

En la base tomacorrientes una de las espigas se conectará al cable PE de la instalación el cual a su vez estará conectado a la puesta a tierra (jabalina) del inmueble.

Si fallara el aislamiento de un conductor vivo hiciera contacto con la cañería metálica o en una caja se produciría un cortocircuito a tierra haciendo actuar la protección correspondiente. Si la puesta a tierra fuera defectuosa o de un valor inadecuado (muy alto) estas cañerías y cajas quedarían a potencial, con el consiguiente riesgo para quien hiciera contacto accidentalmente.

La Figura N° 4.13 proporciona una idea de cómo se realiza la toma de tierra de un inmueble.

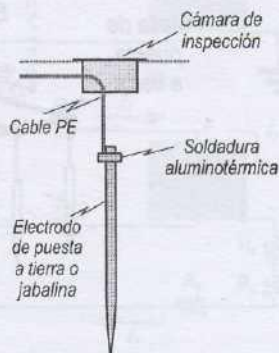


Figura N° 4.13
Puesta a tierra

4.11. EJECUCIÓN DE LA PUESTA A TIERRA

Los electrodos de puesta a tierra o jabalina, que el comercio ofrece se ven en la Figura N° 4.14 y en la Figura N° 4.13 tenemos la disposición de estos elementos. El tipo más utilizado en la actualidad es el de acero recubierto en cobre, de forma cilíndrica y de diversas medidas. Este tipo constructivo está normalizado por IRAM.

En el caso de instalaciones importantes, como ser grandes edificios, estaciones transformadoras o centrales eléctricas, la puesta a tierra se lleva a cabo por medio de una malla como se ve en la Figura N° 4.15, compuesta por conductores de cobre empalmados y soldados entre sí y que tienen un determinado número de jabalinas de puesta a tierra. La soldadura de estos conductores se hace mediante un procedimiento exotérmico que se denomina soldadura cupro-aluminotérmica.

La instalación alcanza esa malla a través de un adecuado cable, que pasa por una caja de registro, con lo cual, es posible separar tempo-

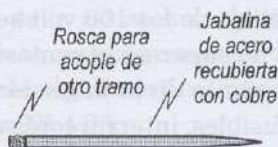


Figura N° 4.14
Jabalina de puesta a tierra

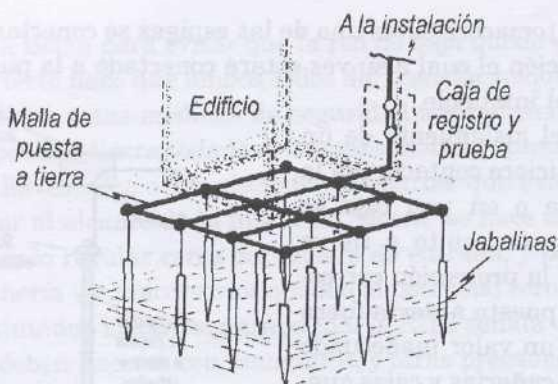


Figura N° 4.15
Malla de puesta a tierra

rariamente la red de tierra y hacer mediciones para verificar el valor de esa instalación.

En caso de un cortocircuito, la corriente de la falla circula a tierra, por lo que tiene importancia la llamada resistencia de puesta a tierra. Si la corriente del defecto alcanza un orden de 10 000 ampere, al pasar por una resistencia de 0,01 ohm provoca una tensión del orden de 100 volt. Por lo tanto, para mantener la tensión entre un elemento y tierra por debajo de los 100 volt sería necesario que la resistencia de puesta a tierra no superase el centésimo de ohm. Es natural que en el caso de un cortocircuito de la intensidad señalada, el sistema tenga las protecciones (fusibles, interruptores automáticos) que sacarán de servicio toda la instalación en forma rápida, de tal modo que la persistencia de los 100 volt peligroso es transitoria.

Se desprende de estos razonamientos que el criterio adoptado de valor máximo de la resistencia de puesta a tierra local no debe sobrepasar de los 10 ohm (preferentemente 5 ohm).

Para el cálculo de la resistencia de tierra, debe tenerse en cuenta que de lo que se habla es de la "resistencia equivalente entre el punto de partida de la línea que va a tierra, y la masa de tierra propiamente dicha", conforme se trata de ilustrar en la Figura N° 4.16.

En la parte superior de la Figura N° 4.16 tenemos un circuito monofásico conectado a una resistencia de carga RC. La caja de protección del artefacto está conectada, desde un punto marcado con la letra

Hacia tierra. Si se produce un accidente y uno de los dos conductores de entrada toca la caja metálica de protección, se produce una situación peligrosa. En la parte inferior de la Figura N° 4.16 hemos supuesto que el contacto accidental sea defectuoso, se produce en el punto marcado con la letra F, lo que supone la peor situación. Como la caja está unida al potencial del otro conductor, dado que está a tierra lo mismo que él, se produce la circulación de la corriente de falla I_f . Para mejor interpretación de ese mismo dibujo hicimos el "circuito equivalente", mostrando las resistencias que encontrará la corriente de falla. Primero encontramos la resistencia de la línea (uno de los conductores), luego la resistencia de falla R_F que comprende el valor en ohm de todos los elementos que accidentalmente forman el camino de la corriente desde el punto de contacto hasta el punto T en que comienza el circuito de tierra. Desde allí tendremos la resistencia de puesta a tierra R_P , y finalmente el circuito se cerrará por tierra hasta la fuente por medio de la resistencia del terreno representada por R_T . Este último valor es en muchos casos de difícil determinación. Para el caso de tener que hacer alguna estimación, aunque sólo aproximada, puede tomarse la Tabla N° 4.03.

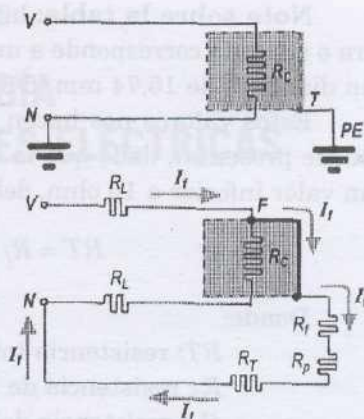


Figura N° 4.16
Resistencia equivalente de puesta a tierra

TABLA N° 4.03.

RESISTENCIAS Y RESISTIVIDADES DE DISTINTOS TERRENOS

TIPO DE SUELO	RESISTENCIA [ohm]	RESISTIVIDAD [ohm.m]
Piso pantanoso	9	30
Arcillas, esquistos, humus	30	100
Igual que el anterior, pero con diversas proporciones de arena y grava	150	500
Grava, arena, piedras con poca arcilla	300	1000

Nota sobre la tabla: la resistencia del electrodo de puesta a tierra o jabalina corresponde a una que tiene una longitud de 1,5 metros y un diámetro de 15,74 mm (5/8").

Estos valores nos hacen ver la amplia gama de variación que se puede presentar, dado que la resistencia de puesta a tierra debe tener un valor inferior a 10 ohm, debe ser:

$$RT = R_f + R_p + R_T \quad [ohm] \quad (4.09)$$

Donde:

R_T : resistencia total de la toma de tierra,

R_f : resistencia de la falla,

R_p : resistencia del sistema de puesta a tierra,

R_T : resistencia del terreno hasta el punto donde se mida.

Debe agregarse que la humedad influye en forma muy notoria sobre la resistencia del terreno, de tal manera que en muchas tomas de tierra importantes se recomienda mantenerlas húmedas por medio de un regado sistemático. A su vez, la baja temperatura favorece la resistencia, porque la disminuye, lo mismo que la humedad (mientras la temperatura no descienda por debajo del punto de congelamiento ya que en ese caso el efecto es contrario).

