

Instalación Eléctrica

Es el conjunto de equipos y materiales que permiten distribuir la energía eléctrica partiendo desde el punto de conexión de la compañía suministro hasta cada uno de los equipos conectados, de una manera eficiente y segura, garantizando al usuario flexibilidad, comodidad y economía en la instalación. En Venezuela todo lo concerniente al diseño de Instalaciones Eléctricas en cualquier edificación residencial, comercial institucional y en lugares clasificados, se rige por la Norma Covenín 200: Código Eléctrico Nacional (CEN), el cual es un documento que establece los criterios técnicos para que la instalación a proyectar sea la más segura, sin embargo, no es un Manual de Diseño, pero su uso dentro del territorio nacional es de carácter obligatorio.

Partes de una Instalación Eléctrica

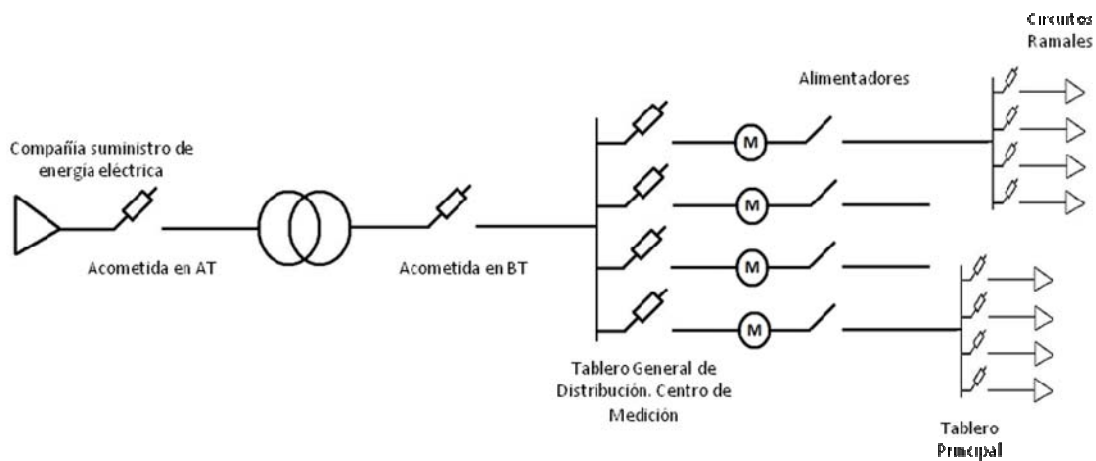


Figura 1: Diagrama unifilar de una vivienda multifamiliar

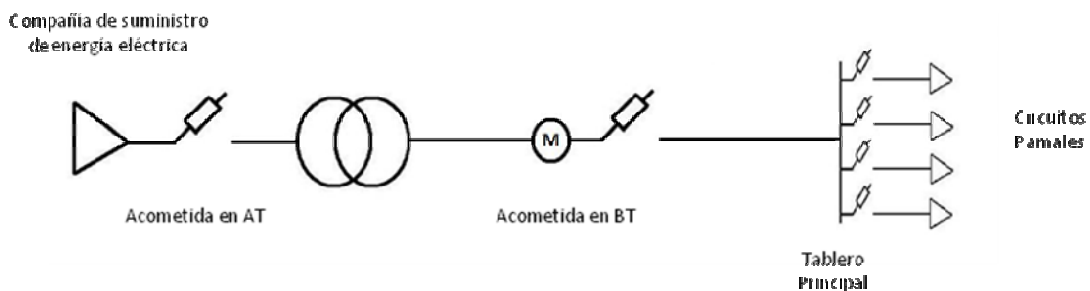


Figura 2: Diagrama unifilar de una vivienda unifamiliar

Acometida: conjunto de elementos que permiten llevar la energía eléctrica desde el punto de conexión con la empresa suministro hasta el suscriptor.

Tablero General de Distribución: es el conjunto de elementos que permiten distribuir la energía eléctrica a todos los puntos de la edificación: unidades de vivienda, locales comerciales, oficinas, etc. Está conformado por el Interruptor principal de la instalación, las barras de conexión, los interruptores y medidores de cada uno de los usuarios.

Alimentador principal: permite distribuir la energía eléctrica desde el tablero general de distribución a cada uno de los usuarios.

Tablero principal: es el conjunto de elementos y equipos que permiten distribuir la energía eléctrica a un ambiente determinado. Está conformado por: interruptor del tablero (si lo tiene), barras de alimentación, interruptores que protegen a cada circuito ramal.

