neutro	750	22	THHW-LS	4	
E2	Primario	Tierra	4/0	11.6	Cobre desnudo	1	40
		Fase	1/0	8.24	XLP	1	
	Secundario	Fase	750	22	THHW-LS	4	
		Neutro	750	22	THHW-LS	4	
E3	Primario	Tierra	4/0	11.6	Cobre desnudo	1	40
		Fase	1/0	8.24	XLP	1	
	Secundario	Fase	300	14	THHW-LS	3	
		Neutro	300	14	THHW-LS	3	
E4	Primario	Tierra	1/0	8.2	Cobre desnudo	1	40
		Fase	1/0	8.24	XLP	1	
	Secundario	Fase	300	14	THHW-LS	3	
		Neutro	300	14	THHW-LS	3	
		Tierra	1/0	8.2	Cobre desnudo	1	

Se utilizó una charola de fondo sólido de 40 cm de ancho como la que se muestra en la figura 3.1.

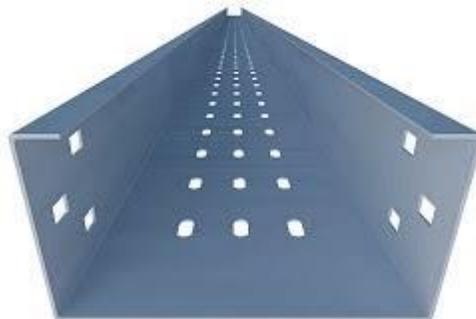


Figura 3.1 Charola de fondo sólido.

3.7 Cálculo De Circuitos Alimentadores.

Para el cálculo de alimentadores para usuarios se toma en cuenta la carga instalada obtenida con base al área de 100 m² por cada departamento. Se

realiza el cálculo por corriente y por caída de tensión. Cabe mencionar que se realizan tres casos como base, para planta baja, nivel 7 y nivel 14, los datos restantes se encierran concentrados en una tabla final con los departamentos totales por cada torre.

Como se pudo apreciar al calcular la demanda por departamento, la carga instalada ronda los 7.8 kVA por lo que CFE para nos pide considerar los siguientes tipos de facturación, más que nada para poder abastecer la carga instalada en la vivienda.

$$Si; kW_{demandados} \leq 3 kW \text{ requiere } 1 \text{ fase} \quad (3-79)$$

$$Si; 3 kW < kW_{demandados} \leq 10 kW \text{ requiere } 2 \text{ fases} \quad (3-80)$$

$$Si; kW_{demandados} > 10 kW \text{ requiere } 3 \text{ fases} \quad (3-81)$$

Y en vista que nuestra carga por departamento se en la ecuación, la alimentación para cara cada departamento será de tipo bifásica y con ellos podremos calcular los subalimentadores en el siguiente apartado.

3.7.1 Validación Corriente Nominal

Se toma como base la carga instalada calculada con base a la tabla 220-12 de la NOM-001-SEDE-2012: Instalaciones Eléctricas (utilización) para unidades de viviendas la cual nos indica un valor de carga unitaria de 33 VA/m².

Para alumbrado:

$$kVA_{alumbrado} = 33 VA/m^2 \quad (3-82)$$

$$kVA_{alumbrado} = [(33 VA/m^2)(100 m^2)]/1000 = 3.3 kVA \quad (3-83)$$

Para contactos:

Se tiene dos circuitos derivados para aparatos pequeños y unos para lavadora

$$kVA_{contactos} = \frac{[(1500 VA + 1500 VA) + 1500 VA]}{1000} = 4.5 kVA \quad (3-84)$$

Por lo tanto, tenemos que:

$$kVA_{alimentador} = [1.25(3.3 kVA)] + 4.5 kVA = 8.625 kVA \quad (3-85)$$

$$I_{alimentador} = \frac{8.625 kVA}{\sqrt{3} (0.127 kV)} = 39.2 A \quad (3-86)$$

De acuerdo artículo 240-4 b) se selecciona el dispositivo de protección contra sobrecorriente de valor estándar igual o superior a 39.2 Amperes. Por lo tanto, tenemos que:

$$I_{TM} = 2X40 A \quad (3-87)$$

Para el cálculo de conductor caber mencionar que se puede usar la corriente nominal de ITM. Dicho lo anterior se toma como F.T.=0.91 por tratarse de una corriente menor a 100 A según el artículo 110-14 1) a (1) se maneja una temperatura del conductor de 60°C y se ubica en el rango de 31-35 °C para CDMX. El factor de agrupamiento que se maneja es de 0.8 por tratarse de más de 3 conductores energizados.

$$I_{tabla} \geq \frac{I_{cto}}{FA * FT} = \frac{40 A}{0.8 * 0.91} = 54.94 A \quad (3-88)$$

Buscando el calibre del conductor en la tabla 310-15(b)(16), columna de 60°C, se tiene que el calibre 6 AWG resiste hasta 55 A por lo tanto es el conductor a elegir.

3.7.2 Validación Por Caída De Tensión

Como todas las cargas para los departamentos son iguales el método por corriente es el mismo para los tres casos así que se procede a realizar la comprobación por caída de tensión para los tres casos en específico en los cuales manejaremos las longitudes de 38, 69 y 90 metros para planta baja, nivel 7 y nivel 14 respectivamente.

Para este método se requieren de las ecuaciones ya mencionadas en el capítulo 2 y tomando en cuenta que el cálculo de los conductores puede realizarse con la corriente nominal de los interruptores termomagnéticos, los conductores deben calcularse para 30 A.

Para una carga de 7.8 kVA a 220 V y una longitud de 38 m se tiene una corriente de 54.94 A.

$$R_L = \frac{1.61(\frac{\Omega}{km})}{1000 m} * 38 m = 0.06118 \Omega \quad (3-89)$$

$$X_L = \frac{0.210(\frac{\Omega}{km})}{1000 m} * 38 m = 0.00798 \Omega \quad (3-90)$$

$$e = 54.94 A((0.06118 \Omega) * 0.9 + i(0.00798 \Omega) * 0.43) = 3.2 V \quad (3-91)$$

$$\%e = \frac{3.2 V}{127 V} * 100 = 2.5\% \quad (3-92)$$

Ya que no rebasa el 3% de caída de tensión el conductor seleccionado es el adecuado de 13.3 mm² (6 AWG), Cobre con aislamiento THW, 60°C.

Para una carga de 7.8 kVA a 220 V y una longitud de 69 m se tiene una corriente de 54.94 A.

$$R_L = \frac{1.61(\frac{\Omega}{km})}{1000 m} * 69 m = 0.111 \Omega \quad (3-93)$$

$$X_L = \frac{0.210(\frac{\Omega}{km})}{1000 m} * 69 m = 0.0144 \Omega \quad (3-94)$$

$$e = 54.94 A((0.111 \Omega) * 0.9 + i(0.0144 \Omega) * 0.43) = 5.82 V \quad (3-95)$$

$$\%e = \frac{5.82 V}{127 V} * 100 = 4.58\% \quad (3-96)$$

Se puede apreciar que se supera la caída de tensión permitida por norma, así que se procede a tomar el calibre inmediato superior al anteriormente seleccionado por lo tanto el conductor seleccionado es de 21.2 mm² (4 AWG), Cobre con aislamiento THW, 60°C.

A continuación, se hace la comprobación para respaldar la selección.

$$R_L = \frac{1.02 \left(\frac{\Omega}{km} \right)}{1000 m} * 69 m = 0.0703 \Omega \quad (3-97)$$

$$X_L = \frac{0.197 \left(\frac{\Omega}{km} \right)}{1000 m} * 69 m = 0.0135 \Omega \quad (3-98)$$

$$e = 54.94 A \left((0.0703 \Omega) * 0.9 + i(0.0135 \Omega) * 0.43 \right) = 3.79 V \quad (3-99)$$

$$\%e = \frac{3.79 V}{127 V} * 100 = 2.98\% \quad (3-100)$$

Para una carga de 7.8 kVA a 220 V y una longitud de 90 m se tiene una corriente de 54.94 A.

$$R_L = \frac{1.61 \left(\frac{\Omega}{km} \right)}{1000 m} * 90 m = 0.1449 \Omega \quad (3-101)$$

$$X_L = \frac{0.210 \left(\frac{\Omega}{km} \right)}{1000 m} * 90 m = 0.0189 \Omega \quad (3-102)$$

$$e = 54.94 A \left((0.1449 \Omega) * 0.9 + i(0.0189 \Omega) * 0.43 \right) = 7.61 V \quad (3-103)$$

$$\%e = \frac{7.61 V}{127 V} * 100 = 5.99\% \quad (3-104)$$

Se puede apreciar que se supera la caída de tensión permitida por norma, así que se procede a tomar el calibre inmediato superior al anteriormente seleccionado por lo tanto el conductor seleccionado es de 33.6 mm² (2 AWG), Cobre con aislamiento THW, 60°C.

A continuación, se hace la comprobación para respaldar la selección.

$$R_L = \frac{0.66 \left(\frac{\Omega}{km}\right)}{1000 m} * 90 m = 0.0594 \Omega \quad (3-105)$$

$$X_L = \frac{0.187 \left(\frac{\Omega}{km}\right)}{1000 m} * 90 m = 0.0168 \Omega \quad (3-106)$$

$$e = 54.94 A \left((0.0594 \Omega) * 0.9 + i(0.0168 \Omega) * 0.43 \right) = 3.33 V \quad (3-107)$$

$$\%e = \frac{3.33 V}{127 V} * 100 = 2.62 \% \quad (3-108)$$

Tabla 3.17 Resumen de circuitos derivados por torre.

Departamento en nivel	Carga alimentada [kVA]	Tensión [V]	Fases	Corriente [A]	Longitud [m]	Calibre del conductor	Tipo de conductor	ITM
1	7.8	220	2	39.2	38	6 AWG	Cu	2x40 A
7	7.8	220	2	39.2	69	4 AWG	Cu	2x40 A
14	7.8	220	2	39.2	90	2 AWG	Cu	2x40 A

3.8 Diseño De La Red De Distribución

3.8.1 Acometida

La acometida en media tensión se lleva a cabo como lo especifica la norma DCCSSUBT de CFE, con un sistema radial simple realizando la menor trayectoria hasta el equipo de derivación sin cruzar propiedades de terceros.

La transición de aéreo-subterránea (Ver Anexo 4. Planos eléctricos) se lleva a cabo con cuchillas en operación con pértiga. Dicha transición llega a un registro para media tensión en arroyo tipo 3 (ver figura 3.2) para conectarse mediante un banco de ductos de PAD de 3" para media tensión bajo arroyo (ver figura 3.3) a un registro para media tensión en banqueta tipo 3 (ver figura 3.4) misma que ya se encuentra instalada por lo que solo se realiza la conexión.

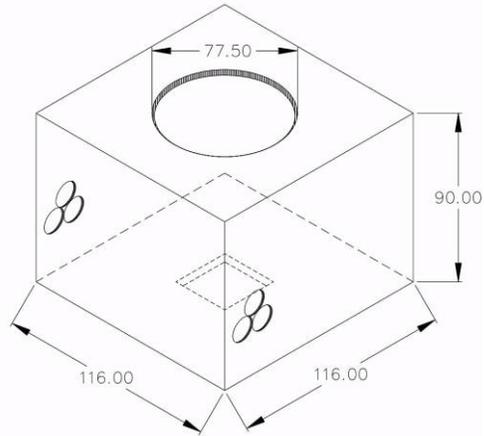


Figura 3.2 Registro para media tensión en arroyo tipo 3 (RMTA-3).