La puesta a tierra de las instalaciones eléctricas tiene otras ventajas que no comentaremos por escapar a las pretensiones de este texto, sobre todo en las instalaciones de media y alta tensión.

TECNOLOGÍA DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

ÍNDICE

5.01.	INTRODUCCIÓN
5.02.	TIPOS DE CANALIZACIONES
5.03.	OTRAS CLASIFICACIONES
5.04.	INSTALACIONES SUPERFICIALES O A LA VISTA COLOCADAS DENTRO DE CAÑERÍAS
5.05.	INSTALACIONES SUPERFICIALES O A LA VISTA COLOCADAS CON CABLES SUBTERRÁNEOS
5.06.	INSTALACIONES COLOCADAS EN CAÑOS EMBUTIDOS
5.07.	INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS
5.08.	ENTRADA DE LÍNEAS EN INMUEBLES

5.01. INTRODUCCIÓN

La clasificación de las instalaciones eléctricas no resulta ser tan clara en virtud de las potencias utilizadas por las mismas, ya que las magnitudes se han incrementado notoriamente. Las superficies ocupadas, así como los servicios con que cuentan determinados inmuebles con los ocupados por los *grandes supermercados, comercios como los llamados "shopping", oficinas, sanatorios, etc.* hacen que su envergadura sea tal que superen largamente a las que utilizan pequeñas y medianas fábricas. En consecuencia no resulta más aplicable aquél concepto de clasificarlas en industriales y de inmuebles. En cambio si se puede decir que mantienen sus características, aunque también con mayores potencias, las destinadas a viviendas.

En consecuencia, la tecnología constructiva de las instalaciones eléctricas resulta ser una sola, con sus distintos aspectos, que puede ser aplicada en cualquier ámbito.

La nueva tendencia clasifica a los usuarios de las instalaciones eléctricas como lo hemos vistos en el Capítulo 1.

5.02. TIPOS DE CANALIZACIONES

Antes de comenzar la descripción de los diversos tipos de instalación, procuraremos resumir las principales cualidades por medio de la tabla Tabla N° 5.1 que presenta el panorama general. Sobre la base de ella podemos afirmar que existen tres formas principales de hacer las instalaciones.

TABLA N° 5.01
TIPOS DE CANALIZACIONES

TIPO DE INSTALACIÓN	FORMA DE COLOCACIÓN DE LOS CABLES	PROTECCIÓN MECÁNICA DE LOS CABLES	OBSERVACIONES
Superficiales o a la vista	Superficial	Vaina de PVC	Cable del tipo energía
Embutidos en la mampostería u hormigón	Alojados en caños	Caño metálico o de plástico	Cables simplemente aislados
	Alojado en canales especiales	Revoque y caños	
Subterránea	Directamente enterrado	Paredes del canal	Cables del tipo energía
	Alojado en canales o conductos enterrados	Protección superior con losetas o ladrillos	
		Paredes de los canales o de los caños	

Instalaciones superficiales o a la vista

- Cables apoyados en bandejas.
- Cables tipo energía sustentados por soportes o ménsulas.

- Cables alojados en cañerías a la vista.
- Cables alojados en cable-canales.
- Cables alojados en sistemas "C".

Instalaciones embutidas o empotradas en obra de hormigón y albañilería

- Cables alojados en cañería embutida.
- Cables alojados en canales embutidos.

Instalaciones subterráneas

- Cable subterráneo directamente enterrado.
- Cable subterráneo alojado en caños o canales enterrados.
- Pisoductos.

5.03. OTRAS CLASIFICACIONES

Según el medio en que se encuentren las instalaciones

Pueden clasificarse:

- a la intemperie,
- en interiores,
- subterránea,
- sumergida.

Según la base de la estructura resistente

A su vez, para considerar los aspectos tecnológicos, es necesario convenir que podemos encontrarnos con respecto a las formas de las construcciones típicas de las estructuras resistentes:

- madera,
- hormigón y albañilería,
- hierro,
- mixtas.

De acuerdo con ello serán los entre-pisos, las paredes, los pisos y las azoteas. En el tipo de vivienda muy pequeña las paredes de mam-

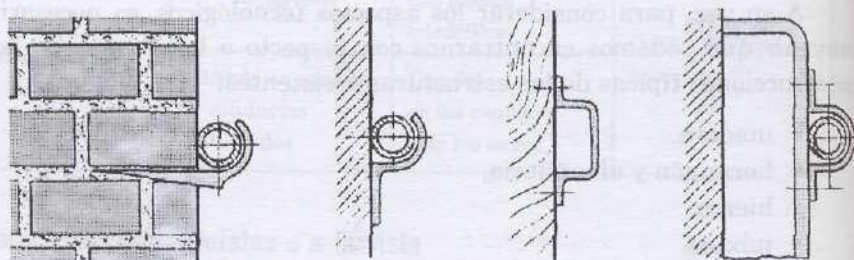
postería común forman parte de la estructura resistente y sobre ellas se apoyan vigas de madera, hormigón o hierro. En esos casos podemos decir que la construcción es del tipo mixto. Lógicamente no incluimos en esta clasificación casos muy especiales.

Damos a continuación una serie de indicaciones sobre la forma de ejecutar estos tipos de instalación. No se pretende ser riguroso ni absoluto. Cada instalador tiene su forma particular de ejecutar los trabajos, producto de su experiencia y puntos de vista. Solamente pretendemos dar una guía para aquellos que se inician y desean tener una idea sobre la ejecución del trabajo.

5.04. INSTALACIONES SUPERFICIALES O A LA VISTA COLOCADAS DENTRO DE CAÑERÍAS

En esta forma constructiva los cables corren por caños sujetos a las paredes y techos, columnas o vigas, utilizándose los caños de acero denominados livianos.

En la Figura N° 5.01 tenemos un caño fijo a la mampostería por medio de clavos de instalación, y en las Figuras N° 5.02, 5.03 y 5.04 tenemos engrapado con soportes especiales, los que se fijan a los distintos tipos de insertos o cualquier medio de los ya vistos. Cuando la cantidad de caños es grande, es muy conveniente fijar primeramente al muro un soporte de hierro, y luego a las abrazaderas, ya sea individual como en la Figura N° 5.05 o en conjunto.



Figuras N° 5.01, 5.02, 5.03, 5.04
Modos de fijación de caños

En la Figura N° 5.06 hemos representado la forma de tomar un caño a la cartela de una viga de hierro, por medio de dos soportes. En la Figura N° 5.05 la fijación se ha hecho con abrazaderas a una superficie de hierro, la cual admite que se le practique un agujero con mecha y luego se lo rosque. En la Figura N° 5.08 tratamos de dar una idea de la forma de proceder, cuando existe una chapa o superficie delgada, inaccesible desde atrás, en la cual hay que fijar sólidamente cualquier elemento. Se practica un agujero bien amplio, introduciendo luego un tornillo que en la parte que correspondería a la cabeza, tiene una especie de cruceta móvil. Luego se trata de que dicha cruceta quede normal a la superficie interior, y se ajusta desde adelante con tuercas.

