

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

FACUTAD DE TECNOLOGIA

CARRERA DE ELECTRICIDAD



TRABAJO DE APLICACIÓN

**IMPLEMENTACION DE ACOMETIDAS SUBTERRANEAS ELECTRICAS
EN BAJA TENSION PARA LA CARRERA DE ELECTRIDAD**

POR: ALVARO QUISBERT CALLISAYA

TRIBUNAL: Ing. Walter Ramirez Criales

Lic. Oswaldo Tiñini Apaza

Lic. Alvaro Jhon Flores Calle

Octubre, 2019

LA PAZ - BOLIVIA

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la sabiduría para superar todos los obstáculos que se me han presentado por el camino y darme fuerza para seguir luchando para alcanzar otras metas y poder salir adelante.

A mis padres que me brindan todo su amor y apoyo sin ellos nada de esto sería posible a mis hermanas por entenderme y apoyarme.

A La Universidad Mayor de San Andrés y a la carrera de Electricidad por brindarme su continuo apoyo, conocimiento, lindas experiencias y la oportunidad de empezar y culminar una de mis metas, ser licenciado Electricista.

DEDICATORIA

A mis padres: por su constante amor y comprensión quienes hicieron posible este trabajo. Reciban mi gratitud y amor. Gracias.

A.Q.C

RESUMEN

El presente trabajo de aplicación trata acerca de la instalación de acometida eléctrica trifásica en baja tensión cumpliendo con las normativas eléctricas que se rige en Bolivia la NB777 y con normativas de seguridad para la instalación de los mismos, la instalación se la realizara en los predios de la carrera de electricidad ubicada en el campus de la UMSA en cota cota.

La instalación incluye el dimensionamiento de la acometida trifásica, su instalación en la red eléctrica de distribución pública, el dimensionamiento e instalación del bastón y ductos subterráneos para la bajante de la acometida trifásica subterránea hasta el tablero de medición, el dimensionamiento y montaje del tablero de mediciones y protecciones.

En la implementación podremos ver todo el proceso, cálculos y normas que debemos seguir al realizar este tipo de proyectos, una vez ejecutado el proyecto será como entrenador didáctico para la formación de futuros profesionales.

Palabras claves: acometida, baja tensión.

INDICE

1. GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 JUSTIFICACION DEL TRABAJO	1
1.3 OBJETIVOS	2
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
2. FUNDAMENTO TEORICO	4
2.1 REDES DE DISTRIBUSION ELECTRICA	4
2.2 REDES DE DISTRIBUCION DE BAJA TENSION	4
2.3 ACOMETIDAS EN BAJA TENSION	4
2.3.1 ACOMETIDA SUBTERRANEA	5
2.3.2 ACOMETIDA AEREA	5
2.4 CARACTERISTICAS DE LA ACOMETIDA	6
2.5 TABLEROS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION	9
2.5.1 GENERALIDADES	9
2.5.2 CAJAS DE MEDICION	9
2.5.3 CAJA DE BARRAS	10
2.5.4 EQUIPOS DE SISTEMAS DE MEDICION	11
2.5.5 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	13
2.6 PROTECCIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION	14
2.6.1 PROTECCION GENERAL O PRINCIPAL	15
3. DESARROLLO DEL TRABAJO	19
3.1 DESCRIPCION DEL TRABAJO	19
3.2 CALCULO DE LA DEMANDA MAXIMA	19
3.3 CALCULO DE LA ACOMETIDA ELECTRICA	20

3.4 DEMANDA MÁXIMA SIMULTÁNEA CORRESPONDIENTE AL CONJUNTO DE VIVIENDAS.	21
3.5 DEMANDA MÁXIMA COR RESPONDIENTE A LOS SERVICIOS GENERALES DEL EDIFICIO	23
3.6 MONTAJE DE LA ACOMETIDA	25
3.6.1 CONEXIÓN A LA RED DE USO GENERAL	25
3.7 MONTAJE DE LA TUBERIA PARA LA ACOMETIDA	27
3.8 MONTAJE DEL GABINETE DE MEDICION	29
4 CONCLUSIONES	30
5 BIBLIOGRAFIA	31
ANEXOS	32

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Disposiciones de Acometidas aéreas	6
Figura 2 Disposición de Barras	11
Figura 3 Medidas de los modulares de medición monofásicos.....	13
Figura 4 Disyuntores contra sobre corriente.	15
Figura 5 Fusibles del Tablero de Medición.....	15
Figura 6 Protección Principal Breiker.....	17
Figura 7 Disposición del tablero de medición.....	17
Figura 8 Conexión de Acometida	26
Figura 9 Accesorios para la fijación de tuberías	28
Figura 10 Montaje de la Tubería PVC	29
Figura 11 Montaje del Tablero de Medición	30

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Acometidas en baja tensión	5
Tabla 2 dimensionamiento de acometidas para sistemas 400/230 voltios.	8
Tabla 3 Dimensionamiento de equipo de medida sistema 400/230 V	12
Tabla 4 Cargas monofásicas por departamento	19
Tabla 5 Cargas trifásicas.	20
Tabla 6 Factor de demanda.	20
Tabla 7 Factor de demanda para tomas de fuerza.	21
Tabla 8 Factor de simultaneidad.	22
Tabla 9 Dimensionamiento de acometidas para sistemas 400/230 voltios	25

1. GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La carrera de Electricidad Industrial viene desarrollando un taller experimental de redes eléctricas en el campus de cota cota donde se tiene instalado redes eléctricas de media y baja tensión, dicho taller carece de la instalación de elementos de enlace con la carga, denominadas acometidas, el proyecto pretende implementar una acometida eléctrica de baja tensión subterránea, cumpliendo todas las características de normativa y diseño, dando a conocer así a los estudiantes el proceso de instalación y dimensionamiento del mismo.

1.2. JUSTIFICACION DEL TRABAJO

Ante la inminente necesidad de contar con elementos de enlace entre la red de distribución y clientes, se sustenta y justifica el presente trabajo de aplicación mismo que servirá para la ejemplarización de este tipo de proyectos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar una acometida subterránea eléctrica trifásica en baja tensión para la carrera de electricidad industrial.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar el dimensionamiento de la acometida trifásica para baja tensión.
- Instalar la acometida trifásica para baja tensión.
- Realizar el dimensionamiento y del tablero de mediciones.
- Montar la acometida eléctrica, tablero de mediciones y sus componentes en los predios de la carrera de electricidad.