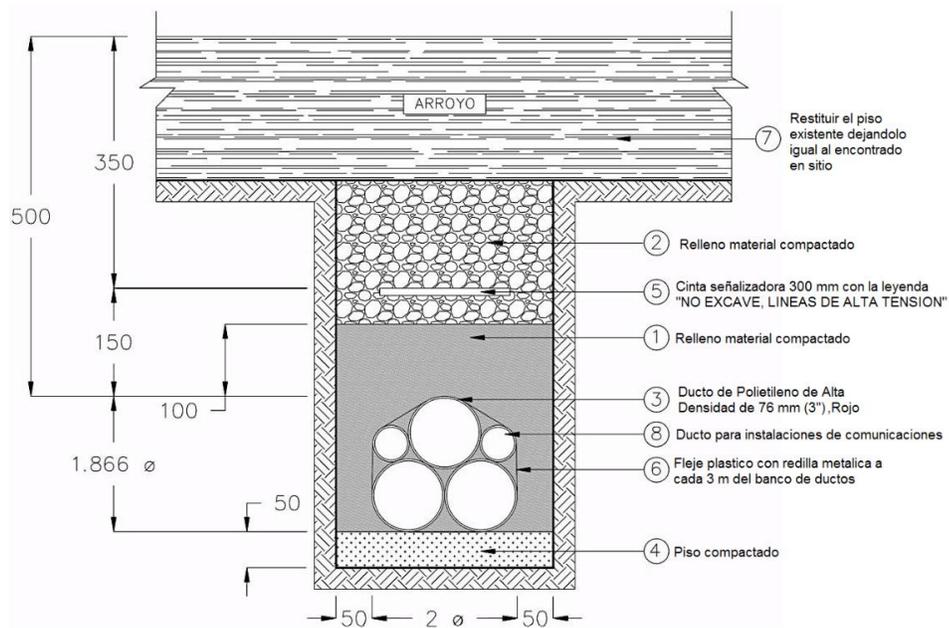


Figura 3.3 Banco de ductos de PAD para media tensión bajo arroyo (P3A-PAD).

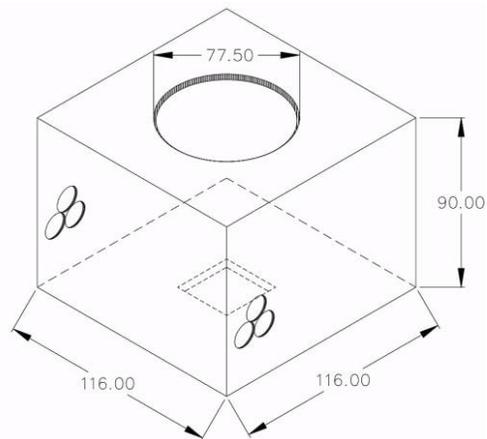


Figura 3.4 Registro para media tensión en banquetta tipo 3 (RMTB-3).

3.8.2 Sistema De Distribución De 200 A

El sistema de distribución de 200 A deriva de un circuito troncal de media tensión de 600 A y cuenta con un arreglo en anillo de dos transformadores de 500 kVA operación en anillo y un arreglo radial de dos transformadores particulares de 225 kVA uno en operación en anillo y otro radial, todo de acuerdo a la carga total a alimentar presentada en la sección de carga total de inmueble.

Los circuitos aéreos que alimentan el proyecto subterráneo, son de 3F-4H a igual que los alimentadores por tratarse de una instalación de tipo residencial

3.8.3 Subestación Principal

Del registro RMTB-3 hacia adelante se pasa a la subestación principal la cual, por la carga que maneja la instalación, esta necesita un medio de seccionamiento por lo que se llaga a un seccionador como modo de protección para el equipo en media tensión y se continua con un derivador en media tensión de 5 vías con gabinete por condiciones favorables de espacio. La subestación principal por está constituida por:

- Seccionador tipo pedestal en SF6 de 4 vías 2-200A/2-600^a.
- Derivador en media tensión de 5 vías 200 Amperes.
- Medición pedestal norma CFE DCMMT502 para áreas comunes.
- Transformador de 500 kVA norma CFE K0000-07.

El equipo antes mencionado debe instalarse al límite del predio para cualquier operación por parte de CFE.

3.8.4 Seccionador Tipo Pedestal En SF6 De 4 Vías 2-200A/2-600A

Como ya se mencionó en el capítulo 2, el seccionador es un equipo de seccionamiento que funciona también como protección cuya función principal es la de abrir o cerrar un circuito en media tensión que dicho proceso de puede dar en condiciones normales o en caso de alguna falla. El seccionador tipo pedestal a acuerdo a las especificaciones de la norma VM000-51 por sus características de diseño se instala sobre el nivel de la propiedad en una base de plataforma hecho con la cimentación adecuada al peso del equipo.

El seccionador tipo pedestal trifásico es a un frente lo cual quiere decir que las boquillas para conexión al anillo principal y para la derivación a la carga se encuentran a vista en un mismo frente, esto por las condiciones del predio y la necesidad de tener solo un frente.

La operación del seccionador es de tipo manual a una tensión máxima de 27 kV con cuatro vías, dos en operación a 600 A para el anillo principal y dos vías en operación a 200 A para la derivación a la carga. La protección eléctrica para vías de 600 está dada por cuchilla mientras que las de 200 A esta dada por medios electrónicos.

Cabe mención que por petición de CFE se pide que nuestro seccionador a utilizar sea en gas SF6. El medio de extinción del arco por corriente de carga al igual que por corto circuito es mediante gas SF6.

El seccionador seleccionador que cumple con las especificaciones de norma CFE VM000-51 es de la marca Schneider modelo RM6-DIDI. A continuación, en la figura 3.5 se muestra el seccionador mencionado.

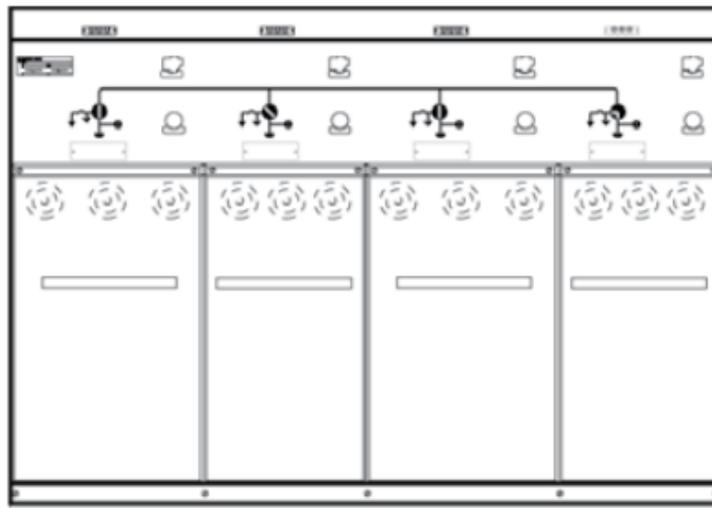


Figura 3.5 Seccionador RM6 de Schneider.



Figura 3.6 Gabinete de protección para el seccionador.

3.8.5 Derivador En Media Tensión De 5 Vías 200 Amperes

Considerando un futuro crecimiento del inmueble y el uso de un equipo particular para llevar a cabo la obra se optó por el uso y construcción de un murete para un derivador en media tensión de 5 vías a 200 A con boquillas tipo inserto para operación con carga, aislado para 25 kV. El diagrama del murete se puede consultar en los planos de diseño para CFE en el anexo 4.

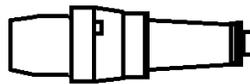


Figura 3.7 Derivador 5 vías en media tensión y boquilla tipo inserto OCC.

3.8.6 Medición En Media Tensión De Tipo Pedestal Norma CFE DCMMT502.

Con base en la especificación CFE DCMMT500 medición para acometida con equipo combinado, y la necesidad de una medición en red subterránea para los medidores particulares, bajo la especificación CFE DCMMT502 se diseñó el siguiente diagrama de instalación y construcción.

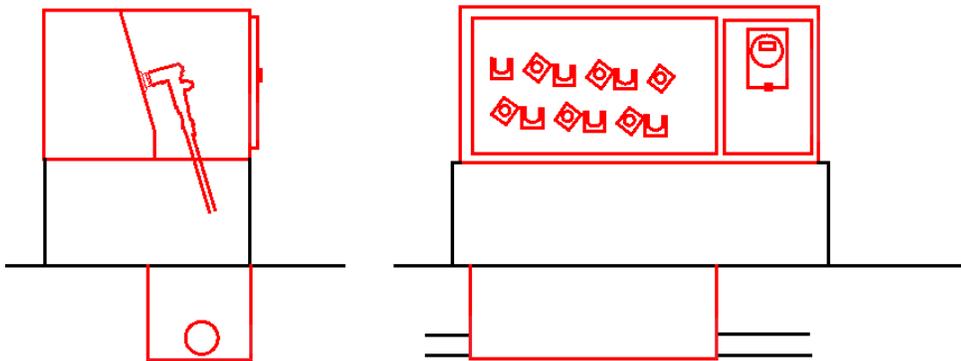


Figura 3.8 Medición pedestal norma CFE DCMMT502.

En la figura 3.8 se puede apreciar que se tiene un registro el cual se conecta mediante una charola de fondo sólido para el traslado de los conductores (Ver Anexo 4). Esta medición como se dijo es para carga de uso común de cada edificio por lo tanto después de la medición se tiene un arreglo de tipo radial para la ubicación los dos transformadores en cada edificio lo cuales se encuentran bajo sótano junto con la concentración de medidores de baja tensión de los usuarios.

Para lograr la configuración radial se utilizan dos transformadores el primero de operación en anillo para poder conectar al segundo en operación radial. Ambos transformadores como lo indica la especificación CFE DCCSSUBT se hace el uso de transformadores particulares norma NMX-J285.

Transformador trifásico de 225 kVA, 23000-480/277 V, operación en anillo, norma NMX-J285.

Transformador trifásico de 225 kVA, 23000-480/277 V, operación radial, norma NMX-J285.

3.9 Medición

Se maneja un total de 245 departamentos para uso de los usuarios el cual cada uno demanda una carga de 4.14 kW y para llevar a cabo la medición, CFE nos pide considerar lo visto en el apartado 3.7 para identificar si el tipo de medición es monofásica, bifásica o trifásica.

Habiendo considerado lo anterior como ya se sabe, requerimos de una medición a 2 fases para contratar, pero como es un edificio de condominio se requiere de una concentración de medidores la cual, para su elaboración, se consulta la especificación CFE DCMBT400. De acuerdo a la carga total demanda por edificio y de acuerdo a esta especificación, supera los 30 kW por lo que se realiza una concentración de acuerdo a la especificación CDMBT 404.

El diseño se realizó cumpliendo las especificaciones, pero adecuándonos al tipo de inmueble pues dichas concentraciones se requieren ubicar bajo los sótanos 1 y 1^{1/2} de ambas torres que juntas comparten para el estacionamiento.

Como es requerimiento de CFE la acometida no se debe encontrar a más de 35 metros del poste más cercano y el medidor o concentración de medidores debe estar a la vista o de manera accesible para que se realicen las operaciones necesarias para el o los trabajadores de CFE y para su caso se realice el chequeo bimestral para las facturaciones correspondientes. Por las cuestiones anteriores es que en edificios de departamentos los medidores se colocan sobre banqueta o en su caso dentro del inmueble como en los estacionamientos donde igual se le facilite el acceso.

Dado que ya se estableció un lugar adecuado para los medidores, en el inmueble no es posible cumplir con los requerimientos de accesibilidad por las siguientes razones:

Por estética y espacio del inmueble no se puede tener una concentración tal de medidores al frente, pues esto no resulta atractivo y por ello requieren de una ubicación distinta más discreta. Como se puede apreciar en el render de la fachada principal se cuenta con espacio muy reducido para dicha aplicación.

La creación de unidades de viviendas cerrados en este país va en aumento y el presente inmueble no es una excepción ya que se recurre a este tipo de diseño por la inseguridad pública. Mencionado lo anterior esta unidad de departamentos ofrece seguridad y confiabilidad al usuario.

Las caídas de tensión por las grandes distancias hasta los departamentos son el principal motivo por el cual es necesario ubicar los medidores en el sótano de cada edificio puesto que de lo contrario al tener una sola concentración al pie del predio se tendría que recorrer aproximadamente las siguientes distancias.