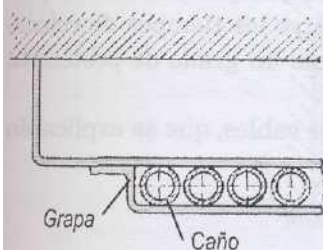


Fig. N° 5.05

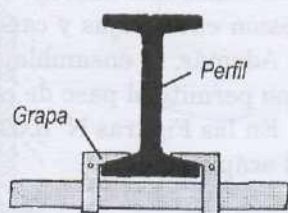


Fig. N° 5.06

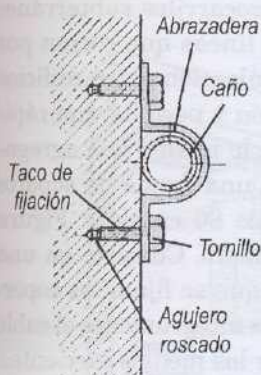


Fig. N° 5.07

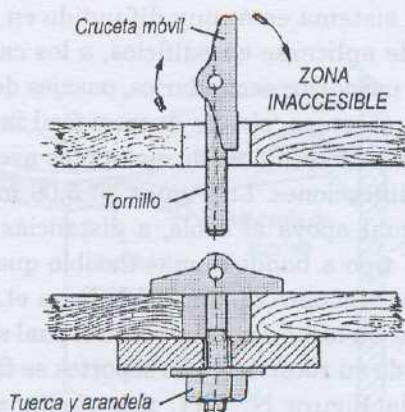


Fig. N° 5.08

Figuras N° 5.05, 5.06, 5.07, 5.08 Formas de fijación de los caños

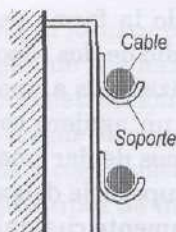


Figura N° 5.09
Soporte para un cable



Figura N° 5.10
Soporte para varios cables

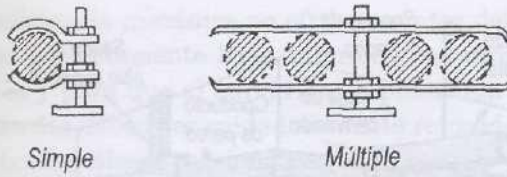
Actualmente se presentan en el mercado líneas de cajas y accesorios de materiales sintéticos, que permiten el montaje mediante acoples a presión entre cajas y caños, lo cual disminuye los tiempos de colocación. Además, el ensamblaje entre partes tiene un grado de protección que no permite el paso de polvo o de agua.

En las Figuras N° 5.09 y 5.10 mostramos cables, que se explicarán en el acápite 5.05.

5.05. INSTALACIONES SUPERFICIALES O A LA VISTA EJECUTADAS CON CABLE SUBTERRÁNEO

Este sistema está muy difundido en los ferrocarriles subterráneos, y puede aplicarse en edificios, a los casos de líneas que corren por galerías o pasadizos secundarios, pasajes de comunicación entre edificios de un mismo grupo, etc. Es de muy fácil instalación y permite una rápida inspección y recambio de elementos averiados, lo mismo que agregados y modificaciones. La Figura N° 5.09 muestra una forma de soporte sobre la cual apoya el cable, a distancias de unos 80 cm, y la Figura N° 5.10 el tipo a bandeja, más flexible que el primero. Consiste en una chapa generalmente calada, doblada en el borde, que se fija a los soportes y forma un lecho continuo sobre el cual se apoya íntegramente el cable a lo largo de su recorrido. Los soportes se fijan por los medios corrientes.

En la Figura N° 5.11. mostramos dos formas de soportes para cables, que pueden sujetarse a las paredes o techos de recintos y pasadizos. En los túneles o galerías, las bandejas de cables van sujetas a las paredes o techos, en forma parecida al croquis de la Figura N° 5.12. El sistema de bandejas es muy corriente en industrias, galpones o lugares



Abrazaderas para sujetar cable a los muros

Figura N° 5.11
Sujeción de los cables mediante abrazaderas

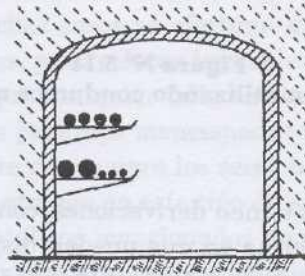


Figura N° 5.12
Tendido de cables con bandejas en un túnel

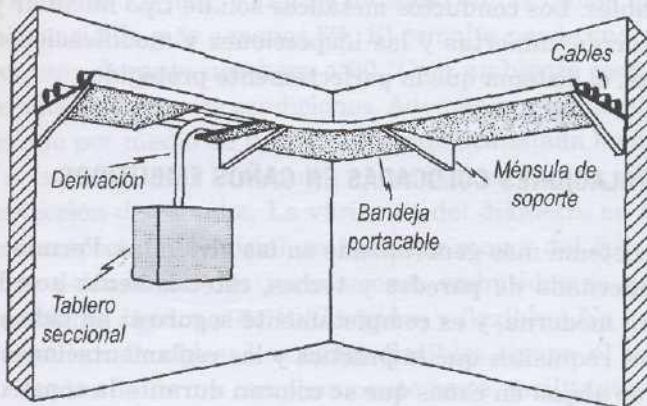


Figura N° 5.13
Esquema de una parte de una instalación eléctrica utilizando bandejas

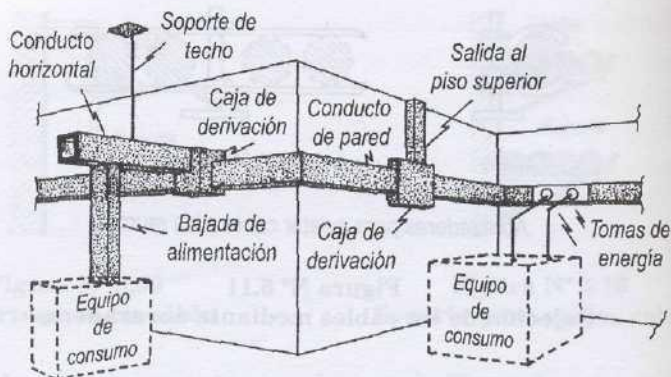


Figura N° 5.14
Instalación eléctrica utilizando conductos metálicos a la vista

en que las instalaciones tienen derivaciones, con tableros. En la Figura N° 5.13 mostramos la forma en que pueden disponerse esas bandejas. Hoy en día se usan en todo tipo de instalaciones. Es de hacer notar que este sistema se ha impuesto, debido a que los cables van simplemente apoyados y resulta muy sencilla la inspección y los cambios y agregados. Se trata de un sistema muy flexible.

En la Figura N° 5.14 tenemos otro método para instalaciones a la vista con cables. Los conductos metálicos son de tipo modular y si bien las líneas corren cubiertas y las inspecciones y modificaciones no son tan sencillas, el sistema queda perfectamente protegido.

5.06. INSTALACIONES COLOCADAS EN CAÑOS EMBUTIDOS

Es el sistema más generalizado en las viviendas. Permite una terminación adecuada de paredes y techos, estéticamente acorde con la arquitectura moderna, y es completamente seguro si ha sido efectuado con todos los requisitos que la práctica y las reglamentaciones indican. Los cables se alojan en caños que se colocan durante la construcción de la vivienda. Estos caños deben poderse curvar con facilidad, ser prácticamente rectos y de sección circular suficiente para poder admitir la cantidad de cables que señala la RIEI. El espesor debe ser uniforme

para que su resistencia mecánica no ofrezca puntos débiles. Las superficies deben ser perfectamente lisas, interior y exteriormente, para no dañar los cables y para que al curvarlos no presenten defectos. En los extremos, los bordes deben ser cuidadosamente retocados con lima para evitar que los bordes filosos ocasionados por el cortado puedan dañar el aislamiento cuando se colocan los cables. Por otra parte, los caños metálicos deben ser esmaltados para evitar la corrosión, y este esmalte debe ser de buena calidad. Los caños metálicos embutidos en hormigón sufren poco los efectos de la humedad. Los morteros de cal o de yeso son corrosivos estando húmedos.