FUNDAMENTO TEORICO

1.4. FUNDAMENTO TEORICO

1.4.1 REDES DE DISTRIBUSION ELECTRICA

Son las redes encargadas del transporte de la energía desde las subestaciones de transformación hasta los usuarios. Estas redes se subdividen en: Red primaria de distribución (red de reparto): Son líneas aéreas o subterráneas de media tensión que se extienden desde las subestaciones de transformación hasta las estaciones transformadoras de distribución. Estas redes alimentan la red secundaria o bien grandes consumos industriales. o Red secundaria de distribución: compuesta por las líneas aéreas o subterráneas que unen las subestaciones de distribución con los centros de transformación, lo que se conoce como red de distribución de media tensión. Proyecto Fin de Carrera Análisis del flujo de cargas en redes de baja tensión a cuatro hilos y las líneas que partiendo de los centros de transformación llevan la energía hasta los usuarios finales, denominada red de distribución de baja tensión (230-400 V).

1.4.2. REDES DE DISTRIBUCION DE BAJA TENSION

Según el reglamento de Calidad de Distribución de Electricidad, 20 de abril de 2002, Artículo 1º nos dice que Baja Tensión (BT). Es igual o menor a mil (1.000) Voltios.

1.4.3. ACOMETIDAS EN BAJA TENSION

Se denomina acometida, a la instalación de enlace comprendida entre la parte de la red de distribución pública y el equipo de medida. En sentido más amplio, se entiende como el punto de entrada de energía eléctrica, por parte de la compañía suministradora, al edificio receptor de esta energía.

Las acometidas pueden ser aéreas o subterráneas o ambos sistemas combinados, dependiendo del origen de la red de distribución a la cual está conectada.

Tabla. 1: Acometidas en baja tensión

ACOMETIDA	INSTALACION	
	AEREA	SUBTERRÁNEA
Conductores de cobre	Hasta 2 conductores de calibre No. 4 AWG ó 25 mm ²	3 y 4 conductores de calibres iguales a No. 4 AWG ó 25 mm ² . De 2 a 4 conductores de calibres mayores al No. 4 AWG ó 25 mm ² .
Conductores de aluminio	Hasta 4 conductores de calibre No. 4 AWG ó 25 mm ² .	De 2 a 4 conductores de calibres mayores al No. 4 AWG ó 25 mm ² .

1.4.3.1 ACOMETIDA SUBTERRANEA

Es aquella que tiene sus conductores alojados en el interior de un tubo rígido y auto extingible, con un diámetro mínimo de 120 mm hasta un máximo de 60 cm. Dependiendo de la potencia que precise el edificio, y de acuerdo con el sistema de distribución empleado, pueden ser necesarios uno o dos tubos por cada línea de acometida.

Este tipo de acometida es la más utilizada en los grandes núcleos de población, donde las redes de distribución pública discurren por el subsuelo de las calles y vías principales para no afectar así la estética de los edificios.

1.4.3.2 ACOMETIDA AEREA

El soporte o gancho de recepción del cable de la acometida con una sección mínima de 16 mm², deberá estar localizado en el lugar más cercano a uno de los postes de la red de distribución de DELAPAZ, a una altura mínima al suelo de acuerdo a las siguientes condiciones:

- Cuando cruza avenidas con vías de varios carriles: 7.00 m.
- Cuando cruza una calle con una única vía: 6.00 m.
- Cuando no cruza ninguna calle ni avenida: 4.60 m.

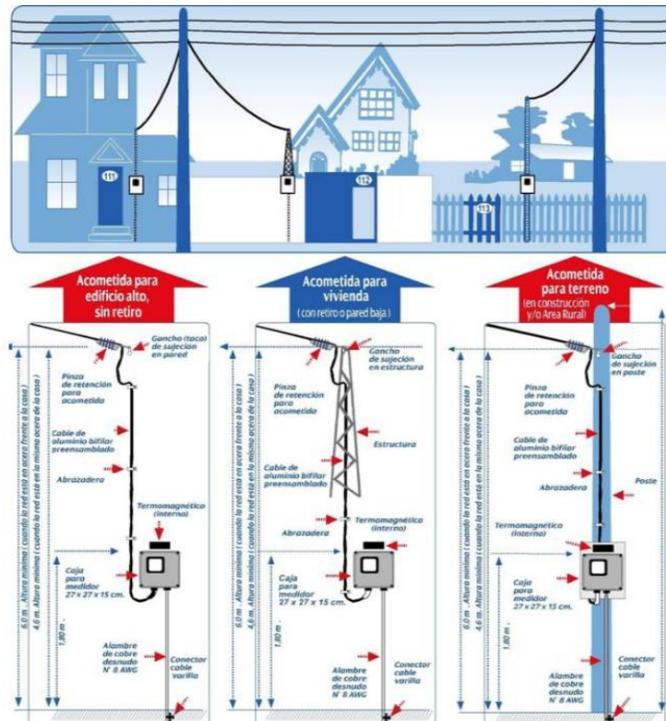


Figura 1 Disposiciones de Acometidas aéreas

1.4.4 CARACTERISTICAS DE LA ACOMETIDA

Las empresas eléctricas fijan la naturaleza y el tipo de los conductores a utilizar en las líneas de acometida, por lo que el número de éstos será igualmente fijado por ellas en función de las características y tipos de suministro eléctrico que se efectúe.

Respecto a la sección de los conductores que forman una acometida, éstas se calculan teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- La demanda máxima prevista y determinada conforme se señaló antes.
- La tensión de suministro.
- Las densidades máximas de corriente.
- La caída de tensión máxima admisible. Esta caída de tensión será la que la empresa suministradora fije y tenga establecida y recogida en el reglamento de verificaciones eléctricas.

El tramo máximo aceptable será de 35 a 40 metros entre la red pública y el equipo de medida (siempre que las condiciones técnicas lo permitan). En acometida aérea la distancia mínima entre conductores en disposición vertical será de 15 cm. La conexión de los conductores a la red pública se realizará mediante conectores de empalme múltiple. Los arranques de las acometidas deberán tomarse de soportes fijos a la postación.