Tabla 3.18 Distancias de posible concentración a nivel de departamentos de cada torre.

Torre	Nivel de departamentos	Distancia (m)
A	Planta baja	90
	7	130
	14	150
B	Sótano 3	80
	7	100
	14	130

Como se puede apreciar en la tabla 3.18 las distancias son muy grandes y no resulta nada viable realizar un diseño con esas características por lo siguiente:

- Mayor calibre en conductores para compensar la caída de tensión.
- Una estructura muy robusta para la canalización de los conductores.
- Inconsistencias en la medición.
- Alteración de la estética del inmueble.

El calibre ya calculado de una concentración en el sótano a departamentos va de 6 a 2 AWG y suponiendo el uso de esta alternativa el calibre tendría que ser de 4 a 1/0 AWG lo cual ya nos presenta un problema para poder llevar los conductores hasta cada departamento pues como ya se mencionó se necesitaría una canalización especial para estos y es aquí que entraría el otro inconveniente que es el de la arquitectura del inmueble el cual no nos permitiría hacer los cambios necesarios.

De ninguna manera este diseño sería viable tanto para el usuario como para la compañía suministradora por lo que es necesario tener otra alternativa. Y ya que tampoco es aceptable por CFE el tener tal concentración tan alejada y poco accesible se procede a hacer uso del sistema de infraestructura avanzada de medición por sus siglas AMI bajo especificación CFE G0100-05 la cual como ya se mencionó en el Capítulo 1 este tipo de aplicación a medición permite principalmente a la compañía suministradora realizar lecturas de forma remota sin necesidad de que un supervisor tenga que irrumpir en la propiedad.

Con la aplicación de este sistema a este proyecto se tienen los siguientes beneficios:

- Mejorar la calidad en cuanto a facturación a través de un suministro de energía con un sistema de medición teledorado.
- Mejorar la plusvalía del inmueble al contar con la tecnología para mejora del suministro de energía.
- Realizar la conexión y desconexión de forma remota.
- Monitoreo de la tensión para evitar que esta se salga del rango establecido para un buen servicio a los clientes.

Para el desarrollo de este sistema se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

2. El total de medidores se considera en una sola concentración por torre.
3. En la actual propuesta de medidores no se cuenta con un nodo de red disponible.
4. No se cuenta con ningún medidor de energía instalado
5. No se cuenta con ningún colector de medidores instalado
6. En cuanto a la ubicación de la antena de enlace de punto a punto esta se deberá ubicar en la azotea en el nivel 14.
7. Se considera una charola para el tendido de los alimentadores y del cableado de red que va desde el sótano 1 hasta el último piso antes de la azotea.
8. La concentración de medidores se ubica en el sótano 1 de cada torre.
9. Cada torre cuenta con un total de 14 niveles con 3.5 metro de altura en promedio para cada uno.

3.9.1 Equipo Para La Medición

En este apartado como ya se mencionó en el capítulo 2 se describen los equipos de medición a utilizar cumpliendo con las especificaciones requeridas por CFE.

MEDIDOR RESIDENCIAL MARCA ELSTER SOLUTIONS, LLC. MODELO REX2, FORMA 12S, TIPO SOCKET, (2F-3H-2E), 120 – 208 V, 15(100) AMP, 60 HZ, CLASE DE PRECISIÓN 0,5%, MEDICIÓN DE KWH, KW EN HASTA 3 TARIFAS HORARIAS, REGISTRO DE KWH INVERSO, PERFIL DE KWH (15 MIN.), CONTADOR DE APAGONES, MEDICIÓN DE VOLTAJE INSTANTÁNEO, PANTALLA LCD DE HASTA 6 DIGITOS.



Figura 3.9 Medidor Marca ELSTER REX 2 Forma 12S.

GATEKEEPER/COLECTOR MARCA ELSTER SOLUTIONS, LLC. MODELO A3 ALPHA, FORMA 12S, TIPO SOCKET, (2F-3H-2E), 120 – 480V, 30(200) AMP, 60 HZ, CLASE DE PRECISIÓN 0,2%, MEDICIÓN DE KWH, KW Y KVARH EN 4 CUADRANTES HASTA 4 TARIFAS HORARIAS, REGISTRO DE KWH INVERSO, PERFIL DE CARGA PARA SEIS CANALES DE GRABACIÓN, CONTADOR DE APAGONES, MEDICIÓN DE VOLTAJE INSTANTÁNEO, RADIO «SPREAD SPECTRUM» DE 900 MHZ, PANTALLA LCD DE HASTA 6 DIGITOS CON PUERTO ETHERNET.



Figura 3.10 Medidor Colector A3 Alpha.

Los equipos descritos en el presente punto cuentan con los avisos, inspección, revisión y pruebas por parte de CFE-LAPEM.

3.9.2 Software

Licencias por dispositivo para el sistema CONNEXO, servicios tipo residencial.

El sistema Connexo Netsense, diseñado en una plataforma flexible, escalable, de estándares abiertos, facilita una comunicación segura bidireccional entre terminales inteligentes conectadas.

Desde esta plataforma flexible, el sistema acciona una serie de funciones de red inteligente, que van desde AMI hasta administración de apagones. En definitiva, estas aplicaciones permiten a la empresa de servicios públicos reducir sus gastos de operaciones y mantenimiento, proteger recursos, modernizar su infraestructura y brindar un mejor servicio a sus clientes.

3.9.3 Hardware

Para este proyecto se consideran radios de comunicación que operan en la banda de los 900 MHz con el fin de establecer la comunicación con la empresa distribuidora. A continuación, se describen los equipos a utilizar para el enlace de radio frecuencia punto a punto:

3.9.4 Canales De Comunicación Con La Empresa Distribuidora.

En el presente diseño se considera un canal de comunicación que operara a través de un enlace por radiofrecuencia punto a punto en la banda de los 900 MHz, este enlace comunicara el colector del sistema AMI a la red de la empresa distribuidora. Para mostrar lo anterior se retoma la figura 1.8 como se ve a continuación.



Figura 3.11 Canal de comunicación de 900 MHz.

El enlace de radio frecuencia se interconectará a la red de la empresa distribuidora en el punto de acceso que se autorice previamente por el personal responsable del área de comunicaciones de la misma.

En el punto de acceso se contará con un router o firewall que permitirá la conectividad controlada a la red de la empresa distribuidora, estos equipos son muy importantes para el proyecto ya que brindan un nivel de seguridad y evitan que cualquier persona tenga acceso a la intranet de la empresa.

3.9.5 Ubicación Del Equipo

Como ya se mencionó las concentraciones de medidores se encuentra en el sótano 1 de cada torre al igual que el colector y la antena para conexión punto a punto se ubica en la azotea del edificio como se puede ver a continuación.

La instalación en la azotea de una antena Yagi de 900 MHz para el enlace punto a punto con punto de acceso de la empresa distribuidora.

Ubicación de la concentración de medidores y equipo colector en el sótano 1

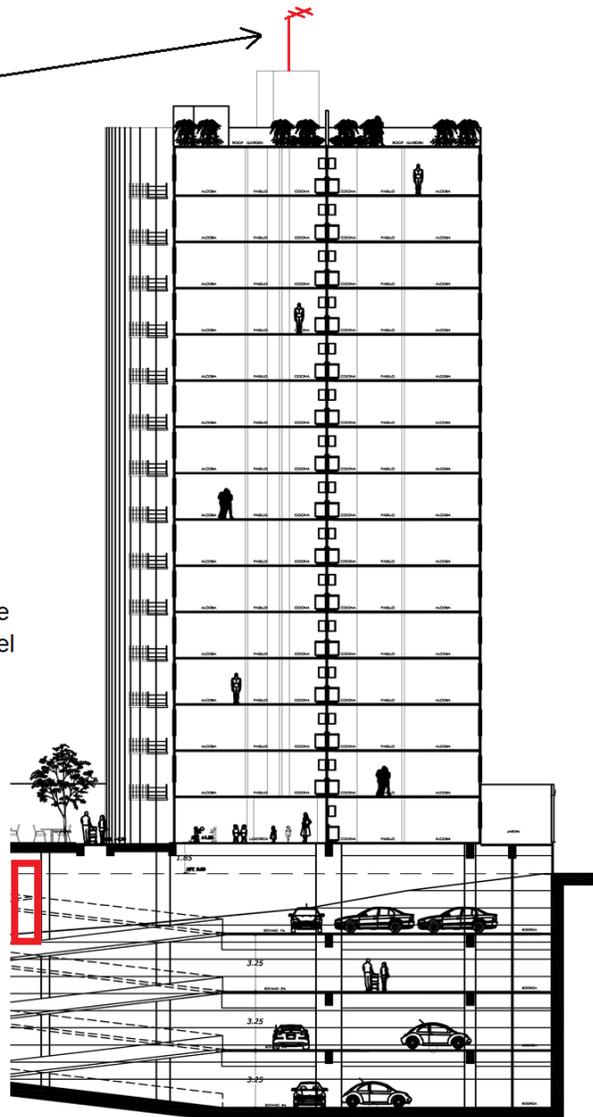


Figura 3.12 Ubicación de la concentración de medidores, equipo colector y antena Yagi.

En el apartado *Anexo 2. Fichas técnicas* se muestra las respectivas fichas técnicas del equipo de medición a utilizar.

3.10 Diseño De Planos

Los planos diseñados para presentar a CFE para su aprobación se pueden consultar en el apartado *Anexo 4. Planos Eléctricos* en el siguiente orden con su respectivo contenido.

3.10.1 Planos De Obra Electromecánica (Plano 1 de 3).

- Diagrama unifilar.
- Vista de planta, planta baja.
- Vista de planta, sótano 1.
- Transición aéreo-subterránea con cuchilla operación con pértiga.

3.10.2 Planos De Obra Civil (Plano 2 de 3).

- Detalle obra civil acometida.
- Detalle de transformadores.
- Seccionador tipo pedestal en SF6 de 4 vías 2-200A/2-600A.
- Transformador 500 kVA norma K0000-07.
- Transformador 225 kVA norma NMX-J285 operación en anillo.
- Transformador 225 kVA norma NMX-J285 operación en anillo.
- Muérete y derivador en media tensión para cinco vías de 200 A.

3.10.3 Planos De Medición (Plano 3 de 3).

- Concentración de medidores especificación CDMBT 404.
- Medición tipo pedestal norma CFE DCMMT502.
- Cuartos eléctricos en sótano 1.
- Medidor especificación GWH00-75 para medición remota especificación CFE G0100-05.
- Radio modem para medición remota.

Capítulo 4

Estudio Socioeconómico

4.1 Costos Unitarios

Para la estimación de costos se hizo un listado de conceptos, en el cual se describe los elementos necesarios para la realización posterior al diseño de la instalación de media tensión, para tener una mejor comprensión de los costos el listado se dividió en tres apartados los cuales son:

- a) **Material:** tomando en cuenta los planos eléctricos donde se representan las distancias y trayectorias de la instalación, cuyos elementos son; el conductor eléctrico, las canalizaciones, materiales para la fijación y el equipo instalado, para lo cual se consultaron catálogos de proveedores haciendo un análisis para la realización de una cotización de los precios y desglosarlos dependiendo de la cantidad de material y equipo usado para realizar el diseño de la instalación eléctrica. Ver (Tabla 4.1, Tabla 4.2, Tabla 4.3, Tabla 4.4, Tabla 4.5, Tabla 4.6, Tabla 4.7, Tabla 4.8)

Tabla 4.1 Listado de costos de material y equipo eléctrico para el circuito en media tensión.

DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MEDIA TENSIÓN						
COTIZACIÓN DE MATERIAL DEL CIRCUITO ELÉCTRICO EN MEDIA TENSION.						
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	MARCA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE \$
1	CABLE XLP 1/0 AWG AL	VIKON	ML	550	77.01	42,355.50
2	D 1/0 AWG CU	CONDUMEX	ML	200	87.17	17,434.00
3	Charola tramo recto 16" Metálica fondo solido	TECNOTRAY	PZA	57	1,445.03	82,366.71
4	Tubo corrugado pad 2"	ADS	RLL	1	1,899.70	1,899.70
5	VARILLA DE 5/8" X 3.00M		PZA	22	165.00	3,630.00
6	Terminales tipo contractil, 25 kV	3M	JGO	1	11,936.18	11,936.18
7	Grapa para Fijación a Techo		PZA	170	31.58	5,368.60
8	Registro media tensión con tapa CFE-RMTB3		JGO	1	5,741.00	5,741.00
subtotal						170,731.69

Tabla 4.2 Cotización de material para conexión del transformador de 225 kVA
RADIAL NORMA NMX-J-285.

Diseño de instalación eléctrica en media tensión						
Cotización de material para conexión de transformador 225 kVA RADIAL NORMA NMX-J285						
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	MARCA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	IMPORTE \$
1	Conector tipo codo de 200 A OCC, aislado para 25 kV para cable de 1/0 AWG.de aluminio.	ELASTIMOLD	PZA	3	1,175.67	3,527.01
2	Adaptador a tierra de pantalla conductora de cable calibre 1/0 AWG.	ELASTIMOLD	PZA	3	2,19.17	6,57.51
3	Boquilla tipo inserto OCC para 200 A, aislada para 25 Kv	ELASTIMOLD	PZA	3	1,090.24	3,270.72
4	Conector comprensible tipo zapata con dos ojillos para calibre 2/0 AWG	Burndy	PZA	8	91.89	735.12
5	Transformador trifásico 225 kVA operación radial, 23,000-480/277 V	Electric capital		1	280,649.00	270,549.00
Subtotal:						278,739.36

Tabla 4.3 Cotización de material para conexión del transformador de 225 kVA
ANILLO NORMA NMX-J285.

Diseño de instalación eléctrica en media tensión						
Cotización de material para conexión de transformador 225 kVA ANILLO NORMA NMX-J285						
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	MARCA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE \$
1	Conector tipo codo de 200 A OCC, aislado para 25 kV para cable de 1/0 AWG.de aluminio XLP.	ELASTIMOLD	PZA	6	1,175.67	7,054.02
2	Adaptador a tierra de pantalla conductora de cable calibre 1/0 AWG.	ELASTIMOLD	PZA	6	2,19.17	1,315.02
3	Boquilla tipo inserto OCC para 200 A, aislada para 25 Kv	ELASTIMOLD	PZA	6	1,090.24	6,541.44
4	Conector comprensible tipo zapata con dos ojillos para calibre 2/0 AWG	Burndy		8	91.89	735.12
5	Transformador trifásico 225 kVA Operación anillo 23,000-480/277 V	Electric capital		1	280,649.00	280,649.00
subtotal:						296,294.60

Tabla 4.4 Cotización de material para conexión de transformador 500 kVA Anillo NORMA K0000-07.

Diseño de instalación eléctrica en media tensión						
Cotización de material para conexión de transformador 500 kVA Anillo NORMA K0000-07						
partida	descripción	marca	unidad	cantidad	Precio unitario	Importe \$
1	Conector tipo codo de 200 A OCC, aislado para 25 kV para cable de 1/0 AWG. aluminio XLP.	ELASTIMOLD	PZA	12	1,175.67	14,108.04
2	Adaptador a tierra de pantalla conductora de cable calibre 1/0 AWG.	ELASTIMOLD	PZA	12	2,19.17	2,630.04
3	Boquilla tipo inserto OCC para 200 A, aislada para 25 Kv	ELASTIMOLD	PZA	12	1,090.24	13,082.88
4	Conector comprensible tipo zapata con dos ojillos para calibre 2/0 AWG			16	91.89	1470.24
5	Transformador trifásico, 500 kVA operación anillo 23,000-220/127 V			2	402685.00	805370
Subtotal						836,661.20

Tabla 4.5 Costos de equipo y material para el Seccionador STP SF 2/600 A – 2/200 A NORMA VM-0051.

Diseño de instalación eléctrica en media tensión						
Seccionador STP SF 2/600 A – 2/200 A NORMA VM-0051						
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	MARCA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE \$
1	Boquilla tipo inserto OCC para 200 A, aislada para 25 kV	ELASTIMOLD	PZA	6	1,090.24	6,541.44
2	Conector de MT tipo codo separable de 200 A OCC, aislado para 25 kV para cable de 1/0 AWG.de aluminio.	ELASTIMOLD	PZA	6	1,175.67	7,054.02
3	Adaptador a tierra de pantalla conductora de cable calibre 1/0 AWG.	ELASTIMOLD	PZA	6	2,19.17	1,315.02
4	Conector tipo codo de 600 A OSC, (cuerpo en T) aislado para 25 kV para cable de 1/0 AWG.	ELASTIMOLD	PZA	3	2746.64	8,239.92
5	Adaptador para cable de codo separable 600 A (cuerpo T) para calibre 1/0 AWG.	ELASTIMOLD	PZA	6	269.80	1,618.80
6	Seccionador STP SF 2/600 A – 2/200 A NORMA VM-0051	SCHNEIDER	PZA	1	916058.00	916,058.00
Subtotal						940,827.20

Tabla 4.6 Cotización De Equipo Y Material Para El Murete Y Derivador En Media Tensión Para Cinco Vías De 200 A.

Diseño de instalación eléctrica en media tensión						
MURETE Y DERIVADOR EN MEDIA TENSION PARA CINCO VIAS DE 200 A.						
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	MARCA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE \$
1	CONECTADOR MULTIPLE PARA 25 kV, con 5 vías de 200 A	Elastimold		3	14.280.00	42,840.00
2	Conector tipo codo de 200 A OCC, aislado para 25 kV para cable de 1/0 AWG.	Elastimold		12	1,175.67	14,108.04
3	Tapon aislado para 25 kV, para boquilla tipo inserto.	Elastimold		3	694.78	2,084.34
4	Boquilla tipo inserto para operación con carga de 200 A, aliado para 25 kV.	Elastimold		15	1,090.24	16,353.6
5	Adaptador para conectar a tierra las pantallas de cable monopolar de energía XLP-1/0 AWG-AL	Elastimold		12	2,19.17	2,630.04
6	Conectador tipo codo portafusible, aislado para 25 kV entre fases, calibre 1/0 AWG, con	Elastimold		3	8,823.85	26,471.55
subtotal						104,487.57

Tabla 4.7 Cotización De Equipo Y Material Para concentración de medidores medición remota.

Diseño de instalación eléctrica en media tensión						
Concentración de medidores medición remota. CFE G0100-05						
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	MARCA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE \$
1	Medidor residencial (2F-3H-2E), 120-208V, 15ª Radio "spread spectrum", 900 MHz	Elster solutions	PZA	245	4,206.40	1,030,568.00
2	Equipo concentrador de datos (1F-2H-1E) Radio "spread spectrum", 900 MHz	Elster solutions	PZA	1	20,554.00	20,554.00
3	Kit de comunicación con gabinete/radio y antena YAGUI		PZA	2	46,844.00	93,688.00
4	Solicitud de aviso a CFE-LAPEM		E48	1	42,064.00	42,064.00
6	Gabinete principal	Square D	PZA	2	15200.40	30,400.80
7	centro modular para medición (6 medidores)	Square D	MDL	41	15,296.00	666,332.00
8	Interruptor termomagnético principal 1400 A	Square D	PZA	2	47800.00	95,600.00
9	Cable 350 KCM THW-LS	VIAKON	ML	400	372.84	149,136.00
10	Cable Cu desnudo 4/0 AWG.	CONDUMEX	ML	100	90.82	9,082.00
11	Cable THHW-Is calibre 6 AWG	indian	ML	1026	29.78	30,552.28
12	Cable THHW-Is calibre 4 AWG	indian	ML	2115	39.26	83,034.90
13	Cable THHW-Is calibre 4 AWG	indian	ML	261	61.64	16,088.04
Subtotal						2,266,699.40

Se especifica que la cotización hecha para la *Tabla 4.7* se realizó en dólares y convertida a pesos respectivamente (cotizado al 3 de noviembre del 2019).

El costo total de material y equipo que se requiere para la implementación del diseño eléctrico en media tensión de 245 departamentos se muestra en la (Tabla 4.8).

Tabla 4.8 Costo de equipos y material.

Diseño de instalación eléctrica en media tensión		
Costo de equipo y material		
partida	Descripción	Subtotal
1	COTIZACIÓN DE MATERIAL DEL CIRCUITO ELÉCTRICO EN MEDIA TENSION.	170,731.69
2	Cotización de material para conexión de transformador 225 kVA RADIAL NORMA NMX-J285	278,739.36
3	Cotización de material para conexión de transformador 225 kVA ANILLO NORMA NMX-J285	296,294.60
4	Cotización de material para conexión de transformador 500 kVA Anillo NORMA K0000-07	836,661.20
5	Seccionador STP SF 2/600 A – 2/200 A NORMA VM-0051	940,827.20
6	MURETE Y DERIVADOR EN MEDIA TENSION PARA CINCO VIAS DE 200 A.	104,487.57
7	Concentración de medidores medición remota. CFE G0100-05	2,266,699.40
Subtotal de equipos y material		4,894,441.00

b) **Mano de Obra Calificada:** los precios de mano de obra en la ejecución de instalaciones eléctricas de media tensión, industriales o en este caso residenciales está estimado entre el 15 y 40% sobre el costo total del material y equipo, este proyecto se propone para realizarse en 6 meses con 5 días hábiles a la semana por lo tanto son 144 días hábiles para concluir con el proyecto se contara con el apoyo de 10 oficiales eléctricos, 10 ayudantes generales y 1 supervisor. De acuerdo con la tabla de salarios mínimos generales y profesionales emitida por la secretaria del trabajo y previsión social STPS con vigencia a partir del 1° de enero del 2019, el salario de un oficial electricista es de \$176.72 hasta un mínimo de \$118. En la siguiente tabla se muestran la estimación de costos por mano de obra, con salarios superiores a los de la ley.

Así mismo se toman en cuenta la depreciación de las herramientas utilizadas en el proyecto, dicha depreciación se considera de 10 % del valor total de la mano de obra. Ver (Tabla 4.9).

Tabla 4.9 Costo de mano de obra.

Diseño de instalación en media tensión					
Costos de mano de obra					
partida	Descripción	Número de trabajadores	Cantidad de días laborados	Salario unitario por trabajador \$	Subtotal \$
1	Oficial electricista	10	144	300	432000
2	Ayudante general	15	144	150	324000
3	Supervisor de obra	2	144	350	100800
costos mano de obra					856,800.00
Depreciación maquinaria y equipo					85,680.00
Subtotal Costos de mano de obra					942,480.00

- c) **Costo del Proyecto de Ingeniería:** los proyectos de instalaciones eléctricas de media tensión similares se estiman entre un 5 y 10% sobre el costo total del material y equipo para la utilidad o ganancia, para los costos en la ingeniería de este proyecto en particular se fija un salario para ingenieros de \$2000.00 MN. El proyecto se desarrollará por dos ingenieros con un plazo de un mes el cual tiene 24 días hábiles con una jornada de 8 horas, los trabajos de ingeniería abarcaran desde el levantamiento eléctrico, la elaboración de planos y el cálculo y diseño de la instalación eléctrica en media tensión. En este rubro también se enlista la depreciación de la herramienta y equipo utilizados la cual según la ley de impuesto sobre la renta artículo 34. es de 30% además de las utilidades obtenidas por el proyecto que se estiman igualmente en un 30%. Ver (Tabla 4.10).

Tabla 4.10 Cotización de proyecto de ingeniería eléctrica.