Circuitos ramales: conforman la última parte de la instalación y son los que llevan la energía desde el tablero principal hasta el último elemento conectado a él. Se caracterizan por ser el último elemento de la instalación que tiene un dispositivo de protección contra sobrecorrientes. De acuerdo al Código Eléctrico Nacional (CEN), constituye el elemento básico de las instalaciones eléctricas, ya que a partir de su diseño, se estructura en pasos sucesivos todo el sistema eléctrico.

Materiales de las Instalaciones Eléctricas

- Conductores
- Canalizaciones
- Cajetines normalizados
- Cajas de paso, empalme o derivación.
- Tableros
- Dispositivos de protección
- Transformadores de distribución
- Casetas de transformación

• Conductores

Son todos aquellos materiales o elementos que permiten que los atraviese el flujo de la corriente o de cargas eléctricas en movimiento.

Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son

- ✓ Aluminio reforzado —————> líneas aéreas (Instalaciones exteriores)
- ✓ Cobre —————> instalaciones aéreas (ya en desuso) y en instalaciones interiores.

Los conductores pueden ser:

- Desnudos: utilizados en líneas de distribución, transmisión, subtransmisión, instalaciones internas como neutro o como tierra, siempre y cuando estén por tubería de plástico. Dentro de esta categoría se encuentran las aleaciones de aluminio reforzado: Arvidal, ACAR, ACSR, AAAC y los de Cobre.
- Aislados o cubiertos (cables): son conductores de cobre o aluminio recubiertos con un material aislante cuya conductividad es nula o muy baja. Los materiales aislantes más usados son: los termoplásticos, gomas, cintas barnizadas, plomo, asbesto (en desuso por su toxicidad).

La capa aislante le brinda protección contra:

- Agentes Mecánicos: elongaciones, dobleces, aplastamiento, presión.
- Agentes Químicos: agua, humedad, cambios de temperatura, ácidos, alcaloides, etc.
- Agentes Eléctricos: voltajes mínimos y máximos de prueba.

Para especificar un conductor trenzado multifilar, se suele utilizar su calibre (área de sección transversal) o cualquier parámetro que la defina (radio o diámetro). Existen dos sistemas internacionalmente aceptados para definir el calibre de los conductores, estos son:

- Sistema AWG (American Wire Gauge), en el cual los calibres son definidos por una escala numérica que obedece a una progresión geométrica. Se tienen 40 calibres diferentes partiendo del número 36 (diámetro de 0,005 pulgada) hasta llegar al calibre 1/0, 2/0, 3/0 y 4/0 (este último de diámetro de 0,46 pulgadas). Para instalaciones eléctricas el calibre mínimo a utilizar es el número 14, el cual tiene un diámetro de 0,157 pulgadas). Los fabricantes de conductores nacionales expresan los conductores por sus calibres e indican los diámetros en mm.

Calibre AWG/MCM	N° de hilos	Espesor aislamiento (mm)	Diámetro exterior (aprox.)(mm)	Radio mínimo de curvatura (mm)	Capacidad (Amp) @ 30°C		Peso (aprox.) Kg / Km
					Al aire	Canalizados	
14	7	1,14	4,5	18	30	20	36
12	7	1,14	5,1	20	35	25	50
10	7	1,14	5,8	23	50	35	73
8	7	1,52	7,4	30	70	50	118
6	7	1,52	8,5	34	95	65	174
4	7	1,52	9,8	39	125	85	259
2	7	1,52	11,3	45	170	115	391
1/0	19	2,03	14,6	58	230	150	622
2/0	19	2,03	15,8	63	265	175	767
3/0	19	2,03	17,2	68	310	200	950
4/0	19	2,03	18,8	75	360	230	1.179

Figura 3: Nomenclatura de los calibres de conductores en instalaciones eléctricas según el sistema AWG

- Sistema MCM o KCM (Mil circular mil): El circular mil “CM”, es una unidad de área que relaciona el calibre del conductor con su área. El CM está definido como el área de un círculo que tiene como diámetro una milésima de pulgada. Se utiliza para especificar alambres sólidos y conductores trenzados. Debido a que en conductores para tendidos aéreos en alta tensión (34,5 – 115 kV), muy alta tensión (230 kV) y ultra alta tensión (400 – 800 kV), el circular mil no es práctico como unidad de medida se utiliza el “Mil Circular Mil” (MCM) o de acuerdo al sistema internacional el “kilo Circular Mil” (kCM). En esta escala de medida, el calibre más pequeño es el 250 kCM, creciendo hasta el 1000 kCM en pasos de 50 kCM.