Es importante tener en cuenta el peligro que representan las instalaciones que en muchos casos se efectúan en oficinas, utilizando los parantes de las puertas, para colocar los cables y los interruptores unipolares (sin caja), ya que cualquier falla en el aislamiento o por un trabajo mal realizado, los parantes mencionados pueden quedar bajo tensión, con el consecuente riesgo para los seres humanos.

Tengamos en cuenta que en este tipo de armado de paneles divisorios, los elementos metálicos mencionados no están "puestos a tierra". Demás está mencionar que este tipo de instalaciones no cumple con la RIEI.

Los caños metálicos llevan rosca Whitworth en los extremos de acuerdo a las normas IRAM.

La longitud comercial de los caños es de tres metros con tolerancia de más o menos 7,5 mm, y el peso indicado en las tablas del capítulo 2 tiene tolerancia de más o menos 8%. El esmalte puede ensayarse, sometiendo el caño durante una hora a 60 °C en ambiente seco, y verificando la pegajosidad en esas condiciones. Además, curvando el caño en frío y sin relleno por medio de un rodillo y guía acanalada hasta un ángulo de 90°, no se debe abrir la costura, ni producirse grietas, ni desprenderse la protección de esmalte. La variación del diámetro en la parte curvada, con respecto a la inicial, no debe ser mayor del 5 % durante esa prueba de doblado. En las instalaciones embutidas se usan también caños metálicos rígidos y de PVC rígidos y flexibles. No se deben usar caños metálicos flexibles. Los caños flexibles tienen el inconveniente que no adoptan la forma completamente recta, facilitando la acumulación de agua de condensación en las partes bajas.

Antes de continuar con la descripción de este método de instalación, aclaremos algunos asuntos de interés. En la Figura N° 5.15 pode-

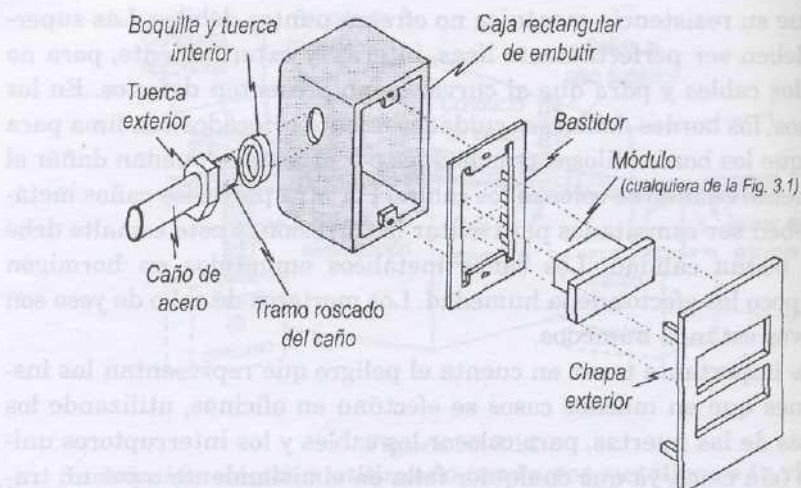


Figura N° 5.15
Conjunto de embutir para varios módulos

mos apreciar mediante un dibujo esquemático, la forma en que se arma una caja rectangular embutida en la pared. Por el muro llega el caño metálico o plástico. En caso de ser metálico, el mismo penetra en una abertura que la caja tiene estampada, y que puede ser fácilmente removida por medio de un golpe. La fijación del caño a la caja se hace con una tuerca en la parte externa, y una boquilla de aluminio en la parte interior. La boquilla preserva a los cables, de los bordes filosos del caño.

En la mencionada Figura N° 5.15 se muestra la forma de armado del conjunto. En la parte abierta de la caja metálica se aplica la caja soporte, de la que ya hemos hablado en las Figuras N° 3.2 y 3.3. La misma se fija a la caja por medio de tornillos. Luego se colocan los módulos, por simple presión si son del tipo a clip o con tornillos si vienen provistos de agujeros. En una caja pueden colocarse hasta tres módulos. Si se aplican tomacorrientes, dado que cuentan con polo de tierra, se pueden colocar hasta dos módulos.

Finalmente se coloca la tapa frontal con clip o a tornillos, según el modelo. La chapa frontal tiene agujeros con la forma de los módulos.

La conexión de los cables al módulo, se efectúa en un receptáculo con que cuenta el mismo, mediante un tornillo que lo comprime.

Las instalaciones embutidas en caños se ejecutan colocando pri-

mero los caños en las paredes y techos, como se describirá más adelante. Una vez lista la parte de los caños y cajas, se procede a colocar los cables, y para apreciarlo mejor sirve la Figura N° 5.16 como adecuada ilustración. En dicho dibujo se vuelve a la instalación de la Figura N° 1.12, en una parte solamente, para ilustrar como se procede a colocar un cable entre la caja de techo y la caja de pared. Se pasa primero a *cinta de electricista o cinta pasacables*, que es un cordón de plástico flexible, que se hace penetrar por el agujero de la caja de techo, hasta que aparezca por la caja de llave. Al extremo de la cinta se fija, con un adecuado nudo provisorio, el extremo del cable (o cables) que se desea pasar. Luego se tira del extremo libre en la caja de pared, haciendo penetrar los cables guiados por la cinta, que así va dejando el caño. Las flechas de la Figura N° 5.16 indican el sentido de circulación del conjunto.

En el dibujo de la Figura N° 5.18 podemos apreciar las cañerías de

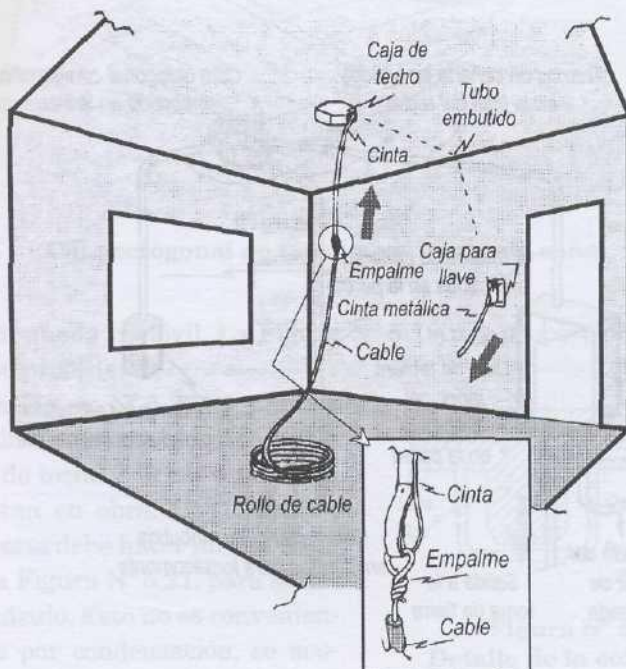


Figura N° 5.16 Procedimiento para el pasaje de cables en caños

la instalación de la Figura N° 1.15, pero sin dibujar la parte de la albañilería, para mejor interpretación.