Diseño de instalación en media tensión					
Proyecto de ingeniería eléctrica					
Partida	Descripción	Cantidad	Sueldo percibido por día. \$	Cantidad de días laborados	Subtotal \$
1	Ingeniero electricista, especialista de proyecto	2	2000.00	24	96,000.00
Depreciación de equipo utilizado en la ingeniería (30%)					28,800.00
Utilidad. (30%)					28,800.00
Subtotal proyecto de ingeniería					153,600.00

teniendo los costos de cada uno de los elementos se procede a representar el costo total del proyecto de la instalación eléctrica en media tensión para un conjunto habitacional con 245 departamentos. Ver *Tabla 4.11*.

Tabla 4.11 Costo total del proyecto.

Diseño de instalación en media tensión costo total del proyecto		
Partida	Descripción	Subtotal \$
1	Costo de equipo y material	4,894,441.07
2	Costos de mano de obra	942,480.00
3	Proyecto de ingeniería eléctrica	153,600.00
	Subtotal	5,990,521.07
	IVA 16%	958,483.37
	Total, del proyecto con IVA	6,949,004.44

4.2 Análisis Costo-Beneficio

Este apartado muestra los beneficios obtenidos de este proyecto contando con la investigación que se realizó para generar, un diseño de una instalación eléctrica en media tensión, apegada a normativa.

Inicialmente el estudio de cargas indico una capacidad de transformadores para usuarios y una capacidad de transformadores para usos generales, estos en conjunto superan los 1,000 kVA, lo que obligo por norma a tener en la instalación un seccionador, esto más que ser un problema, genera varios beneficios en el diseño de la instalación, pues al usar un seccionador se da pie a varios tipos de configuraciones en el arreglo de media tensión, lo que conlleva al diseño de la configuración en anillo de la red de media tensión, de la cual obtenemos ; flexibilidad, confiabilidad y seguridad en dicha instalación. La configuración en anillo con el seccionador, al momento de que exista una falla en algún punto de la instalación y llegue hasta los transformadores, este puede quedar fuera de servicio sin necesidad de que el resto de la instalación se vea comprometida, además de que al momento de hacer maniobras de mantenimiento también es muy útil.

Un punto importante también a resaltar es la medición remota, puesto que las especificaciones de CFE dictan que la concentración de medidores debe ser accesible a no más de 35 metros de la acometida principal para así poder hacer revisiones continuas al consumo y tener una capacidad de maniobra optima al momento de tomar las mediciones. No obstante, en el caso específico del conjunto habitacional de 245 departamentos, era virtualmente imposible que esto pasara puesto que las distancias dentro del inmueble son muy largas, sin contar con las distancias de la alimentación a las cargas del último piso que son de igual manera distancias largas. Lo que, sumadas, darían una longitud del alimentador para los medidores, inmensa, en consecuencia, una caída de tensión que no respetaría el 5% máximo dictado

por la norma o en su defecto la compra e instalación de cables conductores de un mayor calibre lo que generaría de costos excesivos en el diseño de la instalación como se muestra en la (Tabla 4.12.)

Tabla 4.12 Análisis de alternativa de concentración de medidores al límite del predio.

Diseño de instalación eléctrica en media tensión							
Torre A							
Nivel	N° de dep. por nivel	Longitud (m)	N° fases	Calibre de conductor (AWG)	e (%)	Precio unitario (\$)	Importe (\$)
PB	5	96	2	2	1.52	61.64	71,009.28
N-1	8	108	2	2	1.72	61.64	159,770.88
N-2	8	111	2	2	1.76	61.64	164,208.96
N-3	8	114	2	2	1.81	61.64	168,647.04
N-4	8	117	2	2	1.86	61.64	173,085.12
N-5	8	120	2	2	1.91	61.64	177,523.20
N-6	8	123	2	2	1.95	61.64	181,961.28
N-7	8	126	2	1/0	1.27	97.67	295,354.08
N-8	8	129	2	1/0	1.30	97.67	302,386.32
N-9	8	132	2	1/0	1.33	97.67	309,418.56
N-10	8	135	2	1/0	1.36	97.67	316,450.80
N-11	8	138	2	1/0	1.39	97.67	323,483.04
N-12	8	141	2	1/0	1.42	97.67	330,515.28
N-13	8	144	2	1/0	1.45	97.67	337,547.52
N-14	8	147	2	1/0	1.48	97.67	344,579.76
Torre B							
Sótano 3	4	94	2	2	1.49	61.64	69,529.92
Sótano 2	4	91	2	2	1.44	61.64	67,310.88
Sótano 1	4	88	2	2	1.40	61.64	65,091.84
PB	4	76	2	4	1.80	39.26	35,805.12
N-1	8	88	2	2	1.40	61.64	130,183.68
N-2	8	91	2	2	1.44	61.64	134,621.76
N-3	8	94	2	2	1.49	61.64	139,059.84
N-4	8	97	2	2	1.54	61.64	143,497.92
N-5	8	100	2	2	1.59	61.64	147,936.00
N-6	8	103	2	2	1.64	61.64	152,374.08
N-7	8	106	2	2	1.68	61.64	156,812.16
N-8	8	109	2	2	1.73	61.64	161,250.24
N-9	8	112	2	2	1.78	61.64	165,688.32
N-10	8	115	2	2	1.83	61.64	170,126.40
N-11	8	118	2	2	1.87	61.64	174,564.48
N-12	8	121	2	2	1.92	61.64	179,002.56
N-13	8	124	2	2	1.97	61.64	183,440.64
N-14	8	127	2	1/0	1.28	97.67	297,698.16
Subtotal							6,247,687.44
IVA (16%)							999,629.99
Total c/IVA							7,247,317.43

NOTA: se contempla un conductor para el neutro del mismo calibre de fase para cada circuito bifásico por departamento.

En sustitución a esas problemáticas y en cumplimiento con las normas de CFE se prefirió el diseño e implementaciones de uso, de medición remota. Como ya se indicó, el uso de esta tecnología de medición avanzada, da pie a que no existan pérdidas eléctricas por una mala regulación en la caída de tensión lo que conllevaría pérdidas económicas referente al consumo, a su vez también soluciona al problema de un sobre dimensionamiento de los conductores es eléctricos para soportar dicha caída de tensión, el problema con el sobre dimensionamiento de los conductores engloba más problemáticas como el rediseño de las canalizaciones y el costo elevado de los demás equipos y materiales que interactúen entre sí.

Haciendo una comparación entre el costo de la instalación con medición remota presentada contra la alternativa de medición al límite del predio mencionada en el capítulo 3 apartado de medición da como resultado la *tabla 4.13*.

Tabla 4.13 Comparativo de medición remota contra medición al límite del predio.

Comparativo de medición		
Partida	Tipo de medición	Subtotal (\$)
1	Medición remota	2,266,699.40
2	Medición al límite del predio	6,247,687.44
	Diferencia	3,980,988.04

Haciendo mención que la cotización de medición al límite del predio solo se tomaron los conductores sin canalización, es evidente que aun cuando no se tiene especificado todo el equipo y material necesario para este tipo de instalación, supera por mucho a la instalación seleccionada con medición remota, además de que las ventajas técnicas con la medición remota son superiores.

Capítulo 5

Conclusiones

El presente proyecto comprendió temas de gran importancia en el diseño de instalaciones de media tensión, que a su vez logro dar cumplimiento al diseño seguro y eficiente de la instalación eléctrica en media tensión para un conjunto habitacional de 245 departamentos en la ciudad de México, cuya base son los conocimientos adquiridos en los salones y bibliotecas del instituto durante nuestra formación profesional.

Dando cumplimiento a las normativas inherentes a las instalaciones eléctricas en media tensión, como son apartados específicos de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 (utilización) y la Especificación CFE DCCSSUBT “Construcción De Sistemas Subterráneos” en las cuales se basó este proyecto de diseño. Además de criterios de los autores y recomendaciones de los asesores.

El fin principal de un buen diseño de instalación eléctrica es el de garantizar la seguridad para los usuarios y operarios, así como el suministro continuo y de buena calidad de la energía eléctrica

Se realizó el diseño de la instalación eléctrica con base en el estudio del diseño arquitectónico del conjunto habitacional además del uso de dicho inmueble para viviendas, con ello conoció la magnitud de la carga a soportar de la instalación eléctrica, además de las trayectorias de la red de media tensión.

Dichas magnitudes de carga se obtuvieron mediante un estudio que engloba tanto los detalles de las viviendas o departamentos como a las especificaciones de utilización en la NOM-001.SEDE.2012, la finalidad del estudio de cargas es la de la selección de los equipos y materiales a utilizar en el diseño de la instalación, además de la configuración que va a tomar. Los equipos primordiales elegidos mediante el estudio de carga son los transformadores tanto propios como de usuarios, el seccionador, el conductor de media tensión, y la configuración de la red.

En el diseño de esta instalación eléctrica se realizó una distribución eficiente en las trayectorias de la red de media tensión, las cuales se visualizan en los planos anexos del documento, con caídas de tensión en los conductores apegadas a las recomendadas en la norma.

Se reafirma que la decisión de utilizar medición remota en el diseño, es adecuada puesto que las pérdidas por caída de tensión y las pérdidas económicas en la selección del material y equipo eléctrico serian demasiado grandes lo que hace inviable la instalación de la concentración de medidores en la fachada del inmueble, así como su inherente cableado para su operación.

Referencias

Diario Oficial de la Federación (29 nov. 2012). NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (Utilización).

Comisión Federal de Electricidad (ene. 2015). Construcción de Sistemas Subterráneos. Especificación DCCSSUBT.

Comisión Federal de Electricidad (jun. 2014). Suministros de Energía Eléctrica a Edificios de Gran Altura. Procedimiento DCSEEEGA.

Comisión Federal de Electricidad (abril 2015). Sistema de infraestructura avanzada de medición (AMI). Especificación G0100-05.

Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems, IEEE Std. 242-2001

NORMAS MEXICANAS. Sistemas eléctricos de potencia-suministro-tensiones eléctricas normalizadas. NMX-J-098-1999-ANCE. México D.F.: Dirección general de normas, 1999.

CONDUMEX. Manual técnico de cables de energía. México D.F., 2010.

VIAKON. Manual eléctrico. México D.F., 2010.

Glosario

Acoplado: unir o encajar entre si dos piezas o cuerpos de manera que ajusten perfectamente.

Ampacidad: es la máxima intensidad de corriente permisible de manera constante por un conductor sin sobre pasar la temperatura de operación.

Antioxidante: Sustancia que impide la formación de óxidos.

Bidireccional: Que es capaz de funcionar en dos direcciones, usualmente opuestas.

Calibre: Diámetro de un objeto cilíndrico o esférico (conductor) no hueco.

Circuito: Recorrido o ruta cerrada por donde circula una corriente eléctrica, la cual está constituida por varios elementos relacionados.

Degradación: Reducción de rango, o pérdida de propiedades de un equipo o material.

Demanda: intensidad de corriente, o potencia eléctrica, relativa a un intervalo de tiempo específico, que absorbe su carga para funcionar.

Derivado: Circuito que se obtiene de otro circuito principal, acoplados eléctricamente, teniendo continuidad en el suministro eléctrico.

Devanado: Componente de un circuito eléctrico formado por un hilo conductor aislado y enrollador repetidamente alrededor de un eje.

Diagrama: Representación gráfica de las variaciones de un fenómeno o de las relaciones que tienen los elementos o las partes de un conjunto.

Distribución: es la acción de suministrar energía eléctrica desde el punto de alimentación hasta el de consumo.

Dúctil: que se adapta o cambia dependiendo de a la situación o condiciones.

Electrodos: Extremo de un conductor en contacto con un medio, al que lleva o del que recibe una corriente eléctrica.

Erradicar: Eliminar o suprimir una cosa de manera completa y definitiva, especialmente algo inmaterial que es negativo o perjudicial y afecta a muchas personas.

Facturación: Cantidad de dinero que suman toda la demanda que requiere el circuito eléctrico durante un periodo de tiempo.