Calibre AWG/MCM	N° de hilos	Espesor aislamiento (mm)	Diámetro exterior (aprox.)(mm)	Radio mínimo de curvatura (mm)	Capacidad (Amp) @ 30°C		Peso (aprox.) Kg / Km
					Al aire	Canalizados	
250	37	2,41	20,9	84	405	255	1.404
350	37	2,41	23,8	95	505	310	1.923
500	37	2,41	27,4	137	620	380	2.694
750	61	2,79	33,2	166	785	475	4.007
1000	61	2,79	37,4	187	935	545	5.265

Figura 4: Nomenclatura de los calibres de conductores en instalaciones eléctricas según el sistema kCM

Cómputos de Conductores Eléctricos para Instalaciones en Baja Tensión

Calibres Conductores	Unidad de Medida	Embalaje comercial
Del 14 al 10 AWG	ML	Cajas con rollos de 100 m
Del 8 al 2 AWG		Rollos de 100 m
Del 1/0 al 4/0 AWG		Rollos de 100 m o carretes de longitud a convenir
Del 250 al 750 KCM		Carretes con longitud a convenir

Cómputos de Conductores Eléctricos para Instalaciones en Alta Tensión

Calibres Conductores	Unidad de Medida	Embalaje comercial
Del 6 en adelante	kg	Carrete metálico y/o de madera de 630 a 4000 kg, en función del calibre

- Canalizaciones:
 - ✓ Tuberías
 - ✓ Ductos y canales
 - ✓ Bancadas
 - ✓ Tanquillas

Las tuberías para canalizaciones eléctricas se pueden instalar embutidas y a la vista.

- **Las embutidas:** se utilizan tubería metálicas livianas (EMT) o plásticas recubiertas siempre con concreto, mortero o material de friso.
- **A la vista:** se colocan en forma paralela o adosada a paredes o techos, utilizando elementos de fijación tales como : abrazaderas o estructura de soporte. Para este tipo de instalación se utiliza tuberías metálicas rígidas (Conduit)

En general se conocen los siguientes tipos de tuberías para canalizaciones eléctricas:

- Tubos metálicos rígidos (RMC) 344 CEN
- Tubos metálicos intermedios (IMC) 342 CEN
- Tubos no metálicos rígidos 346 CEN
- Tubería metálica eléctrica (EMT) 358 CEN

Los tubos Metálicos rígidos, No metálicos rígidos y EMT son utilizados como conductos para alambres o cables en instalaciones eléctricas. Su superficie protegida contra la corrosión mediante el proceso de galvanizado permite la introducción de cables eléctricos sin riesgos de daños o rotura de dichos cables, así como también su instalación en concreto, en contacto directo con la tierra o en áreas de fuerte ambiente corrosivo.

Tubos Rígidos de Acero (Conduit) 344 CEN

(Fabricados según norma venezolana COVENIN 538, y Especificación ANSI C80.1 del Instituto de Normalización Nacional Americano. C.A.)

Son tubos metálicos de acero galvanizado. Se usa en interiores y exteriores cuyas condiciones de corrosión no sean tan elevadas.

Propiedades: tienen que estar esmaltados o galvanizados. Pueden ser sometidos a grandes esfuerzos mecánicos.

Los empalmes pueden ser roscados y atornillados.

Longitud del tubo sin acoples: 3 m

Designación comercial en pulgadas: $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1, $1\frac{1}{4}$, $1\frac{1}{2}$, 2, $2\frac{1}{2}$, 3, 4 y 6.

Desventajas: Costo elevado, no puede usarse en sitios corrosivos, las curvas deben ser prefabricadas.

* Número de curvaturas: Por recomendación del CEN, el número de curvas entre salida y salida, entre accesorio y accesorio o entre salida y accesorio debe ser menor que el equivalente a 4 curvas de 90°, incluyendo curvas ubicadas inmediatamente en la salida o accesorio.



Figura 5: Tubería Metálica Rígida

Tubos No Metálicos Rígidos 346 CEN

Son tubos y accesorios de material no metálicos resistentes a impactos o a diferentes esfuerzos mecánicos y a las condiciones químicas y ambientales (corrosión, altas temperaturas, humedad, agua, sales, sol, etc).

Se usa en interiores empotradas en piso, pared o techo, o directamente enterradas recubiertas por concreto.

En exteriores donde no sean sometidos a grandes esfuerzos, en lugares no declarados peligrosos. El material debe ser retardante de llama.

En lugares donde sean sometidos al contacto con el agua de manera permanente, las tuberías y empalmes no deben permitir el paso del agua a su interior.

Los materiales usados son: asbestos, PVC, Polietileno.

Las uniones deben ser roscados o pegadas.

Tamaño mínimo: ½ pulgada.

Número máximo de curvas: 4 de 90°. Ver *

Curvas prefabricadas de 45° y 90°.

Longitud del tubo sin acoples: 3 m

Designación comercial en pulgadas: ½, ¾, 1, 1 ¼, 1 ½, 2, 2 ½, 3, 4 y 6.