Los conductores de acometida no deberán tener uniones ni derivaciones. La altura de llegada de los conductores aéreos de la acometida desde la red de distribución a la caja de medición de la edificación, deberá ser como mínimo 3.50 m, para tal efecto se pueden utilizar estructuras intermedias como ser postes, o pequeños machones dispuestos sobre los botaguas de la muralla de la edificación. Los conductores de acometidas aéreas no deberán pasar a menos de 1 m. de distancia frente a las puertas, ventanas y balcones.

Los conductores de acometidas para una propiedad no deben pasar sobre terrenos de propiedad vecina, por lo tanto, se debe utilizar una estructura intermedia. En caso de acometidas subterráneas, la bajante del poste de distribución y los tramos subterráneos, deberán estar protegidos por un ducto.

El número de conductores que forman la acometida, se determinará de acuerdo al siguiente detalle:

- Se utilizarán dos conductores por acometida en instalaciones (Fase-Fase o Fase-Neutro).
- Cuya demanda máxima no exceda en 10 kW.
- Cuando el número de medidores de energía sea menor o igual a dos respetando el punto anterior.

Se utiliza tres o cuatro conductores por acometida (Acometida trifásica tres conductores para sistema 2 V y cuatro conductores para sistema 400/230 Voltios).

- Cuya demanda máxima prevista exceda a 10 kW.
- Cuando el número de medidores de energía en la acometida sea mayor a dos.
- Excepcionalmente se utilizan en función de las características e importancia del suministro a efectuar.

El cálculo de las secciones de los conductores se realizará teniendo en cuenta:

- 1) La demanda máxima prevista determinada.
- 2) La tensión de suministro.
- 3) La capacidad máxima de corriente admisible para el tipo y condiciones de instalación del o los conductores.
- 4) La caída de tensión máxima admisible.

El conductor mínimo a utilizarse en acometidas monofásicas, será el equivalente al N.º 10 AWG (6mm²) de cobre, y en acometidas trifásicas el N.º 8 AWG (10 mm²).

Tabla 2: dimensionamiento de acometidas para sistemas 400/230 voltios.

Demanda máxima prevista (kW.)	Número de:		Conductores de cobre con aislamiento PVC				Canalización de acometida tubo galvanizado	Aislador tipo rodillo	
	fases	hilos	Fase		Neutro			Diámetro interno Ø"	Ø"
			AWG	(mm ²)	AWG	(mm ²)			
Hasta 3	1	2	10	6	10	6	3/4	1 3/4	1 1/2
3 – 5	1	2	10	6	10	6	3/4	1 3/4	1 1/2
6 – 8	1	2	8	10	8	10	3/4	1 3/4	1 1/2
9 – 10	1	2	8	10	8	10	3/4	1 3/4	1 1/2
3 – 10	3	4	8	10	10	6	1	1 3/4	1 1/2
11 – 18	3	4	8	10	10	6	1	1 3/4	1 1/2
19 – 25	3	4	8	10	10	6	1	1 3/4	2 1/8
26 – 35	3	4	6	16	8	10	1 1/4	2 1/4	2 1/8
36 – 40	3	4	4	16	8	10	1 1/2	2 1/4	2 1/8
41 – 50	3	4	4	16	8	10	1 1/2	2 1/4	2 1/8
51 – 60	3	4	2	25	6	16	2	2 1/4	2 1/8
61 – 70	3	4	1/0	35	4	16	2	2 1/4	2 1/8
71 – 80	3	4	1/0	35	4	16	2	2 1/4	2 1/8
81 – 90	3	4	2/0	50	2	25	2 1/2	2 3/4	3
91 – 100	3	4	3/0	57	2	25	2 1/2	2 3/4	3

1.5. TABLEROS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION

1.5.1. GENERALIDADES

Se entiende por tablero a un recinto que rodea o aloja un equipo eléctrico con el fin de protegerlo contra las condiciones externas y prevenir contactos accidentales de partes energizadas (activas), con personas o seres vivos. Los tableros deberán contar con la certificación de ensayos de calidad.

1.5.2. CAJAS DE MEDICION

Son las cajas que alojan los elementos de medición y protección principal de las instalaciones eléctricas.

La caja de medición puede estar construida de dos formas:

- Una caja con dos compartimientos separados, con puertas independientes, una para el medidor y otra para la protección general o principal.
- Una caja de un sólo compartimiento para medición y otra para la protección general o principal, cada una con puerta.
- Se podrá fabricar cualquiera de las dos opciones, dependiendo del caso, también es válido para medidores trifásicos. Estas cajas deberán ser metálicas y con dimensiones mostradas en las figuras 4 Y 5.
- La base inferior de cualquiera de las dos cajas mencionadas, debe estar a una altura comprendida entre 1.30 a 1.50 m sobre el nivel del piso terminado.
- Deberán estar empotrados en muros, columnas o machones contruidos para este fin, de manera que queden firmes y protegidas.
- Las cajas de medición y/o cajas de medición y protección, deberán estar ubicadas sobre el límite que divide la propiedad privada y la calle de tal forma que sea de libre acceso y fácil desde la vía pública, con vista frontal a la calle.

- Hasta 2 medidores en la parte frontal de la muralla de la edificación (vista afuera), de tres medidores adelante dentro la edificación.
- La caja de medición, deberá permitir la lectura directa de los medidores sin necesidad de abrir puertas o tapas.
- En edificios de múltiples usuarios, que no excedan a 4 pisos, los equipos de medición deberán instalarse en forma concentrada en el sótano o en la planta baja.
- En edificios de muy elevada altura, se pueden instalar alternativamente dos bancos de equipos de medición concentrados en puntos de manera que exista una distribución equitativa de pisos, en estos casos se deberá asegurar la inviolabilidad de la instalación hasta antes de cada medidor, (Este caso es para alivianar el gran número de tendido de conductores por el shaft).
- Las cajas de medición deberán disponer de facilidades para la instalación de sellos.
- Las dimensiones y disposición de las cajas de medición estarán de acuerdo con el tipo de instalación y sistema de alimentación ver la figura 5.