Falla: Evento anormal que provoca el mal funcionamiento de un circuito eléctrico y algunas veces ocasiona el corte del suministro de energía

Inducción: fenómeno que origina la producción de una diferencia de potencial eléctrico (voltaje) en un medio o cuerpo expuesto a un campo magnético variable.

Infraestructura: Conjunto de medios técnicos, servicios e instalaciones necesarios para el desarrollo de una actividad o para que un lugar pueda ser utilizado.

Interruptor: Dispositivo para abrir o cerrar el paso de corriente eléctrica en un circuito.

Magnitud: Propiedad de los cuerpos que puede ser medida, como el tamaño, el peso o la extensión.

Maleable: Que puede ser moldeado o trabajado con facilidad.

Monofásico: Que está formado por una sola fase eléctrica.

Murete: construcción civil, referente a un muro pequeño o una pared muy baja, encargada de la protección de cierto equipo eléctrico.

Nominal: Referente a la cantidad o magnitud de algo para su operación o funcionamiento normal.

Radial: Tipo de configuración de un circuito el cual solo se encarga de suministrar energía desde la alimentación hasta la carga.

Remoto: Que está muy lejos o muy apartado en el tiempo o el espacio.

Reticular: Objeto o elemento que tiene figura de red.

Sectorial: Organización dividida en sectores.

Segmental: Relativo a segmento, porción o parte de un todo.

Sobrecorriente: Es cualquier corriente eléctrica en exceso del valor nominal indicado en el dispositivo de protección, en el equipo eléctrico o en la capacidad de conducción de corriente de un conductor

Subestación: Es una instalación eléctrica vital para el funcionamiento de cualquier sistema eléctrico, cuya función es conectar entre sí varios elementos de la red.

Subterránea: Que está bajo tierra o por debajo de la superficie terrestre.

Suministro: Poner al alcance de un equipo eléctrico, la energía necesaria que requiere.

Tarifa: Precio Unitario designado por el suministro de energía para la diferente demanda de esta.

Telecontrol: Control de un aparato o una máquina que se realiza a distancia mediante radio u ondas.

Termomagnético: elemento de protección capaz de interrumpir la corriente eléctrica cuando esta sobre pasa los valores nominales de ajuste de temperatura o magnéticos del mismo.

Trifásico: Que tiene tres corrientes eléctricas alternas iguales, procedentes del mismo generador, cuyas fases respectivas se producen a la distancia de un tercio de período.

Troncales: Porción de la red principal que hace la función de alimentador y suministra energía a los circuitos derivados

Unifilar: representación de un circuito con un único trazo o línea para su fácil interpretación.

Anexos

Anexo 1. Tablas

Anexo 1.1 Designación De Áreas De La Torre A.

Torre	Nivel	Departamento	m ² de depto.	m ² de terraza	m ² de roof garden	m ² de patio	
1	A	PB	101	95	N/A	N/A	2
2	A	PB	102	117	N/A	N/A	2
3	A	PB	103	117	N/A	N/A	2.5
4	A	PB	104	110	N/A	N/A	2.5
5	A	PB	105	85	N/A	N/A	2.5
6	A	N-1	201	112	5.8	N/A	N/A
7	A	N-1	202	112	21.86	N/A	N/A
8	A	N-1	203	112	11.22	N/A	N/A
9	A	N-1	204	114	6.96	N/A	N/A
10	A	N-1	205	130	10.82	N/A	N/A
11	A	N-1	206	117	14.59	N/A	N/A
12	A	N-1	207	117	15.64	N/A	N/A
13	A	N-1	208	114	7.69	N/A	N/A
14	A	N-2	301	112	3.97	N/A	N/A
15	A	N-2	302	112	5.45	N/A	N/A
16	A	N-2	303	112	12.26	N/A	N/A
17	A	N-2	304	114	10.28	N/A	N/A
18	A	N-2	305	130	13.83	N/A	N/A
19	A	N-2	306	117	5.3	N/A	N/A
20	A	N-2	307	117	6.18	N/A	N/A
21	A	N-2	308	114	11.52	N/A	N/A
22	A	N-3	401	112	3.97	N/A	N/A
23	A	N-3	402	112	5.54	N/A	N/A
24	A	N-3	403	112	12.26	N/A	N/A
25	A	N-3	404	114	10.28	N/A	N/A
26	A	N-3	405	130	13.83	N/A	N/A
27	A	N-3	406	117	5.3	N/A	N/A
28	A	N-3	407	117	6.68	N/A	N/A
29	A	N-3	408	114	11.52	N/A	N/A
30	A	N-4	501	112	3.97	N/A	N/A
31	A	N-4	502	112	5.45	N/A	N/A
32	A	N-4	503	112	12.26	N/A	N/A
33	A	N-4	504	114	10.28	N/A	N/A
34	A	N-4	505	130	13.83	N/A	N/A
35	A	N-4	506	117	5.3	N/A	N/A
36	A	N-4	507	117	6.68	N/A	N/A
37	A	N-4	508	114	11.52	N/A	N/A
38	A	N-5	601	112	3.97	N/A	N/A
39	A	N-5	602	112	5.45	N/A	N/A
40	A	N-5	603	112	12.26	N/A	N/A
41	A	N-5	604	114	10.28	N/A	N/A
42	A	N-5	605	130	13.83	N/A	N/A
43	A	N-5	606	117	5.3	N/A	N/A
44	A	N-5	607	117	6.68	N/A	N/A
45	A	N-5	608	114	11.52	N/A	N/A
46	A	N-6	701	112	3.97	N/A	N/A
47	A	N-6	702	112	5.45	N/A	N/A
48	A	N-6	703	112	12.26	N/A	N/A
49	A	N-6	704	114	10.28	N/A	N/A
50	A	N-6	705	130	13.83	N/A	N/A
51	A	N-6	706	117	5.3	N/A	N/A
52	A	N-6	707	117	6.68	N/A	N/A
53	A	N-6	708	114	11.52	N/A	N/A
54	A	N-7	801	112	3.97	N/A	N/A
55	A	N-7	802	112	5.45	N/A	N/A
56	A	N-7	803	112	12.26	N/A	N/A
57	A	N-7	804	114	10.28	N/A	N/A
58	A	N-7	805	130	13.83	N/A	N/A
59	A	N-7	806	117	5.3	N/A	N/A
60	A	N-7	807	117	6.68	N/A	N/A
61	A	N-7	808	114	11.52	N/A	N/A
62	A	N-8	901	112	3.97	N/A	N/A
63	A	N-8	902	112	5.45	N/A	N/A
64	A	N-8	903	112	12.26	N/A	N/A
65	A	N-8	904	114	10.28	N/A	N/A
66	A	N-8	905	130	13.83	N/A	N/A

67	A	N-8	906	117	5.3	N/A	N/A
68	A	N-8	907	117	6.68	N/A	N/A
69	A	N-8	908	114	11.52	N/A	N/A
70	A	N-9	1001	112	3.97	N/A	N/A
71	A	N-9	1002	112	5.45	N/A	N/A
72	A	N-9	1003	112	12.26	N/A	N/A
73	A	N-9	1004	114	10.28	N/A	N/A
74	A	N-9	1005	130	13.83	N/A	N/A
75	A	N-9	1006	117	5.3	N/A	N/A
76	A	N-9	1007	117	6.68	N/A	N/A
77	A	N-9	1008	114	11.52	N/A	N/A
78	A	N-10	1101	112	3.97	N/A	N/A
79	A	N-10	1102	112	5.45	N/A	N/A
80	A	N-10	1103	112	12.26	N/A	N/A
81	A	N-10	1104	114	10.28	N/A	N/A
82	A	N-10	1105	130	13.83	N/A	N/A
83	A	N-10	1106	117	5.3	N/A	N/A
84	A	N-10	1107	117	6.68	N/A	N/A
85	A	N-10	1108	114	11.52	N/A	N/A
86	A	N-11	1201	112	3.97	N/A	N/A
87	A	N-11	1202	112	5.45	N/A	N/A
88	A	N-11	1203	112	12.26	N/A	N/A
89	A	N-11	1204	114	10.28	N/A	N/A
90	A	N-11	1205	130	13.83	N/A	N/A
91	A	N-11	1206	117	5.3	N/A	N/A
92	A	N-11	1207	117	6.68	N/A	N/A
93	A	N-11	1208	114	11.52	N/A	N/A
94	A	N-12	1301	112	3.97	N/A	N/A
95	A	N-12	1302	112	5.45	N/A	N/A
96	A	N-12	1303	112	12.26	N/A	N/A
97	A	N-12	1304	114	10.28	N/A	N/A
98	A	N-12	1305	130	13.83	N/A	N/A
99	A	N-12	1306	117	5.3	N/A	N/A
100	A	N-12	1307	117	6.68	N/A	N/A
101	A	N-12	1308	114	11.52	N/A	N/A
102	A	N-13	1401	112	3.97	N/A	N/A
103	A	N-13	1402	112	5.45	N/A	N/A
104	A	N-13	1403	112	12.26	N/A	N/A
105	A	N-13	1404	114	10.28	N/A	N/A
106	A	N-13	1405	130	13.83	N/A	N/A
107	A	N-13	1406	117	5.3	N/A	N/A
108	A	N-13	1407	117	6.68	N/A	N/A
109	A	N-13	1408	114	11.52	N/A	N/A
110	A	N-14	1501	112	18.3	112	N/A
111	A	N-14	1502	112	10.45	112	N/A
112	A	N-14	1503	112	9.94	112	N/A
113	A	N-14	1504	114	8.02	114	N/A
114	A	N-14	1505	130	11.77	130	N/A
115	A	N-14	1506	117	11.77	117	N/A
116	A	N-14	1507	117	6.81	117	N/A
117	A	N-14	1508	114	11.4	114	N/A

Anexo 1.2 Designación De Áreas De La Torre B.

Torre	Nivel	Departamento	m ² de depto.	m ² de terraza	m ² de roof garden	m ² de patio
1	B	Sótano 3	01	122	N/A	45.8
2	B	Sótano 3	02	117	N/A	39.5
3	B	Sótano 3	03	117	N/A	N/A
4	B	Sótano 3	04	130	N/A	N/A
5	B	Sótano 2	01	122	N/A	N/A
6	B	Sótano 2	02	117	N/A	N/A
7	B	Sótano 2	03	117	N/A	N/A
8	B	Sótano 2	04	130	N/A	N/A
9	B	Sótano 1	01	122	N/A	N/A
10	B	Sótano 1	02	117	N/A	N/A
11	B	Sótano 1	03	117	N/A	N/A
12	B	Sótano 1	04	130	N/A	N/A
13	B	PB	101	117	N/A	N/A
14	B	PB	102	112	N/A	2.5
15	B	PB	103	112	N/A	2.5
16	B	PB	104	117	N/A	N/A
17	B	N-1	201	122	5.8	N/A
18	B	N-1	202	117	21.86	N/A
19	B	N-1	203	117	11.22	N/A
20	B	N-1	204	130	6.96	N/A
21	B	N-1	205	114	48.7	N/A
22	B	N-1	206	112	14.59	N/A
23	B	N-1	207	112	15.64	N/A
24	B	N-1	208	112	5.7	N/A
25	B	N-2	301	122	3.97	N/A
26	B	N-2	302	117	5.45	N/A
27	B	N-2	303	117	12.26	N/A
28	B	N-2	304	130	10.28	N/A
29	B	N-2	305	114	9.65	N/A
30	B	N-2	306	112	5.3	N/A
31	B	N-2	307	112	6.18	N/A
32	B	N-2	308	112	9.75	N/A
33	B	N-3	401	122	3.97	N/A
34	B	N-3	402	117	5.54	N/A
35	B	N-3	403	117	12.26	N/A
36	B	N-3	404	130	10.28	N/A
37	B	N-3	405	114	5.54	N/A
38	B	N-3	406	112	5.3	N/A
39	B	N-3	407	112	6.68	N/A
40	B	N-3	408	112	5.54	N/A
41	B	N-4	501	122	3.97	N/A
42	B	N-4	502	117	5.45	N/A
43	B	N-4	503	117	12.26	N/A
44	B	N-4	504	130	10.28	N/A
45	B	N-4	505	114	9.65	N/A
46	B	N-4	506	112	5.3	N/A
47	B	N-4	507	112	6.68	N/A
48	B	N-4	508	112	9.75	N/A
49	B	N-5	601	122	3.97	N/A
50	B	N-5	602	117	5.45	N/A
51	B	N-5	603	117	12.26	N/A
52	B	N-5	604	130	10.28	N/A
53	B	N-5	605	114	5.54	N/A
54	B	N-5	606	112	5.3	N/A
55	B	N-5	607	112	6.68	N/A
56	B	N-5	608	112	5.54	N/A
57	B	N-6	701	122	3.97	N/A
58	B	N-6	702	117	5.45	N/A
59	B	N-6	703	117	12.26	N/A
60	B	N-6	704	130	10.28	N/A
61	B	N-6	705	114	9.65	N/A
62	B	N-6	706	112	5.3	N/A
63	B	N-6	707	112	6.68	N/A
64	B	N-6	708	112	9.75	N/A
65	B	N-7	801	122	3.97	N/A
66	B	N-7	802	117	5.45	N/A
67	B	N-7	803	117	12.26	N/A
68	B	N-7	804	130	10.28	N/A
69	B	N-7	805	114	5.54	N/A
70	B	N-7	806	112	5.3	N/A
71	B	N-7	807	112	6.68	N/A
72	B	N-7	808	112	5.54	N/A