Figura 6: Tubería No Metálica Rígida

Tubería Plástica Tipo Conduit

La Tubería plástica rígida (tipo conduit), se utiliza para el cableado eléctrico o telefónico dentro de las edificaciones. Es fabricada de un material liviano altamente resistente al impacto y a la corrosión.

Está fabricado bajo los más estrictos requerimientos del Código eléctrico nacional, y de Normas Internacionales (UL - NEMA).

Tiene una designación comercial en pulgadas: $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1, 1 $\frac{1}{2}$, 2 y 3

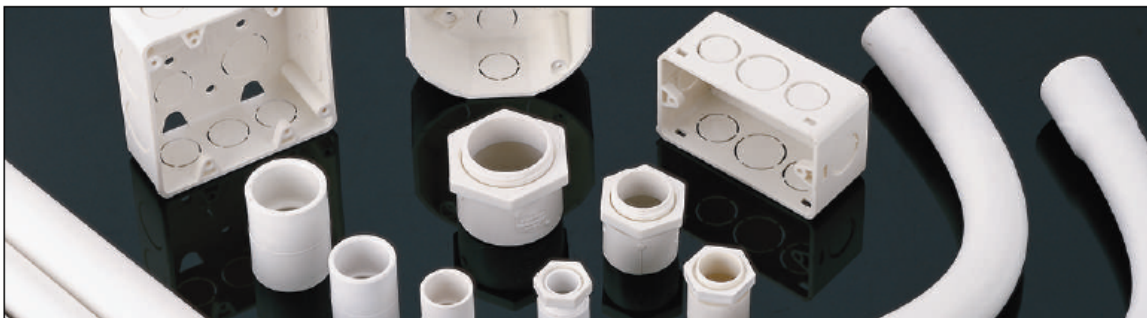


Figura 7: Tubería No Metálica Rígida tipo Conduit

Existe otra tubería de tipo PVC, utilizada para tramos cortos en instalaciones de dispositivos, la cual es una tubería corrugada plástica. Existe también tubería metálica corrugada para los mismos propósitos. El diámetro comercial de estas tuberías es de $\frac{1}{2}$ pulgada y de $\frac{3}{4}$ de pulgada, y comercialmente se venden en rollos de 50 metros.

Tubos Metálicos EMT 358 CEN

Es una tubería de acero esmaltado o galvanizado flexible. Se puede utilizar en interiores y exteriores.

No debe utilizarse en lugares sometidos a grandes esfuerzos mecánicos y a condiciones de alta humedad y corrosión. En lugares mojados debe ser hermética.

Las uniones o empalmes no pueden ser roscados sino atornillados.

Si la tubería es directamente enterrada la distancia mínima a la superficie es de 45 cm, sino debe ser recubierta con concreto.

Tamaño mínimo: $\frac{1}{2}$ " , máximo: 4" (en 2" comercial)

Designación comercial en pulgadas: $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1, 1 $\frac{1}{4}$, 1 $\frac{1}{2}$, 2,

Longitud normalizada 3 m.

Número máximo de curvas 4 de 90°. Ver *

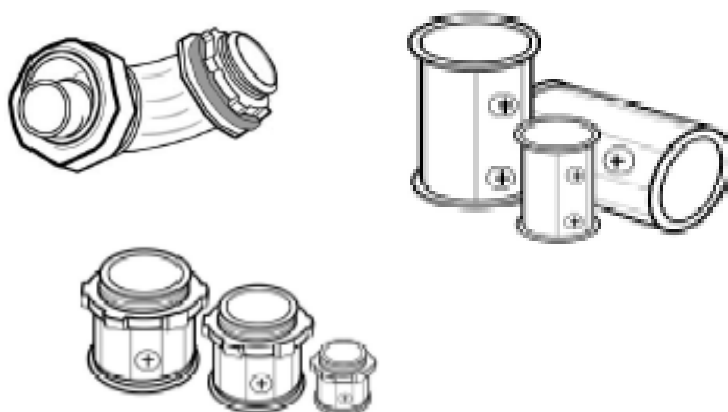


Figura 8: Tubería Metálica Eléctrica "EMT"

Cómputos de Tuberías para Instalaciones Eléctricas

Tuberías	Unidad de Medida	Tamaño comercial
Conduit	ML	Tramos de 3 m
PVC, PVC- Conduit		Tramos de 3 m
Conduflex - Flexicom		Rollos de 50 m
IMC		Tramos de 3 m
EMT		Tramos de 3 m

- Ductos y Canales

Estos elementos son conocidos como tipo bandeja, las hay abiertas o cerradas, modelo escalera con fondo de metal expandido o simplemente metálicos; se emplean normalmente en instalaciones industriales.