1.5.3 CAJA DE BARRAS

La caja de barras debe estar ubicada entre la canalización de acometida y el equipo de medida.

- Incluirá todos los elementos y accesorios para una adecuada distribución, las dimensiones de estas cajas serán de acuerdo al número y capacidad de los equipos de medida a ser alineados. La separación de barras y aisladores de soporte se indicarán en la figura 3.
- La sección de barras deberá estar de acuerdo a la potencia requerida.
- Estas cajas deberán ser metálicas con un espesor mínimo de 1 mm y deben protegerse con dos capas de pintura una de antióxido y otra de acabado.

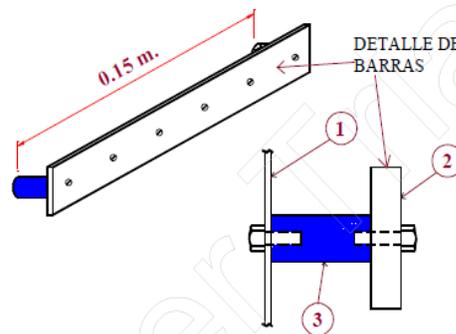
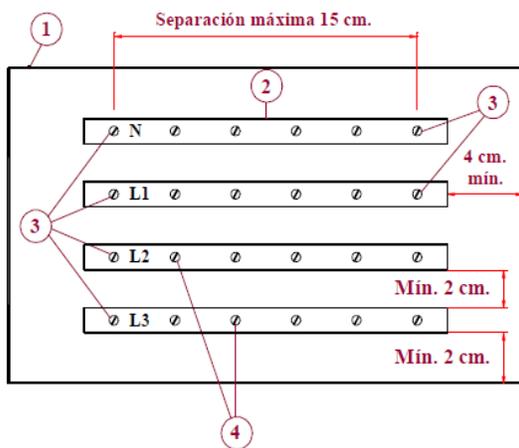


Figura 2 Disposición de Barras

1. Caja metálica de barras de espesor mínimo 1 mm.
2. Barras de cobre de sección y longitud de acuerdo a la potencia requerida.
3. Soportes de barras.
4. Pernos de sujeción de conductores.
5. Volanda para sujeción de conductores.
6. Conductor.
7. Tuerca para sujeción de conductores.

1.5.4 EQUIPOS DE SISTEMAS DE MEDICION

Se aceptará medición directa hasta una demanda máxima de 25 kW. en 230 V y 35 kW. en 400 V. Para usuarios cuya demanda máxima no supera los 10 kW., el sistema de medida será monofásico, exceptuando instalaciones especiales que requieran suministro trifásico.

Para usuarios cuya demanda máxima supera los 10 kW., el sistema de medida será trifásico, considerando los siguientes aspectos:

- Medición directa, cuando la demanda máxima del usuario no supera 25 kW. en 230 V y 35 kW. en 400/230 V de tensión de servicio.
- Medición indirecta, con el uso de transformadores de corriente de relaciones de transformación adecuadas, cuando la demanda máxima supere los valores anteriores indicados.
- Los medidores serán del tipo de inducción, suspensión magnética de lectura directa, con 5 dígitos enteros ciclo métrico, clases de precisión (Norma IEC publicación 521).
- Se aceptarán también medidores electrónicos de características iguales o superiores a las especificadas. Los transformadores de corriente serán de carga de precisión mínima de 10 VA, clase de precisión 0.5 (factor de potencia 0.9), corriente nominal del secundario 5 A, frecuencia de 50 ciclos por segundo, tipo toroidal o barra pasante.

Tabla 3 : Dimensionamiento de equipo de medida sistema 400/230 V

Demanda máxima prevista (kW)	N°		Caja metálica y equipo de medición						Aterramiento					
	Fases	Hilos	Medidor (A)	N° de elem.	Interruptor termomag. (A)	Tipo de caja	Transf. de corriente		Conductor de cobre		Jabalina		Ducto	
						Referencia	Relación (A)	Piezas	A W G	mm ²	Diámet. Ø"	Long L"	N°	Diámet. Ø"
Hasta 3	1	2	10	1	32	Esq. 2.11			10	6	5/8	32	1	1/2
3 – 5	1	2	10	1	32	Esq. 2.11			10	6	5/8	32	1	1/2
6 – 8	1	2	20	1	40	Esq. 2.11			10	6	5/8	32	1	1/2
9 – 10	1	2	20	1	50	Esq. 2.11			10	6	5/8	32	1	1/2
3 – 10	3	4	10		30	Esq. 2.11			10	6	5/8	32		1/2
11 – 18	3	4	20		40	Esq. 2.11			10	6	5/8	32		1/2
19 – 25	3	4	20		50	Esq. 2.11			10	6	5/8	32		1/2
26 – 35	3	4	30		60	Esq. 2.11			10	6	5/8	32		1/2
36 – 40	3	4	5		80	Esq. 2.13	100/5	3	4	16	5/8	7		1/2
41 – 50	3	4	5		100	Esq. 2.13	100/5	3	4	16	5/8	7		1/2
51 – 60	3	4	5		125	Esq. 2.13	150/5	3	4	16	5/8	7		1/2
61 – 70	3	4	5		125	Esq. 2.13	150/5	3	4	16	5/8	7		1/2
71 – 80	3	4	5		160	Esq. 2.13	175/5	3	4	16	5/8	7		1/2
81 – 90	3	4	5		200	Esq. 2.13	175/5	3	2	25	5/8	7		1/2
91 - 100	3	4	5		200	Esq. 2.13	200/5	3	2	25	5/8	7		1/2

- Nota: 1.-** Para potencias mayores a 35 kW se debe considerar medidor activo y reactivo.
2.- Los interruptores para instalaciones monofásicos deberán ser unipolares.
3.- Los interruptores termomagnéticos deben tener una capacidad de ruptura mínima de 10 kA

1.5.5 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

El tablero centralizador de medidores (TCM) deberá tener las siguientes características constructivas:

- Envoltente de chapa metálica de por lo menos 1 mm de espesor, recubierto de una capa de pintura antioxidante interior y otra pintura de acabado exterior o también puede ser envoltente de poliéster termoestable reforzado con fibra de vidrio.
- Deberá estar diseñado con todos los compartimentos establecidos, con un grado de protección IP43 y estar provistos con dispositivos para la instalación de precintos de seguridad.
- El diseño de las puertas deberá contar con la provisión de bisagras torneadas del tipo hembra – macho.