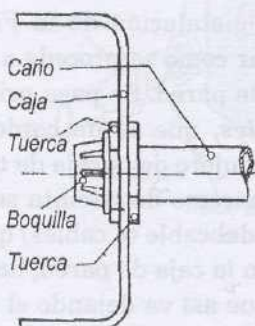


Figura N° 5.17
Detalle de la fijación
de un caño a una caja

Pasemos ahora a la colocación de los caños y sus accesorios. En los entre-pisos de hormigón armado, las cajas de techo se colocan directamente sobre el encofrado, unidas a la cañería como se indica en la Figura N° 5.17 por medio de tuercas y una boquilla protectora de los cables. Mayor uso tienen ahora los conectores de caños. El conjunto se apoya sobre las maderas del encofrado sujetándose con clavos y alambres en la forma que mejor convenga. Luego se puede hormigonar. Una vez que ha fraguado, se retiran las maderas y la

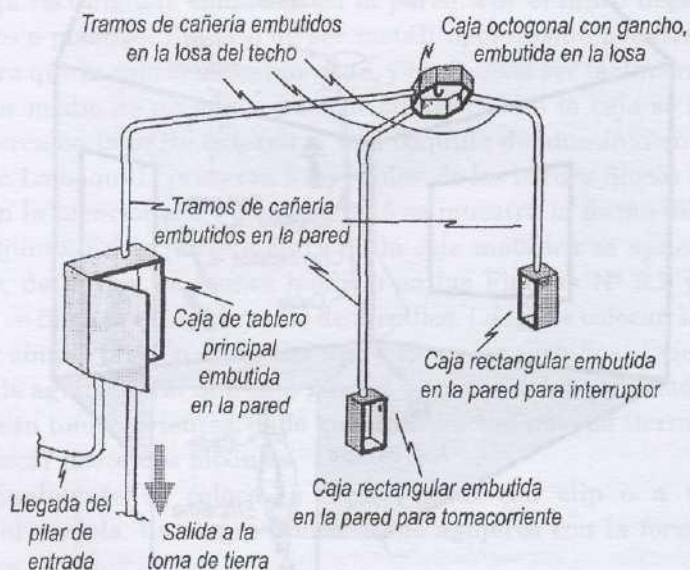


Figura N° 5.18
Aspectos de la parte embutida de un sector de una instalación

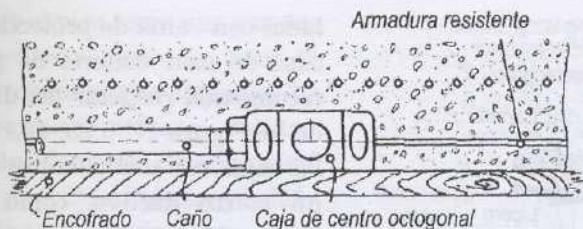


Figura N° 5.19
Detalle de la fijación de una caja octogonal en el encofrado

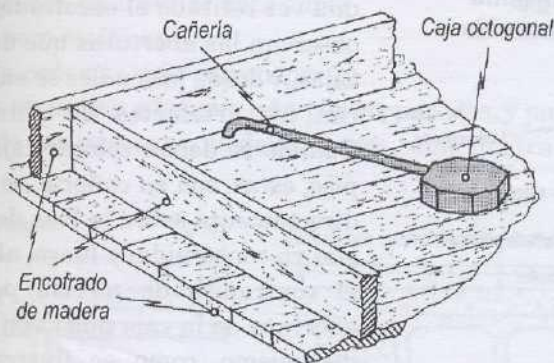


Figura N° 5.20
Caja octogonal de techo y un tramo de caño

instalación queda inmóvil. La Figura N° 5.19 nos proporciona una idea de cómo se procede.

En la Figura N° 5.20 mostramos una sección del encofrado y una caja octogonal de techo y su caño, tal como se presentan en obra. Hay casos en que la cañería debe hacer un recorrido como en la Figura N° 5.21, para sortear un obstáculo. Esto no es conveniente, ya que por condensación, se acumula agua en la parte más baja, pero en ese caso se deberán usar cables ais-

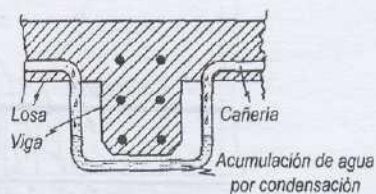


Figura N° 5.21
Detalle de la colocación de una cañería para salvar un obstáculo

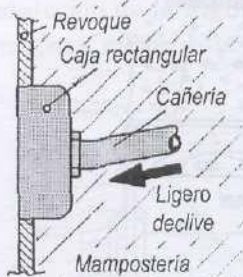


Figura N° 5.22
Detalle de la llegada
de un caño a una caja

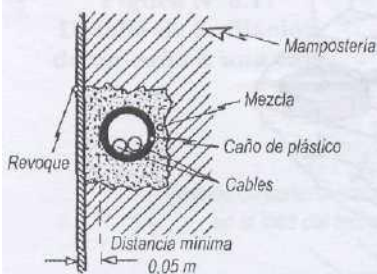


Figura N° 5.23
Detalle de la colocación
de un caño de plástico

lados con vaina de protección. Para el caso de usar cañería de plástico, se recomienda respetar las dimensiones de la Figura N° 5.23. Las llegadas a las cajas, son convenientes que tengan un cierto declive, como indica la Figura N° 5.22, para que escurra el agua de las condensaciones hacia ellas, ya que allí fácilmente se evapora y no perjudica a los cables.

Volviendo a la Figura N° 5.19, una vez retirado el encofrado, solo se observan las aberturas que dejan las cajas, y desde las cuales se suspenderán los artefactos de alumbrado. Cuando se deban colocar cajas en el piso, éstas, con su cañería, se apoyan directamente sobre la losa de hormigón ya construida, y luego, al colocar el contrapiso de mezcla pobre, la abertura de la caja queda en el nivel del mismo, como se ilustra en la Figura N° 5.24. Esto se emplea en casos especiales.

Para instalaciones en oficinas o industrias, que se tiendan debajo del piso y que deben ser muy flexibles para cambios y modificaciones, se emplean elementos prefabricados, normalizados como en-señala la Figura



Figura N° 5.24
Detalle de la colocación de un caño en el piso

Nº 5.25. Bajo el piso corre una cañería especial para estos fines con cajas de registro adecuadamente situadas. La cañería permite colocar salidas, comúnmente llamadas "periscopios" con tomas para iluminación y teléfonos. Este tipo de instalación permite colocar escritorios o máquinas y disponer de energía, teléfonos, timbres, etc. en lugares próximos, sin tener necesidad de colocar cables adosados a las paredes, en instalaciones superficiales, poco estéticas.

Las cañerías que corren por la losa han de unirse a las que irán por las paredes, y para esto en los lugares donde sea necesario se dejan trozos como ilustra la Figura Nº 5.26.



Figura Nº 5.25
Instalación bajo piso

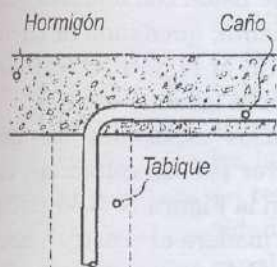


Fig. Nº 5.26

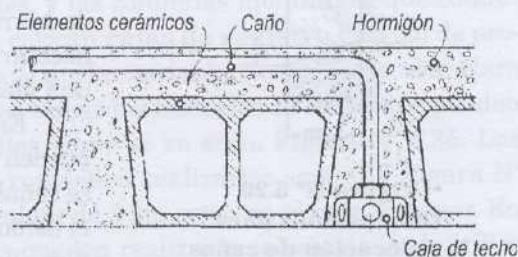


Fig. Nº 5.27

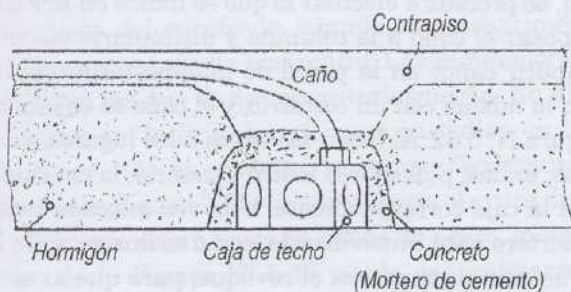


Fig. Nº 5.28

Figura Nº 5.26, 5.27 y 5.28
Detalles de la colocación de los caños y cajas

Las modificaciones o errores de proyecto o de ejecución, se subsanan colocando una nueva tubería sobre la losa, para que luego el contrapiso la cubra totalmente, y para ellos se colocan cajas en el hormigón según se ilustra en la Figura N° 5.27.