Estos canales deberán ser diseñados con la pendiente mínima necesaria y con drenajes para facilitar el escurrimiento del agua, que pueda entrar al mismo.

Estos canales también se suelen construir en plásticos PVC.

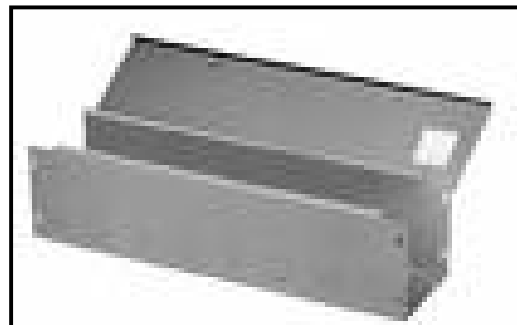


Figura 9: Ductos, bandejas y canales

Cómputos para canales ductos y bandejas para Instalaciones Eléctricas

Tuberías	Unidad de Medida	Tamaño comercial
Canales Ductos Bandejas	ML	Tramos estándar de 3 m. Pedidos bajo especificación
Charolas - Escalerillas		Piezas estándar de 10, 12, 20 y 24 pies

- Tanquillas

Es un pequeño recipiente perteneciente a un sistema de canalización subterránea, provisto de una abertura en la cual alcanza un hombre a realizar trabajos de instalación, mantenimiento o desconexión de redes eléctricas.

Las tanquillas suelen construirse con paredes de concreto recubierto con piedra picada N° 2 que permita el drenaje del agua que ocasionalmente pudiera penetrar en la misma.

La tapa se puede construir con marco y tapa metálica de lámina estriada o marco metálico relleno con concreto; o hierro fundido de tipo pesado para uso en aceras o extra pesados, para soportar el paso de vehículos.

Las tanquillas se encuentran normalizadas dependiendo del nivel de tensión. CADAFE las tiene agrupadas por tipos. Algunos ejemplos de tanquillas son:

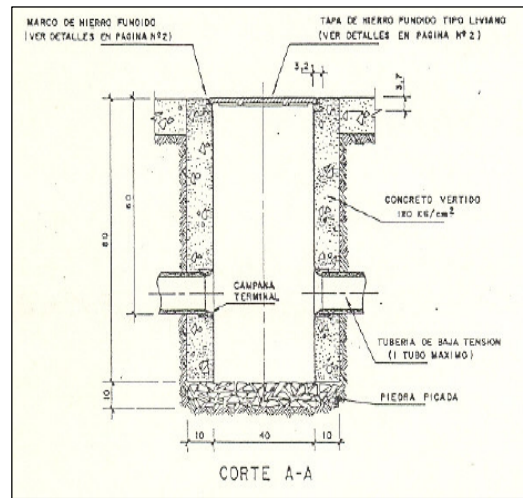


Figura 10: Tanquilla Tipo T1 de empate y derivación para Baja tensión: 30x40x80 cm

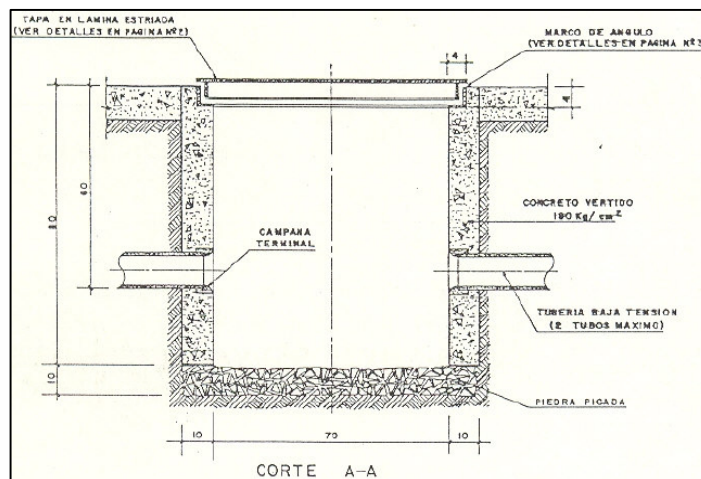


Figura 11: Tanquilla Tipo T2 de empate y derivación para Baja tensión: 50x70x80 cm