Otros aspectos generales de la Centralización de Medidores están reglamentados en la norma NB 777 así como en las normas NB 148001-2, NB 148002 y NB 148003.

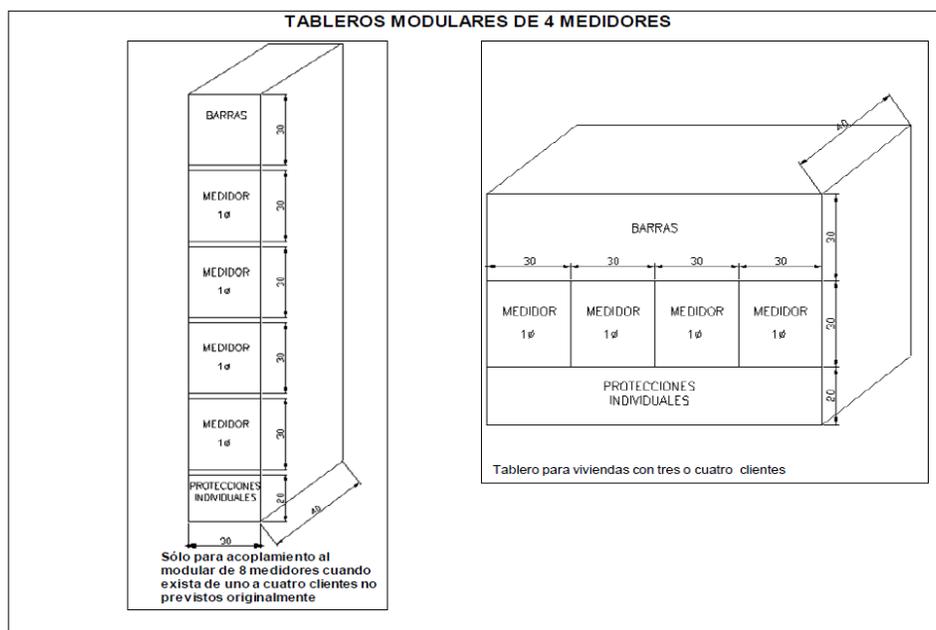


Figura 3 Medidas de los modulares de medición monofásicos.

1.6. PROTECCIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION

Los conductores activos deber ser protegidos contra las sobrecorrientes provocadas por sobrecargas y cortocircuitos. Además, la protección contra sobrecargas y cortocircuitos deben ser coordinadas adecuadamente.

Los dispositivos de protección se deben seleccionar entre los siguientes:

1) Dispositivos que aseguran a la vez la protección contra las corrientes de sobrecargas y protección contra las corrientes de cortocircuito. Los dispositivos de protección deben interrumpir toda sobrecorriente inferior o igual a la corriente de cortocircuito presunta en el punto de instalación del dispositivo. Estos dispositivos pueden ser:

a) Disyuntores con disparo de sobrecarga.

b) Disyuntores asociados con fusibles, deben considerarse los siguientes tipos de fusibles:

- Fusibles gI ensayados de conformidad a la norma respectiva.
- Fusibles que llevan elementos de reemplazo gI probados en un dispositivo especial de alta conductividad térmica.

2) Dispositivos que brindan protección únicamente contra corrientes de sobrecarga. Son dispositivos que poseen una característica de funcionamiento de tiempo inverso y pueden tener un poder de ruptura inferior a la corriente de cortocircuito presunta en el punto de instalación.

3) Dispositivos que brindan protección únicamente contra corrientes de cortocircuito. Estos dispositivos pueden ser utilizados cuando la protección contra las sobrecargas es realizada por otros medios o cuando se admite la dispensación de la protección contra las sobrecargas. Deberán poder interrumpir toda corriente de cortocircuito inferior o igual a la corriente de cortocircuito presunta. Estos dispositivos pueden ser:

- Disyuntores con disparo a máxima corriente.
- Fusibles.



Figura 4 Disyuntores contra sobre corriente.



Figura 5 Fusibles del Tablero de Medición.

6.1 PROTECCION GENERAL O PRINCIPAL

Toda instalación interior de todo usuario, debe ser equipada con un dispositivo único que permita interrumpir el suministro y asegurar una adecuada protección.

Para la protección principal o general de instalaciones industriales se aceptarán únicamente interruptores termomagnéticos de caja moldeada de baja tensión, cuyo dimensionamiento deberá adecuarse a lo establecido en las normas.

Para la protección general o principal de instalaciones domiciliarias se aceptan únicamente interruptores termomagnéticos o fusibles de uso.

Dependiendo del tipo de alimentación, los interruptores termomagnéticos deberán ser del tipo:

- Unipolar para el sistema de alimentación Una fase.
- Bipolar para sistema de alimentación Dos fases.
- Tripolar para sistema de alimentación Tres fases.
- El conductor neutro no deberá contener ningún dispositivo capaz de ocasionar su interrupción, asegurando así su continuidad.

La protección general debe ser instalada en:

- El compartimiento destinado a la protección de la caja de medición.
- Si la caja de medición y protección son individuales, entonces se instala en la caja de protección separada.