Recordemos también que la técnica del hormigón está introduciendo para la construcción de entrepisos los elementos cerámicos premoldeados. En estos casos las cajas pueden colocarse en los espacios libres, llenando luego con hormigón en la forma corriente, como se puede observar en la Figura N° 5.28.

Si por razones de ubicación la caja ha de ir en el mismo lugar que corresponde un cerámico, puede este quebrarse ligeramente para dejar la abertura necesaria, asegurándose la caja con un poco de mortero. Si se trata de embutir caños en las paredes y estas son de hormigón, se coloca un

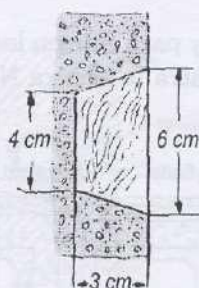


Figura N° 5.29
Dimensiones para
la colocación de caños
en paredes de hormigón

listón de madera trapezoidal en el lugar reservado a los caños, de tal forma que al fraguar el hormigón, este queda ligeramente sujeto. Ya seco, se procede a retirar ese listón con simples golpes de herramienta, quedando la cavidad necesaria. En la Figura N° 5.29 se da una idea sobre las dimensiones.

En casos especiales los caños pueden correr por las columnas, como se señala en la Figura N° 5.30, dejando el listón de madera al construir las, y si dicho listón debe ser muy profundo, de acuerdo con el técnico encargado de la

construcción, se procede a efectuar lo que se indica en la Figura N° 5.31. Es preferible aplicar el caño a la columna y disimularlo con el revoque. Si se trata de embutir caños en la pared de mampostería común, se practican canaletas en la misma con un cortafrió, y el caño se sujeta con clavos como los de la Figura N° 5.32. Al llegar los caños a los lugares en que irán ubicados las llaves, tomas, pulsadores u otro accesorio, la cavidad se ensancha y allí se coloca la caja correspondiente. Una vez colocada toda la cañería, se cierra con mortero para inmovilizarla, como se ilustra en la Figura N° 5.34.

Hay que cuidar de prever el revoque, para que al ser colocado éste, todo quede en un mismo nivel. Las canaletas verticales practicadas en los muros, se aconseja sean de: $a \times b$ de 3×5 cm ó de 5×6 cm, según la disposición de la Figura N° 5.35.

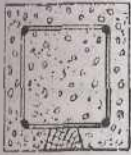


Fig. N° 5.30

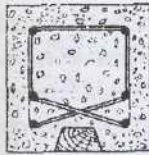


Fig. N° 5.31

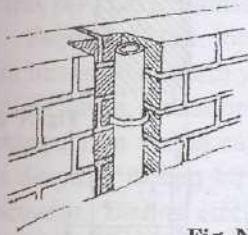


Fig. N° 5.32

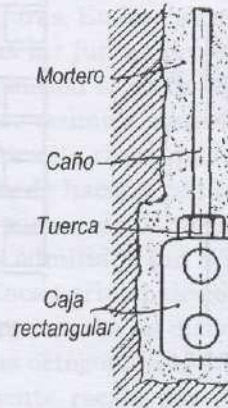


Fig. N° 5.33

Figura N° 5.30, 5.31, 5.32 y 5.33

Detalles de la colocación de cañerías y cajas en columnas y paredes

Para las líneas principales, y las columnas montantes, que conducen gran cantidad de caños, se colocan **cajas de registro** de 8 cm de profundidad, 15 a 20 cm de alto, y ancho variable. Todas estas son, claro está, dimensiones mínimas. Las líneas horizontales en los muros pueden hacerse siguiendo a los ladrillos, como se ve en la Figura N° 5.35. Las horizontales debajo del techo conviene realizarlas según la Figura N° 5.36, con una profundidad mínima de 3 cm como en el caso anterior. En algunos casos, estas canaletas pueden realizarse colocando los ladrillos de tal forma que dejen el espacio correspondiente, como se aprecia en la Figura N° 5.37. En la Figura N° 5.38 podemos estimar la disposición a dar en la preparación del encofrado, cuando es necesario dejar espacio en el hormigón, para una tubería horizontal. Las dimensiones a) y b) son del mismo orden que las que se dieron anteriormente. En algunos casos se deja en ese lugar un ladrillo hueco como se indica en la Figura N° 5.39, el que una vez seco el cemento, se rompe fácilmente dejando el lugar necesario. En la Figura N° 5.40 apreciamos el cruce de una sección de hormigón, por medio de un trozo de caños de acero, método recomendado. El sistema de la Figura N° 5.39 puede generalizarse para dejar lugar a las cañerías, como en la Figura N° 5.50 en una instalación cualquiera. Una vez colocados los caños con sus cajas, se llena con mortero para inmovilizar.

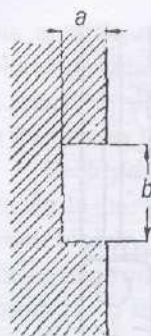


Fig. N° 5.34

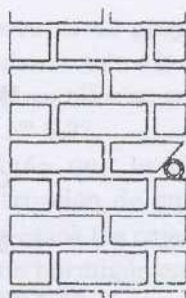


Fig. N° 5.35

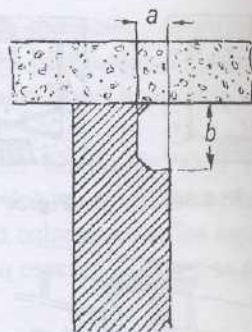


Fig. N° 5.36



Fig. N° 5.37

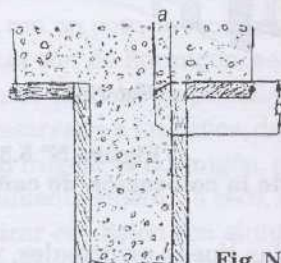


Fig. N° 5.38



Fig. N° 5.39

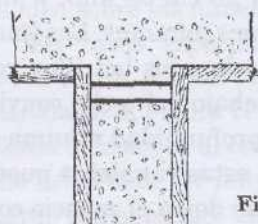


Fig. N° 5.40

Figura N° 5.34, 5.35, 5.36, 5.37, 5.38, 5.39 y 5.40
Detalles de la instalación de la cañería

Donde es necesario colocar codos o curvas, aún cuando los caños pueden ser doblados con un cierto radio mínimo de acuerdo a su diámetro, el Reglamento indica que no se pueden tener más de tres curvas entre dos cajas, y que las mismas no deberán tener un ángulo menor a 90° . Cuando el recorrido es largo, son necesarias aberturas de acceso para cualquier cambio o reparación, estipulándose que debe haber cajas de paso (cuadradas y octogonales) a distancias no mayores de 12 m en tramos rectos hori-

zontales y 15 m en tramos verticales. Las uniones de caños deben hacerse con manguitos, estando prohibidas las soldaduras. En los casos en que se requiera una instalación impermeable, todas las juntas deben pintarse con pintura adecuada. Una importante precaución es la de instalar las cañerías con algo de pendiente para que no se acumule agua de condensaciones que inevitablemente se producen. Por esta razón deben evitarse las "U". El doblado de los caños hasta 5/8" puede hacerse con la rodilla y en frío, pero para diámetros superiores debe usarse el aparato doblador.