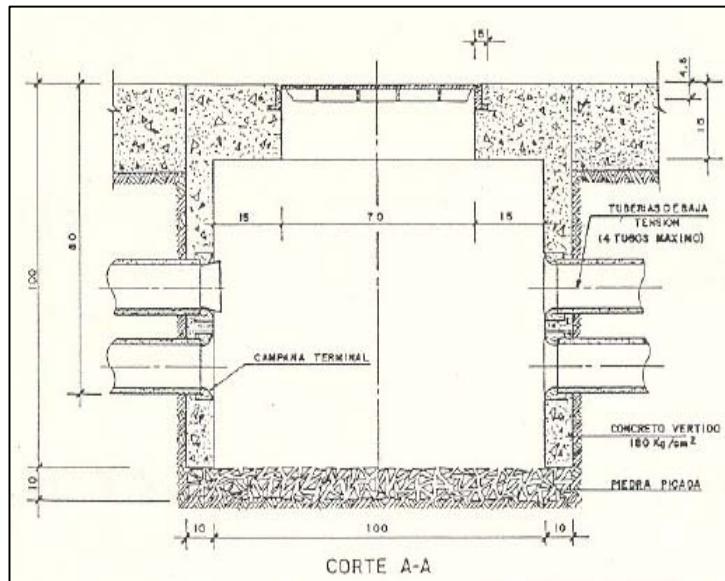


Figura 12: Tanquilla Tipo T3 de empate y derivación para Baja tensión: 80x100x100 cm

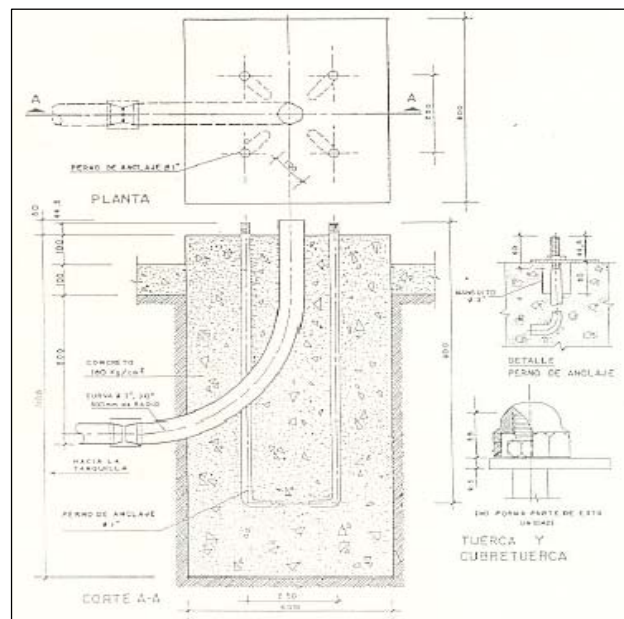


Figura 13: Tanquilla Para Alumbrado Público

Cómputos de Tanquillas para Instalaciones Eléctricas

Tuberías	Unidad de Medida	Tamaño comercial
Tanquilla para BT	UND	Las dimensiones dependen de los requerimientos del diseño, sin embargo existen algunas tanquillas tipificadas por CADAFE
Tanquilla para AT		
Tanquilla para AT y BT		
Tanquilla para Alumbrado Público		

- Fundaciones y Bancadas

Se denominan así al banco de uno o varios ductos o tuberías de hierro, aluminio o plástico, alojados en una zanja o canal, en algunos casos pueden estar recubiertos con tierra compactada o concreto de baja resistencia.

Cada tubería guarda entre ellas una distancia mínima de 5 cm y separadas en las paredes de la zanja 7.5 cm.

En el diseño se determina el número y tamaño de las tuberías, de igual manera suele agregarse tuberías de reserva para futuras expansiones.

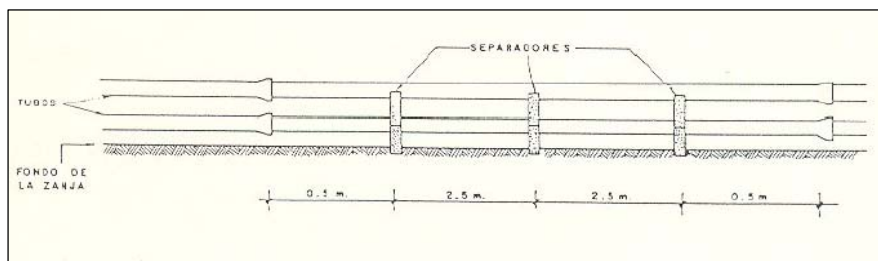
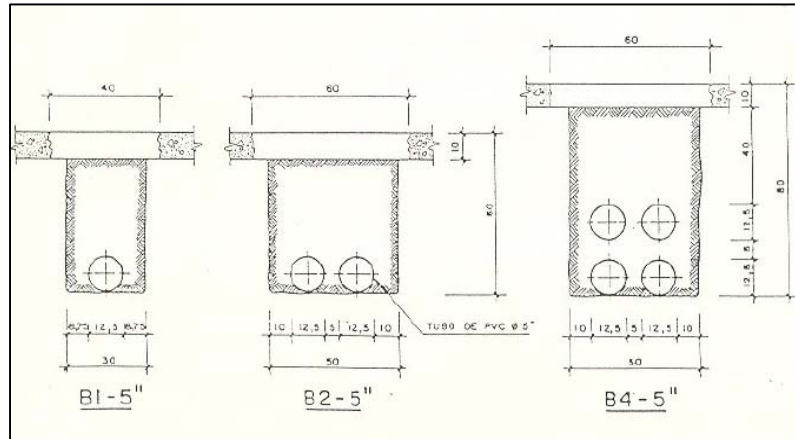