Figura 6 Protección Principal Breiker

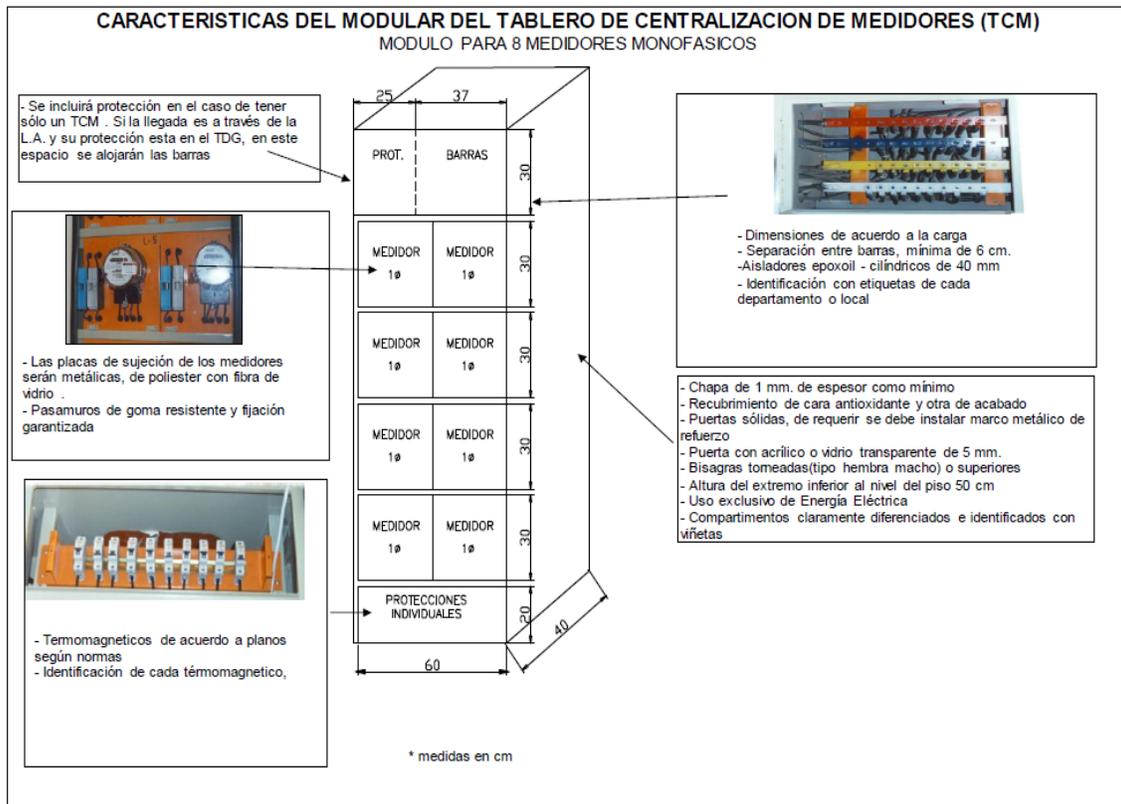


Figura 7 Disposición del tablero de medición

DESARROLLO DEL TRABAJO

7. DESARROLLO DEL TRABAJO

7.1 DESCRIPCION DEL TRABAJO

El presente trabajo de aplicación consiste en realizar la instalación de una acometida subterránea en baja tensión siguiendo la norma NB777 y normas de seguridad, la instalación se la realizara en los predios de la carrera de electricidad, ubicada en cota cota.

7.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA ACOMETIDA

7.2.1 CALCULO DE LA DEMANDA MAXIMA

Para este proyecto tendremos 3 departamentos cada departamento con su propio medidor y para los servicios de ascensor y cargas trifásicas tendremos un medidor trifásico.

Tabla 4: Cargas monofásicas por departamento

No	TIPO DE CIRCUITO	POTENCIA (W)
1	Circuito de iluminación	2000
2	Circuito de tomacorriente	3000
3	Circuito de fuerza (ducha)	5000
4	Circuito de fuerza 2 (cocina)	5000
5	Circuito de toma corriente	3000
	POTENCIA INSTALADA TOTAL	18000

Tabla 5: Cargas trifásicas.

N°	TIPO DE CIRCUITO	POTENCIA (W)
1	Circuito de ascensor	5000
	POTENCIA INSTALADA TOTAL	5000

7.3 CALCULO DE LA ACOMETIDA ELECTRICA

Para saber numero de conductor debemos hallar la demanda máxima del proyecto siguiendo las normas NB777 donde nos dice:

Hallamos la demanda máxima por departamentos según la norma para circuito de iluminación y tomacorrientes.

Tabla 6: Factor de demanda.

Potencia instalada	Factor de demanda
Los primeros 3000 W	100 %
De 3001 W a 8000 W	35 %
8001 W ó más	25 %

Circuito de iluminación 2000 + circuito de tomacorrientes 2000 + circuito 2 de tomacorrientes 2000 = 8000 W.

Donde tomaremos los primeros 3000 W nos quedarían 5000 W entonces tomamos el 35 %.

Entonces 35 % de 5000 W es 1750.

Entonces en total tendremos un total de 4750 W por un departamento.

Hallamos la demanda máxima por departamentos según la norma para circuito de fuerza.

Tabla 7: Factor de demanda para tomas de fuerza.

Nº de equipos	Factor de demanda
2 ó menos	100%
3 a 5	75%
6 ó más	50%

Entonces como son solo dos equipos tomamos el 100 %.

Circuito de fuerza ducha 5000 W + circuito de fuerza cocina 5000 W = 10000 W

La demanda máxima será la suma de 10000 W + 4750 W = 14750 W.

Entonces la demanda máxima por departamentos será igual a **14750 W**.

7.4 DEMANDA MÁXIMA SIMULTÁNEA CORRESPONDIENTE AL CONJUNTO DE VIVIENDAS.

Se obtiene sumando las demandas máximas por departamento, este valor deberá multiplicarse por un factor de simultaneidad que corresponde aplicar por la razón de la no coincidencia de las demandas máximas de cada vivienda. En la Tabla siguiente se dan los valores de este factor en función del número de viviendas o departamentos.

Tabla 8 : Factor de simultaneidad.

N° de viviendas unifamiliares	Nivel de consumo mínimo y medio (S)	Nivel de consumo elevado (S)
2 a 4	1.0	0.8
5 a 10	0.8	0.7
11 a 20	0.6	0.5
21 a 30	0.4	0.3

S = factor de simultaneidad

Es decir:

$$D_{Dep} = N \times D_{Max\ d} \times S$$

Donde:

D_{Dep} = Demanda máxima del conjunto de departamentos.

N = Número de departamentos.

S = Factor de simultaneidad.

$D_{Max\ d}$ = Demanda de un departamento.

Como son 3 departamentos el factor de simultaneidad para un consumo medio será de 1.