Según la RIEI, los diámetros menores admitidos son de 12,5 mm para líneas de circuito y de 15,3 mm para líneas principales o seccionales. Las llaves, pulsadores y tomas se colocan, como se ha dicho, en cajas rectangulares. Estas cajas, lo mismo que las octogonales y las cuadradas de paso, tienen círculos convenientemente recalcados en lugares adecuados. Dichos círculos constituyen un lugar débil que se puede sacar fácilmente sin ayuda de herramientas especiales, con un simple golpe, quedando el agujero para el caño.

5.07. INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS

Las canalizaciones subterráneas se ejecutan abriendo una zanja del ancho de la pala como mínimo, y de una profundidad P de alrededor de 80 cm. En ese ancho caben bien tres cables de baja tensión, y si se han de colocar más, deben ubicarse en otra capa. Se tiende el cable con todas las precauciones que recomienda la técnica de su manejo, ya que ese tipo de conductor es muy delicado por ser rígido y pesado.

Cualquier esfuerzo desmedido o torcedura pronunciada, puede ocasionar una grieta por la cual entrará agua del suelo. Una vez tendido sobre



Figura N° 5.41
Cables tendidos en forma subterránea



Figura N° 5.42
Terminal de un cable de energía



Figura N° 5.43
Caja estanca de derivación

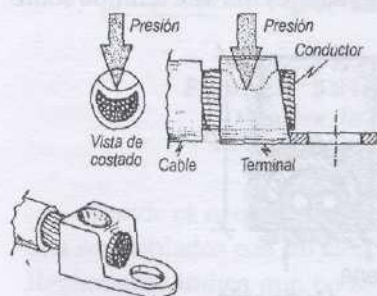


Figura N° 5.44
Unión a presión entre cable y terminal

el lecho se coloca una capa de arena, y sobre ella una hilera de ladrillos, tal como se ilustra en la Figura N° 5.41. En esta misma figura se muestran tres formas diferentes de instalar cables en forma subterránea, según los usos corrientes. Los terminales de los cables subterráneos deben ejecutarse con las botellas terminales que se fabrican a tal fin, según Figura N° 5.42. Los empalmes se deben ejecutar con cajas estancas. Actualmente para cables secos se utilizan terminales termo-contráctil, los cuales vienen conformados para diversas medidas de cables, y mediante un flujo de aire caliente el material se contrae y se adosa perfectamente al cable, otorgándole el aislamiento necesaria. Agreguemos que las derivaciones a los usuarios, desde la línea subterránea que corre bajo la vereda, como ya se ha indicado, se ejecutan mediante cajas estancas apropiadas. En la Figura N° 5.43 mostramos un esquema de estas cajas, las que actualmente son de material plástico, que se moldean en el lugar.

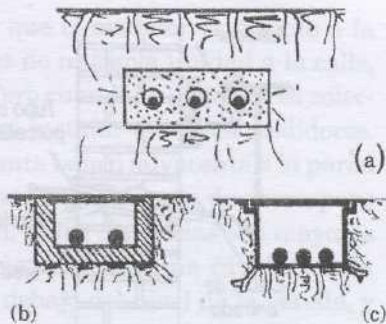
Los extremos de los componentes individuales de un cable, se empalman unos con otros y con los terminales, mediante variadas tecnologías. Actualmente se utilizan tecnologías de indentación según se muestra en la Figura N° 5.54. El terminal de aluminio o cobre del conductor se introduce en un terminal del mismo material, y mediante una máquina de indentación mecánica o hidráulica (de acuerdo a

las dimensiones del conductor), se comprime el terminal sobre el conductor, dejando ambos vinculados.

Las líneas subterráneas también pueden hacerse correr por dentro de piezas cerámicas enterradas en el piso, como ilustra la Figura N° 5.45.

En las industrias es común encontrar canaletas provistas de cables, como se ilustra en la Figura N° 5.46, ejecutadas en material, con tapas, losas o semejantes. También se hacen estas instalaciones con canaletas de chapa metálica, amuradas al piso en forma apropiada, como se muestra en el dibujo de la Figura N° 5.47.

En todos los casos, la colocación del cable tipo subterráneo debe hacerse cuidadosamente siguiendo las indicaciones del fabricante. El croquis de la Figura N° 5.48 enseña la forma de disponer el tambor sobre un caballete, para ir desenrollando el cable y apoyándolo sobre rodillos especiales para que no se arrastre por el suelo, y luego colocarlo sobre el fondo de la zanja.



**Figura N° 5.45 (a), 5.46 (b)
y 5.47 (c)**
**Detalle de conductos
subterráneos para cables**

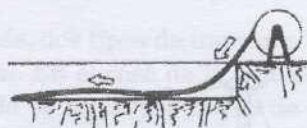


Figura N° 5.48
**Detalle del desenrollado
de un cable**

5.08. ENTRADA DE LÍNEAS EN INMUEBLES

Las entradas para la instalación domiciliaria, desde la red aérea, pueden ejecutarse como indican las Figuras N° 5.49 y 5.50. En los dos primeros casos el pasaje del muro se hace de material plástico, y en el último, el cable entra por el caño de acero, que a su vez le sirve de sostén. Un pequeño hongo en la parte superior impide la entrada de agua.

En líneas generales las Figuras N° 1.10 y 1.11 del capítulo 1 son ilustrativas de las dos formas utilizadas para el ingreso de la línea subterránea en el inmueble. Si nos detenemos en particular en la Figura N° 1.11 debemos agregar que la caja de toma está destinada a la colocación de los fusibles, y se encuentra a una altura de 60 cm hasta 120 cm sobre el nivel de la vereda y hasta el borde inferior de la caja. En los casos de zonas ane-

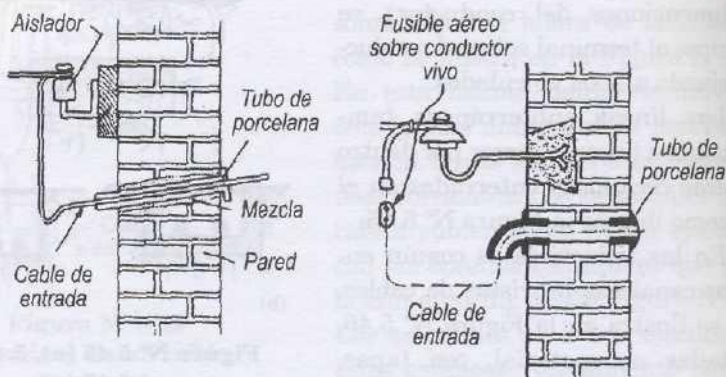


Figura N° 5.49.
Detalles de la entrada de los cables a la vivienda.