73	B	N-8	901	122	3.97	N/A	N/A
74	B	N-8	902	117	5.45	N/A	N/A
75	B	N-8	903	117	12.26	N/A	N/A
76	B	N-8	904	130	10.28	N/A	N/A
77	B	N-8	905	114	9.65	N/A	N/A
78	B	N-8	906	112	5.3	N/A	N/A
79	B	N-8	907	112	6.68	N/A	N/A
80	B	N-8	908	112	9.75	N/A	N/A
81	B	N-9	1001	122	3.97	N/A	N/A
82	B	N-9	1002	117	5.45	N/A	N/A
83	B	N-9	1003	117	12.26	N/A	N/A
84	B	N-9	1004	130	10.28	N/A	N/A
85	B	N-9	1005	114	5.54	N/A	N/A
86	B	N-9	1006	112	5.3	N/A	N/A
87	B	N-9	1007	112	6.68	N/A	N/A
88	B	N-9	1008	112	5.54	N/A	N/A
89	B	N-10	1101	122	3.97	N/A	N/A
90	B	N-10	1102	117	5.45	N/A	N/A
91	B	N-10	1103	117	12.26	N/A	N/A
92	B	N-10	1104	130	10.28	N/A	N/A
93	B	N-10	1105	114	9.65	N/A	N/A
94	B	N-10	1106	112	5.3	N/A	N/A
95	B	N-10	1107	112	6.68	N/A	N/A
96	B	N-10	1108	112	9.75	N/A	N/A
97	B	N-11	1201	122	3.97	N/A	N/A
98	B	N-11	1202	117	5.45	N/A	N/A
99	B	N-11	1203	117	12.26	N/A	N/A
100	B	N-11	1204	130	10.28	N/A	N/A
101	B	N-11	1205	114	5.54	N/A	N/A
102	B	N-11	1206	112	5.3	N/A	N/A
103	B	N-11	1207	112	6.68	N/A	N/A
104	B	N-11	1208	112	5.54	N/A	N/A
105	B	N-12	1301	122	3.97	N/A	N/A
106	B	N-12	1302	117	5.45	N/A	N/A
107	B	N-12	1303	117	12.26	N/A	N/A
108	B	N-12	1304	130	10.28	N/A	N/A
109	B	N-12	1305	114	9.65	N/A	N/A
110	B	N-12	1306	112	5.3	N/A	N/A
111	B	N-12	1307	112	6.68	N/A	N/A
112	B	N-12	1308	112	9.75	N/A	N/A
113	B	N-13	1401	122	3.97	N/A	N/A
114	B	N-13	1402	117	5.45	N/A	N/A
115	B	N-13	1403	117	12.26	N/A	N/A
116	B	N-13	1404	130	10.28	N/A	N/A
117	B	N-13	1405	114	5.54	N/A	N/A
118	B	N-13	1406	112	5.3	N/A	N/A
119	B	N-13	1407	112	6.68	N/A	N/A
120	B	N-13	1408	112	5.54	N/A	N/A
121	B	N-14	1501	122	18.3	122	N/A
122	B	N-14	1502	117	10.45	117	N/A
123	B	N-14	1503	117	9.94	117	N/A
124	B	N-14	1504	130	8.02	130	N/A
125	B	N-14	1505	114	9.65	114	N/A
126	B	N-14	1506	112	11.77	112	N/A
127	B	N-14	1507	112	6.81	112	N/A
128	B	N-14	1508	112	9.75	112	N/A

Anexo 2. Fichas Técnicas

Anexo 2.1 Ficha Técnica de Medidor Marca ELSTER REX 2 Forma 12S

Medidor REX2-EA™ de EnergyAxis®



El conjunto robusto de funciones y la arquitectura flexible del medidor REX2-EA proporciona una base sólida para la implementación de las redes inteligentes del futuro.

Excelencia Residencial

El medidor REX2-EA agrega a la familia de medidores REX muchas mejoras diseñadas para soportar iniciativas de nuevas necesidades en redes inteligentes.

Los Medidores REX2 incluyen una memoria mejorada, mayor seguridad, actualización remota y capacidades adicionales para apoyar las necesidades de redes inteligentes, tales como cortes de suministro y monitoreo del voltaje.

Desarrollado con la tecnología y la flexibilidad de comunicaciones en mente, la Plataforma REX2 es tanto un punto de medición inteligente como una puerta de enlace al hogar, soportando comunicaciones ZigBee tanto de 900 MHz como de 2.4 GHz. También proporciona un marco de arquitectura abierta para la innovación tecnológica de terceros, apoyando la Iniciativa de las redes de Infraestructura Avanzada.

Optima Funcionalidad

- Comunicación de 2 vías usando tecnología de Radio Frecuencia de 900 MHz FHSS EnergyAxis, proporcionando la combinación ideal de velocidad, penetración y potencia de Radio Frecuencia.

- Soporte para lectura de datos a solicitud en instrumentación, energía, demanda y estatus.

- 2 cantidades configurables de medición que soportan medición bidireccional, ideal para la medición neta de energía y aplicaciones de cogeneración.

- 3 cantidades de demanda en bloque para intervalos de 5, 15, 30, o 60 minutos, incluyendo restablecimiento de demanda remota y limitador de demanda.

- Soporte de hasta 4 periodos y 4 estaciones de tarifa horaria para energía y demanda con nivel crítico para fijación de precios.

- 2 canales de perfil de intervalos de datos, con energía instantánea de Fin de Intervalo para una validación de datos mejorada.

- Flexibilidad para soporte de dispositivos integrados o por medio de módulos de comunicación para mediciones de agua, gas y de terceros.

- Tecnología avanzada de detección de robo de energía y manipulación de la medición.

- Amplia gama de estados, alarmas, advertencias y notificación de condiciones de error a través de la red, las cuales pueden ser reportadas inmediatamente o en intervalos de tiempo (4 hrs.)

- Capacidad de actualización futura de medición de reactivos, demanda rolada, y otros mejoras en las funcionalidades.

- Seguridad avanzada con 128-bit de encriptado AES.

- Soporta la medición y la red de comunicaciones para normas incluyendo ANSI C12.19 y C12.22

- Memoria no volátil para 1.000.000 ciclos de escritura, asegurando la integridad de los datos durante la vida del medidor.

www.elster.com



Construido sobre el diseño del medidor REX con una mejor tecnología y flexibilidad de comunicaciones, la plataforma de medición del REX2 proporciona una combinación óptima de innovación a prueba del futuro, con experiencia mundial real de campo.

Interruptor interno para corte de suministro.

Los medidores REX2 tienen como opción un interruptor integrado para corte de suministro hasta de 200 A. Basado en experiencias de campo, el interruptor interno de corte de suministro del medidor REX2 ha sido optimizado al ofrecerlo con contactos de baja resistencia que incrementan la vida de este, el medidor REX2 con interruptor interno de corte es idéntico en el exterior a los medidores sin interruptor, protegiendo así de las preocupaciones de los consumidores acerca de la implementación de este tipo de programas. El medidor REX2 soporta el limitador de demanda avanzado y el bloqueo de funcionalidad, adicionalmente el interruptor interno para corte de suministro solo puede ser operado por personal autorizado de la empresa a través de la red o localmente en el medidor.

Actualizaciones vía Aire.

Haciendo uso de código de gestión probada, la tecnología REX2 permite actualización remota de medidores y el propio firmware de comunicaciones, al mismo tiempo garantiza la funcionalidad de la red permaneciendo esta intacta, sin pérdida de datos de medición.

La capacidad de actualización remota del firmware protege su inversión en la Infraestructura avanzada de medición y permite cumplir con los futuros requisitos de la red inteligente, sin la preocupación de la obsolescencia en la tecnología. Además de la capacidad de actualización remota de firmware, el medidor también soporta reconfiguraciones remotas de muchos parámetros de medición.

Funcionalidad en Interrupción y Restablecimiento.

El medidor REX2 proporciona soporte avanzado para interrupciones y restablecimiento del suministro, mejorando la capacidad de la empresa para identificar rápidamente el alcance de las interrupciones y adicionalmente recibir avisos de restablecimiento para validar que el voltaje ha sido restaurado en cada punto. La información necesaria para determinar el importante índice de interrupción también esta disponible.

Se Incluyen las siguientes características:

- Número de interrupciones momentáneas o sostenidas
- Tiempo acumulado total de interrupciones sostenidas

- Tiempo de interrupciones con estampa de fecha y hora.
- Notificación de Interrupción por Alerta de manipulación.
- Notificación de calidad de restablecimiento con Voltaje del servicio.

Software Metercat de soporte

El Metercat es un paquete de software amigable en todos aspectos, es una herramienta de configuración y análisis, fue desarrollado para programar y leer los medidores de Elster tales como A3 ALPHA, REX y REX2. Diseñado para operación en una plataforma flexible en computadoras que utilizan sistemas operativos de Microsoft® Windows® tales como Windows 2000, XP o Vista.

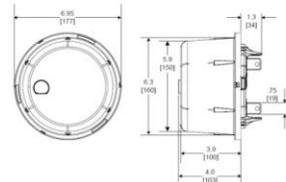
Especificaciones del Medidor

Rangos de Operación

Voltaje	Forma 1S y Forma 12S Forma 2S	Rango Nominal dato de Placa	Rango de Operación
	Forma 2S	120 V 1F1E2H y 2F2E3H	96 V a 144 V
	Forma 3S y 4S	240 V 1F1E3H	192 V a 288 V
		120 V	96 V a 144 V
		240 V	192 V a 288 V
Corriente		15 A. (Clase 100 A.), 30 A. (Clase 200 A.), 50 A. (Clase 320 A.) y 2.5 A. (Clase 20 A.) Rango : 0 a máximo valor de corriente de clase	
Frecuencia		Nominal 60 Hz ±5%	
Rango de Temperatura y Humedad		-40 °C a +85 °C bajo la cubierta	0 % a 100% sin condensación
Interruptor Interno para corte		Máx. corriente de Interrupción 200 A.	Mínimo 15,000 Operaciones

Características de Operación General

Características de Operación General	Forma 1S, 2S y 12S	Forma 3S y 4S
Corriente de Arranque	100mA para Clase 200 160mA para Clase 320	10mA para Clase 20
Deslizamiento 0.000A (sin corriente)	No mas de un pulso medido por parámetro conforme a la norma ANSI C12.1	
Burden (Carga)	Menos de 1.5 W	
Base primaria de tiempo	El tiempo relativo es mantenido por un cristal; el tiempo real se provee por la red EnergyAxis	
Frecuencia de comunicación	902 MHz a 928 MHz (No requiere licencia)	
Otros	Cubierta de Policarbonato Puerto Óptico ANSI Tipo 2	



Dimensiones aproximadas en pulgadas (milímetros). Solo para Referencia.