Entonces tendremos:

$$D_{Dep} = 3 \times 14750 \times 1 = 44250\ W$$

7.5 DEMANDA MÁXIMA COR RESPONDIENTE A LOS SERVICIOS GENERALES DEL EDIFICIO

Será la suma de la potencia instalada en ascensores, bombas hidráulicas, montacargas, iluminación de gradas, circulación, parqueos, vivienda de portería y otros de uso general del edificio, entonces aquí no se aplica ningún factor de demanda.

$$\mathbf{D_{MaxSG} = P_{inssg}}$$

La potencia instalada en servicios generales se obtiene de la siguiente formula.

$$\mathbf{P_{Inst SG} = P1 + P2 + P3 + P4}$$

Donde:

P1 = Potencia de aparatos elevadores (ascensores y montacargas).

P2 = Potencia de alumbrado de zonas comunes (Portal, escalera, etc.).

P3 = Potencia de servicios centralizados de calefacción y agua caliente.

P4 = Potencia de otros servicios.

Entonces:

P_{inst} = potencia de ascensor 5000 W.

$$\mathbf{P_{inst} = 5000W.}$$

Por lo tanto, la demanda máxima será.

$$\mathbf{D_{max} = D_{dep} + D_{sg} + D_c}$$

Donde:

D_{max} = demanda máxima total del edificio.

D_{dep} = demanda máxima de los departamentos.

D_{sg} = demanda máxima de los servicios generales.

D_c = demanda máxima de la parte comercial.

Nota: ya que son solo departamentos la demanda máxima comercial será igual 0.

Entonces tendremos:

$$D_{max} = 44250 + 5000 + 0$$

$$\mathbf{D_{max} = 49250 W}$$

Según la tabla tendremos que la acometida será del número 2 AWG o 25 mm² con este valor también podemos hallar el número del neutro será del número 6 AWG o 16 mm², también hallaremos el diámetro del tubo galvanizado que será de 2 pulgadas.

Nota: si la demanda máxima es igual o mayor a los 50 kW la instalación requiere de un propio transformador.

Tabla 9 : Dimensionamiento de acometidas para sistemas 400/230 voltios

Demanda máxima prevista (kW)	Número de fases – hilos	Conductores de cobre con aislamiento de PVC		Canalización de acometida tubo galvanizado	Aislador tipo rodillo	
		AWG o MCM	(mm ²)	Diámetro interno Ø"	Ø"	L"
Hasta 3	2	10	6	3/4	1 3/4	1 1/2
3 – 5	2	10	6	3/4	1 3/4	1 1/2
6 – 8	2	8	10	3/4	1 3/4	1 1/2
9 – 10	2	8	10	3/4	1 3/4	1 1/2
3 – 8	3	8	10	1	1 3/4	1 1/2
9 – 15	3	8	10	1	1 3/4	1 1/2
16 – 20	3	6	16	1 1/4	2 1/4	2 1/8
21 – 25	3	4	16	1 1/2	2 1/4	2 1/8
26 – 30	3	2	25	1 1/2	2 1/4	2 1/8
31 – 40	3	1/0	35	2	2 1/4	2 1/8
41 – 50	3	2/0	50	2	2 3/4	3
51 – 60	3	3/0	70	2 1/2	2 3/4	3
61 – 70	3	4/0	95	2 1/2	3 1/8	3
71 – 80	3	250	95	3	3 1/8	3
81 – 90	3	350	120	3	3 1/8	3
91 - 100	3	350	150	3	3 1/8	3

7.6 MONTAJE DE LA ACOMETIDA

7.6.1 CONEXIÓN A LA RED DE USO GENERAL

Para la conexión debemos subir al poste de energía utilizando escaleras y o abrazaderas para este procedimiento debemos tener ropa trabajo adecuada, implementos de seguridad como casco, guantes, arnés, gafas, cintas limitadoras, cono limitador. Los pasos a seguir son los siguientes:

- limitar y señalizar el lugar de trabajo.
- comprobar que la estructura este en buenas condiciones.
- Subir al poste con todas las herramientas aseguradas en el cinturón de trabajo.
- Una vez estando cerca del lugar de trabajo asegurar el arnés al poste
- Realizar las conexiones.

La derivación y/o conexión desde la red aérea o subterránea de uso general, debe hacerse por medio de conectores de compresión tipo “C” con cuña o conectores de compresión tipo derivación de acuerdo a las características técnicas descritas en las normas NB777 respectivamente. La instalación de los conectores de derivación se debe instalar de forma escalonada y nunca enfrentados entre sí.

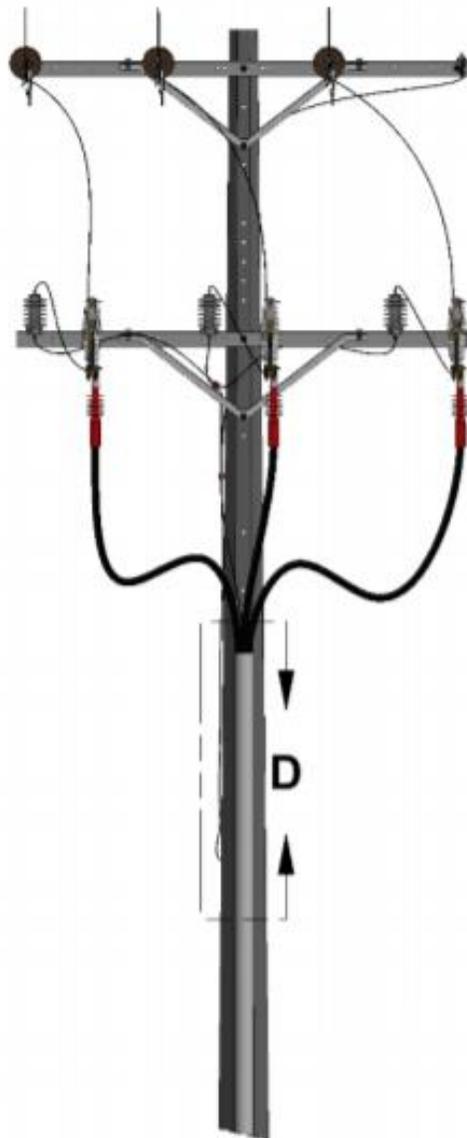


Figura 8 Conexión de Acometida

8. MONTAJE DE LA TUBERIA PARA LA ACOMETIDA

8.1 MONTAJE DE LA TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO

Para el dimensionamiento de esta tubería debemos saber la demanda máxima instalada, en este caso se la calculo y nos dio $D_{max} = 49250 \text{ W}$ con esta potencia vamos a la tabla 7 Dimensionamiento de acometidas para sistemas 400/230 voltios en donde nos indica que el diámetro de la tubería para esta potencia es 1 ½ pulgadas.