Figura 14: Fundaciones y bancadas



Cómputos de bancadas para Instalaciones Eléctricas

Tuberías	Unidad de Medida	Tamaño comercial
B1-5"	ML	Existen algunas bancadas tipificadas, sin embargo, las dimensiones dependen de los requerimientos del diseño
B2-5"		
B4-5"		
A4C-5" B2C-3"		
<p>B#-Φ: B: bancada para Baja Tensión, A: bancada para Alta Tensión #: Número de Tubos PVC Φ: diámetro de tubería en pulgadas</p>		

- Cajetines normalizados y Cajas de paso, empalme o derivación.

Los cajetines: son pequeñas cajas metálicas o plásticas, de forma rectangular, cuadradas, octogonales o redondas, las cuales poseen en forma troquelada orificios con tapas de fácil remoción, para la ubicación de tuberías que serán fijadas con tuercas tipo conector a las paredes del cajetín.



Figura 16: Cajetines normalizados

Los cajetines y cajas de paso son intercalados o ubicados al final de un circuito eléctrico, para realizar derivaciones, empalmes de conductores o conexiones a dispositivos de protección, maniobra, tales como interruptores para iluminación, tomacorriente, interruptores termomagnéticos, etc.

En la tabla 314 16 A y 314 16B del CEN, están indicadas las dimensiones comerciales de los cajetines normalizados y el volumen en centímetros cúbicos del cajetín requerido para alojar un conductor desde el N° 18 al N° 6 respectivamente.

Tabla 314.16 (A) Cajas Metálicas Normalizadas.

Dimensiones de la Caja, Tamaño Comercial o Tipo			Volumen Mínimo		Número Máximo de Conductores*						
mm	pulgadas	forma	cm ³	pulg ³	18	16	14	12	10	8	6
100 x 32	4 ¼	redonda u octogonal	205	12,5	8	7	6	5	5	4	2
100 x 38	4 x 1 ½		254	15,5	10	8	7	6	6	5	3
100 x 54	4 x 2 ⅛		353	21,5	14	12	10	9	8	7	4
100 x 32	4 x 1 ¼	cuadrada cuadrada cuadrada	395	18,5	12	10	9	8	7	6	3
100 x 38	4 x 1 ½		344	21,0	14	12	10	9	8	7	4
100 x 54	4 x 2		497	30,3	20	17	15	13	12	10	6
120 x 32	4 ⅞ x 1 ¼	cuadrada cuadrada cuadrada	418	25,5	17	14	12	11	10	8	5
120 x 38	4 ⅞ x 1 ¼		484	29,5	19	16	14	13	11	9	5
120 x 54	4 ⅞ x 2 ⅛		689	42,0	28	24	21	18	16	14	8
75x50x38	3 x 2 x 1 ½	dispositivo	123	7,5	5	4	3	3	3	2	1
75x50x50	3 x 2 x 2	dispositivo	164	10,0	6	5	5	4	4	3	2
75x50x57	3 x 2 x 2 ¼	dispositivo	172	10,5	7	6	5	4	4	3	2
75x50x65	3 x 2 x 1 ½	dispositivo	205	12,5	8	7	6	5	5	4	2
75x50x70	3 x 2 x 2 ¼	dispositivo	230	14,0	9	8	7	6	5	4	2
75x50x90	3 x 2 x 1 ½	dispositivo	295	18,0	12	10	9	8	7	6	3
100x54x38	4 x 2 ⅛ x 1 ½	dispositivo	169	10,3	6	5	5	4	4	3	2
100x54x48	4 x 2 ⅛ x 1 ⅞	dispositivo	213	13,0	8	7	6	-5	5	4	2
100x54x54	4 x 2 ⅛ x 2 ⅛	dispositivo	238	14,5	9	8	7	6	5	4	2
95x50x65	3 ¾ x 2 x 2 ¼	Cajas de mampostería uso múltiple	230	14,0	9	8	7	6	5	4	2
95x50x90	3 ¾ x 2 x 3 ½		344	21,0	14	12	10	9	8	7	4
FS Profundidad min. 44,5 mm (1 ¾")	min. 60,3 mm (2 ⅜")	Tapa simple	221	13,5	9	7	6	6	5	4	3
FD Profundidad min. 60,3 mm (2 ⅜")		uso múltiple	295	18,0	12	10	9	8	7	6	3
FS Profundidad min. 44,5 mm (1 ¾")	min. 60,3mm (2 ⅜")	Tapa múltiple	295	18,0	12	10	9	8	7	6	3
FD Profundidad min. 60,3mm (2 ⅜")		Uso múltiple	395	24,0	16	13	12	10	9	8	4

*Cuando no se asignan los volúmenes requeridos en 314.16 (B)(2) al 314.16 (B)(5).