Elster
208 S Rogers Lane
Raleigh, NC 27610-2144
United States

T + 1 800 338 5251 (US toll free)
T + 1 905 634-4895 (Canada)
F +1 919 212 4801

support@us.elster.com
www.eslter.com

©2008 by Elster. All rights reserved.

Anexo 2.2 Ficha Técnica de Medidor Colector A3 Alpha.

Medidor Colector A3 Alpha® de EnergyAxis®



Diseñado para trabajar en una gran variedad de redes de comunicación pública, el medidor Colector A3 Alpha es la solución ideal para la obtención de datos en Redes de Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) para clientes Comerciales, Industriales y Residenciales

Soluciones AMI

Construido con una arquitectura abierta, el sistema EnergyAxis ofrece la integración de aplicaciones para diversos sistemas de compañías de servicio, creando una trayectoria de información para diferentes transacciones de negocios. Instalando diferentes nodos como puntos de medición el medidor Colector A3 Alpha construye la infraestructura de medición avanzada para la red inalámbrica del sistema EnergyAxis.

Para el sistema EnergyAxis, el colector es la interface entre el Sistema de automatización de Medición (MAS) y los puntos de medición en sitio (electricidad, agua y/o gas). Para operar como colector el medidor Colector A3 Alpha, se suministra con una tarjeta opcional de red local LAN para operación en la banda de 900 MHz y a su vez en la red pública WAN. Esta tarjeta esta incluida como solución dentro de la cubierta del medidor permitiendo que la implementación de la red de comunicación sea tan simple como instalar un medidor, no se requiere equipo adicional.

Una vez instalado cada colector administra una red de medidores y realiza las siguientes funciones :

- Actúa como interface entre las redes locales LAN y públicas WAN
- Soporta el registro automático de medidores con Radiofrecuencia.

- Designa a ciertos medidores como Repetidores
- Selecciona las rutas óptimas de comunicación basado en el desempeño de operación de la red y otros factores
- Almacena y descarga esquemas de tarifa horaria (TOU) a medidores.
- Transmite señales de sincronización de tiempo
- Programa los restablecimientos de demanda
- Obtiene datos de perfil de carga por intervalo
- Envía datos de medición al sistema MAS

Los colectores también permiten al sistema EnergyAxis transmitir comandos a los puntos de medición y obtener confirmación de que fueron ejecutados. Por ejemplo el sistema EnergyAxis puede ser usado para desconectar o reconectar remotamente clientes, realizar lecturas de medición a solicitud y diagnosticar medidores con posible fraude.

Comunicaciones Flexibles

El medidor Colector A3 Alpha esta diseñado para trabajar en una gran variedad de redes de comunicación pública y privada tales como: Telefonía, 1XRTT, CDMA, GPRS, Satélite, Fibra Óptica, WiFi, Ethernet y Red privada de RF. Esta flexibilidad le permite a las compañías de servicio implementar sistemas con la confianza que podrán migrar a nuevas soluciones en el futuro.

www.elster.com



El Medidor Colector A3 Alpha ofrece administración altamente efectiva e inteligente para el sistema EnergyAxis a través de auto-configuración, auto-optimización y auto-reparación de la red inalámbrica.

Funcionalidad de Datos de Medición

En adición a su función de Colector, el medidor A3 Alpha actúa como un nodo de medición en la red del sistema EnergyAxis. El Colector A3 Alpha tiene alta precisión de facturación 0.2 de acuerdo a normas ANSI C12.20. Ofrece diversos tipos iniciando con el básico A3D para medición de energía activa y demanda, A3T que ofrece energía activa, demanda y tarifa horaria. El A3R, A3K y A3Q son usados donde se requiere energía activa y reactiva o bidireccional. Cada una de las cantidades de medición son almacenadas en memoria no volátil e incluyen energía, demanda, datos de tarifa horaria y grabación por intervalos. Como un nodo del sistema EnergyAxis, el Colector A3 Alpha reporta lecturas de medición, estatus, alarmas, condiciones de error y perfil de carga para ser leídos por el MAS.

Dependiendo del tipo de medidor y su programación, las lecturas de electricidad reportadas a través de la red pueden incluir:

- Energía en 4 tarifas horarias y totales para dos variables de energía activa o reactiva.
- 4 Demandas en tarifa horaria para dos variables de demanda de energía activa o reactiva. Cada lectura de demanda esta asociada a una estampa de tiempo y fecha de ocurrencia.
- 4 Demandas coincidentes en tarifa horaria para dos variables de demanda activa o reactiva.
- Voltajes por fase
- 2 Canales de perfil de carga para cualquier variable de energía medida en intervalos de 5, 15, 30 ó 60 minutos.
- Información de estatus, alarmas y eventos.

Especificaciones del Medidor

Formas	1S, 2S, 3S, 4S, 35S, 35A, 12S, 13A, 36S, 36A, 9S, 10S, 10A, 16S, 16A
	Rango Nominal de Placa 120V a 480V
Voltaje	Rango de Operación 96V a 528V
Corriente	0 a Corriente de Clase
Frecuencia	Nominal 50 Hz o 60 Hz +/- 5%
Temperatura	-40°C a +85°C bajo la cubierta del medidor
Humedad	0% a 100% no condensada
Características de Operación	
Consumo fuente de alimentación	Menor a 4 Watts
Carga por fase de corriente	0.1 milOhms típico a 25°C
Carga por fase de voltaje	0.008 W @ 120 V, 0.03 W @ 240 V y 0.04 W @ 480 V.
Precisión	Cumple con ANSI C12.20 para precisión clase 0.2%
Comunicación	Tecnología de RF en la banda de 902 a 928 MHz (Frequency hopping Spread spectrum)
Características de desempeño	
	10mA para Clase 20
	100mA para Clase 200
	160mA para Clase 320
Corriente de Arranque	5mA para Clase 20
	50mA para Clase 200
	80mA para Clase 320
Deslizamiento 0.000 Amp.	No mas de un pulso medido por cantidad, de acuerdo a ANSI C 12.1
Base primaria de tiempo	Frecuencia de la línea (50Hz o 60Hz), o con oscilador de cristal
Batería (opcional)	Batería de LISOLi, 800mAh, 3.6 V, vida de 20 años, 5 años cont. a 25°C
Velocidad de Comunicación	Puerto Óptico 300 a 28,000 bps
	Puerto remoto 1200 a 19,200 bps
Estándares	ANSI C12.1, C12.10, C12.18, C12.19, C12.20 y C12.21
Otros	Cubierta de Policarbonato

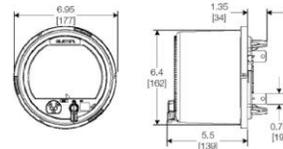
Funcionalidad de Interrupciones y Restablecimiento

El medidor Colector A3 Alpha ofrece a las compañías de servicio la información necesaria para la administración de interrupciones y restablecimientos de energía, permitiendo a estas la mas rápida identificación de este tipo de fallas, con mensajes para validar que la energía ha sido restablecida en cada cliente.

El Colector A3 Alpha recibe información de interrupciones y restablecimiento de medidores en la red inalámbrica y las reporta al sistema MAS. Adicionalmente el Colector puede revisar a solicitud la condición del servicio eléctrico para un cliente en particular.

Acercas del Grupo Elster

El Grupo Elster es el líder mundial en manufactura y suministro de medición integrada y soluciones de alta precisión para la industria del gas, electricidad y agua.



Dimensiones en pulgadas (milímetros). Solo para Referencia.

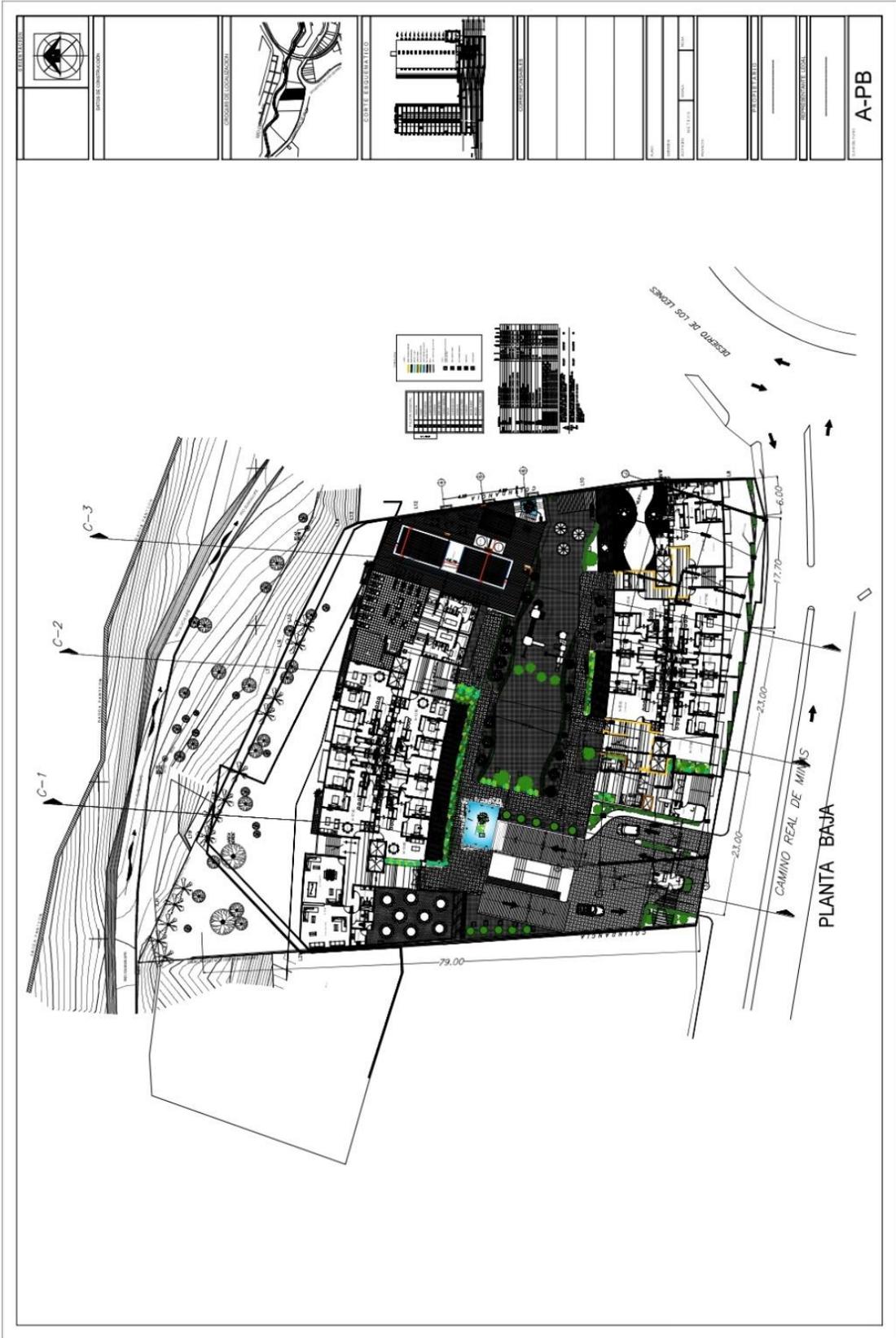
Elster
208 S Rogers Lane
Raleigh, NC 27610-2144
United States

T + 1 800 338 5251 (US toll free)
T + 1 905 634-4895 (Canada)
F +1 919 212 4801

support@us.elster.com
www.elster.com

©2007 by Elster. All rights reserved.

Anexo 3. Planos Arquitectónicos



Anexo 4. Planos Eléctricos