Para el montaje debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Los tubos metálicos se deben instalar como un sistema completo, y deben ir bien sujetos a losas, pantallas, columnas o elementos estructurales de la edificación.
- Los tubos se deben sujetar máximo cada 3 m, pero en todo caso, los soportes no pueden quedar apoyados en las uniones roscadas.
- Antes del ingreso a cada caja de salida, caja de corte, caja de dispositivos, armarios, tableros, celdas, conduletas u otra terminación cualquiera, los tubos deben ser sujetos a una distancia no superior a los 900 mm de dichos elementos. Cuando los miembros de la estructura no permitan sujetar fácilmente los tubos cada 900 mm, se permite aumentar la distancia hasta 1500 mm.
- Se permite el uso de los siguientes elementos para la fijación de la tubería: abrazaderas, perfiles ranurados y pernos en "U", fijadores para tubo perpendicular, abrazadera tipo horquilla, pero en todo caso se debe garantizar que el tubo quede sin posibilidad de desplazamiento.
- Los soportes a emplear para la fijación de la tubería metálica, deben ser fabricados en acero con recubrimiento de zinc mediante inmersión en caliente, cumpliendo las especificaciones de la norma ANSI C80.1, NTC

2076 u otra equivalente, asegurando una capa de galvanizado no menor a 20 μm .

- Si se usan espárragos o espaciadores para la fijación de los tubos a los elementos estructurales de edificación, deben emplearse expansiones hembra con rosca interna, del diámetro adecuado.
- Según el diámetro de los tubos a instalar, el diámetro de los espárragos o espaciadores a emplear para su fijación no podrá ser inferior a lo descrito en la tabla.



Figura 9 Accesorios para la fijación de tuberías

8.2 MONTAJE DE LA TUBERIA PVC SUBTERRANEA

Para realizar esta instalación debemos realizar una zanja de 50 cm de profundidad desde el fin de la tubería de hierro galvanizado hasta el lugar del tablero de medición. La tubería será de un diámetro de 1 ½ al igual que la de hierro galvanizado solo que esta será de un material PVC esquema 40.

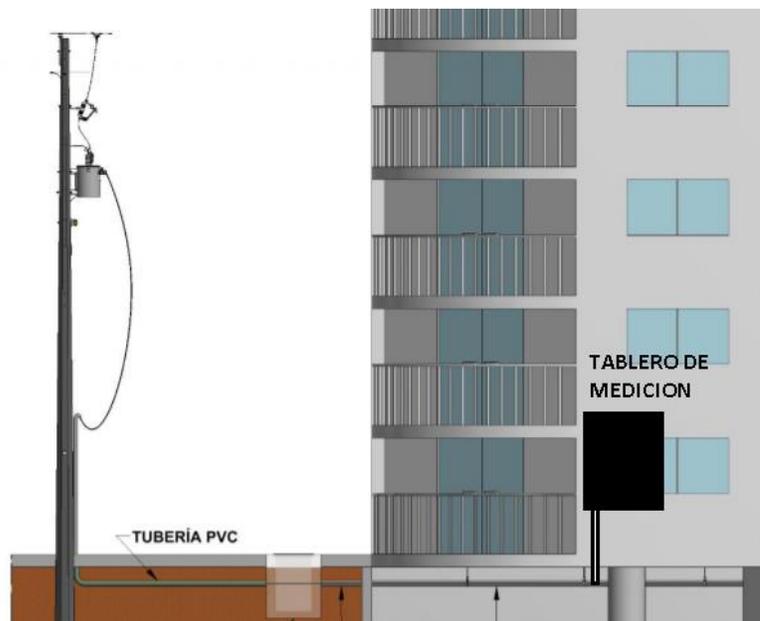


Figura 10 Montaje de la Tubería PVC

9. MONTAJE DEL GABINETE DE MEDICION

Para el proceso de montaje del tablero de medición debemos realizar los siguientes pasos:

- Realizar el trazado donde instalaremos el tablero de medición.
- Verificar que la superficie sea plana y sólida.

- El gabinete se debe instalar verificando su correcta posición tanto vertical como horizontal se fijará el gabinete a la pared por medio de un mortero de cemento, pernos expansores y taladros.
- Luego se instalará en el gabinete el bastidor con las barras de cobre y llaves térmicas.



Figura 11 Montaje del Tablero de Medición

10. CONCLUSIONES

- En el proceso de instalación es muy importante seguir todas las normas de seguridad para el montaje para evitar daños a los equipos y aun mas los daños personales.
- Para una mejor manipulación de la herramientas y mayor facilidad de trabajo es recomendable hacer la instalación en línea muerta es decir sin tensión.

- Es importante tener conocimiento teórico y práctico de estas instalaciones para cuando se nos presente la oportunidad de realizarlo estemos preparados para ejecutar el proyecto con mucha más confianza y facilidad.

11. FUENTES DE INFORMACION CONSULTADA

- 1.- Inbhorca, norma boliviana NB 777, " **diseño y construcción de instalaciones eléctricas anteriores en baja tensión**" primera versión, Bolivia, diciembre 2007.
- 2.- Reglamento Electrotécnico para Baja tensión, Madrid 1996, Editorial Paraninfo.
- 3.- Manual y catálogo del electricista, Santiago de Chile, Schneider Electric Chile S.A., 1999.
- 4.- Manual Estándar del Ingeniero Electricista.
- 5.- Manual técnico de distribución, suministro de energía eléctrica en baja tensión mtd 2.80.10 DELAPAZ.

ANEXOS



Posición del tablero de medición y zanjeado



Zanjeado a 70 cm bajo la superficie



Ducteado de la tubería pvc esquema 40



Ducteado de la tubería de hierro galvanizado a 10 cm de la línea de baja tensión



Cableado y conexión de la acometida trifásica a la red eléctrica de baja tensión



Montaje y cableado de la caja de paso al tablero de medicion



Montaje del tablero de medición y protecciones



Conclusión del proyecto de aplicación