Figura 17: Tipos y dimensiones de Cajetines normalizados

B) Cálculo del Volumen Ocupado. Los volúmenes indicados en 314.16(B)(1) al (5), según como aplicable, deberán ser sumados. No habrá que tomar en cuenta el volumen de pequeños accesorios, tales como contratueras y pasacables.

(1) Volumen Ocupado por los Conductores. Cada conductor que proceda de afuera de la caja y termine o esté empalmado dentro de ella, se contará una vez; cada conductor que pase a través de la caja sin empalmes ni terminaciones, se contará una vez. El volumen ocupado por los conductores se calculará a partir de la Tabla 314.16(B). No se contarán los conductores que no salen de la caja.

Excepción: Se permitirá omitir de los cálculos los conductores de tierra de equipos o no más de cuatro conductores para luminarias de sección inferior al calibre 14 AWG, o ambos, cuando entren en una caja procedentes de un aplique con forma de cúpula o similar a una campana y que terminen en la caja.

Tabla 314.16(B) Volumen Requerido por Cada Conductor.

Sección del Conductor (AWG)	Espacio Libre en la Caja para Cada Conductor	
	cm ³	pulgada ³
18	26,4	1,50
16	28,7	1,75
14	32,8	2,00
12	36,9	2,25
10	41,0	2,50
8	49,2	3,00
6	81,9	5,00

Figura 18: Cálculo del volumen ocupado por cada conductor en un Cajetín normalizado

- **Conduletas**

Se utilizan en instalaciones visibles, tienen una o varias salidas para acoplamiento con las tuberías, así como una tapa removible para realizar las conexiones. Su denominación depende del número o tipo de salidas que posea.

Por su tipo de fabricación se clasifican en:

-Ordinario

-A prueba de polvo y vapor

-A prueba de explosión

Por su tipo de tapa se pueden clasificar en:

-De paso: tapa ciega

-De acople exterior: tapa con niple macho

-De contacto: tapa de contacto doble, sencillo o salida especial

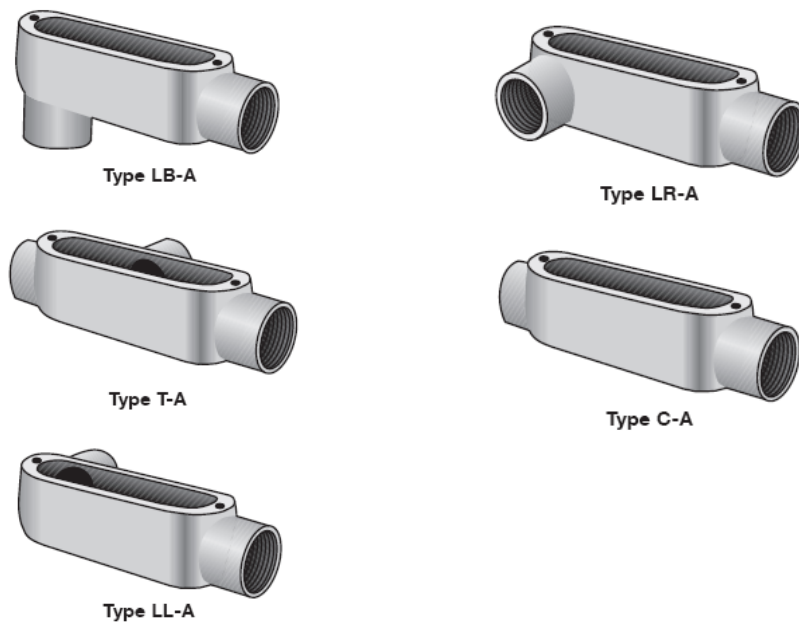


Figura 19: Tipos de conduletas

- Cajas de paso:

Son cajas de dimensiones no normalizadas, cuyo diseño se ajusta a los requerimientos y modelos. Para su construcción, el calibre de la lámina y el acabado de la caja de paso se escogerá según el sitio de utilización, ya sea empotrada en paredes o bien a la vista; tomando en cuenta si son lugares interiores, exteriores o según el nivel de corrosión del ambiente a ubicar según clasificación NEMA.