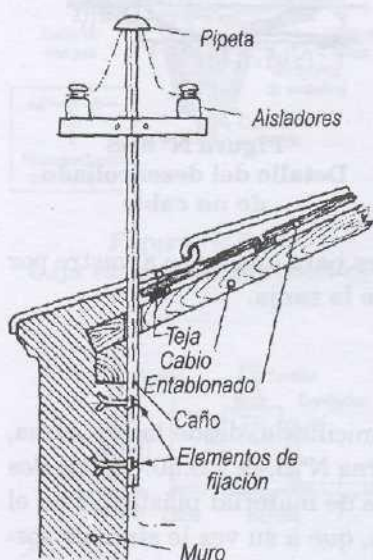


Figura N° 5.50.
Detalle de la entrada de los cables a la vivienda.

gadizas, el borde inferior se colocará a una altura superior, sobrepasando 20 cm el nivel más alto alcanzado por la inundación. La llegada de los cables de alimentación que van desde la caja subterránea de empalme de la red hasta la toma, se hace por una canaleta vertical como enseña la Figura N° 1.11, que saldrá de la toma y llegará 50 cm por debajo del nivel de la vereda. Esta canaleta será de 20 cm de ancho por 20 cm de profundidad, y deberá taparse con materiales similares al revestimiento de la pared exterior. Además, deberá permitir el recambio de cables en caso necesario. A partir de los medidores, la instalación es responsabilidad del propietario de la casa, la cual deberá cumplir las reglamentaciones vigentes y lo cual deberá ser avalado por un electricista

matriculado. Desde la caja de toma hasta el o los medidores se deberán seguir los lineamientos especificados por la empresa prestataria del servi-

cio eléctrico. Puede presentarse el caso de que el medidor esté junto a la caja de toma, como ocurre con las viviendas de una sola unidad a la calle, tal como se describe en la Figura N° 1.11. Pero cuando la vivienda es colectiva, se suele destinar un local especial para instalar todos los medidores. Este local puede estar en el sótano, en la planta baja o adyacente a la pared de toma. Si la distancia es menor de 10 m se coloca un caño de acero, para alojar a la llamada **línea de alimentación**. Si las distancias son mayores se puede practicar una canaleta que arrancará desde una cavidad en la línea municipal de edificación y 30 cm por debajo del nivel de la vereda, y llegará hasta una cavidad en forma de pileta practicada debajo del lugar destinado a medidores. Esta canaleta deberá tener un diámetro libre de 10 cm y podrá ser de ladrillos, cemento prensado u otro material semejante. En caso de llegar hasta el sótano, la parte horizontal se hará como en el caso recién descrito, y la bajada, por canaleta practicada en la pared de 20 cm por 20 cm.

En la Figura N° 5.51 mostramos, además, dos tipos de ingreso a una vivienda, desde la línea aérea de distribución. En el caso de la izquierda, la llegada es aérea, pero del pilar de entrada se sigue por medio de una línea subterránea hasta la casa propiamente dicha. En el dibujo de la derecha, la línea entra también de la red en la misma forma y luego de pasar por la caja de toma y medidor, vuelve a subir para entrar a la casa por la parte superior al aire.

En la Figura N° 5.52 se muestran tres posibles soluciones para una acometida de un usuario trifásico con neutro. Para representarlas esquemáticamente se han utilizado esquemas trifilares (izquierda) y unifilares (derecha) para cada uno de los tres casos.

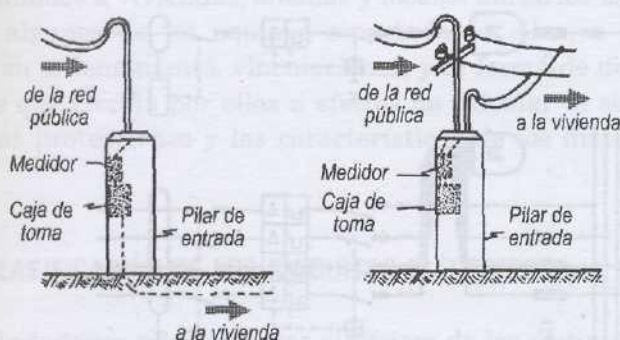


Figura N° 5.51.
Formas de ingreso a una vivienda.

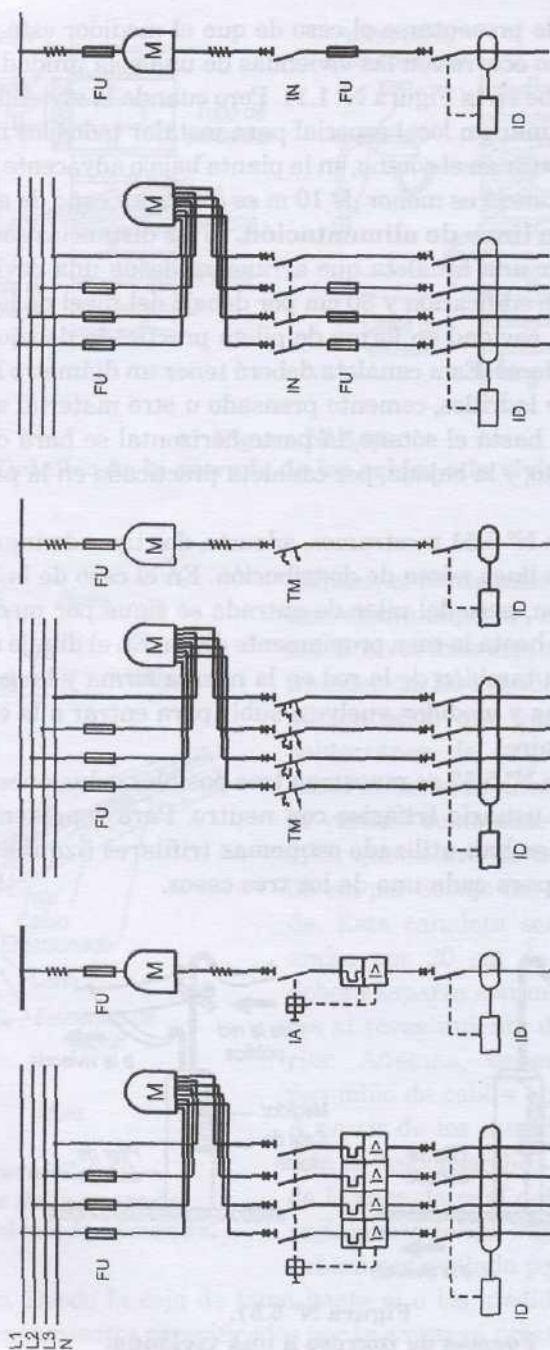


Figura N° 5.52.
Esquemas de acometidas trifásicas con neutro

CIRCUITOS ELÉCTRICOS**ÍNDICE**

6.01.	INTRODUCCIÓN
6.02.	CLASIFICACIÓN DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS
6.03.	CIRCUITOS PRINCIPALES
6.04.	CIRCUITOS SECUNDARIOS
6.05.	CIRCUITOS DE FUERZA MOTRIZ
6.06.	CIRCUITOS DE CONTROL
6.07.	DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES CONSUMIDAS
6.08.	LÍNEAS Y CIRCUITOS

6.01. INTRODUCCIÓN

En este capítulo desarrollaremos los principales aspectos relacionados con los circuitos de las instalaciones eléctricas de los inmuebles destinados a viviendas, oficinas y locales unitarios así como también de algunos de los equipos conectadas a ellas, a los fines de mostrar su ordenamiento, vinculaciones, y la forma de determinar la corriente que circula por ellos a efectos de calcular la sección de los cables, las protecciones y las características de los distintos componentes.

6.02. CLASIFICACIÓN DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Refiriéndonos a los circuitos eléctricos de los distintos inmuebles podemos decir que encontramos:

- Circuitos principales o de alimentación a los edificios o viviendas
- Circuitos secundarios o propios de las viviendas, como ser, los de iluminación, tomacorrientes y timbres.
- Circuitos de fuerza motriz, los que alimentan las bombas, los ascensores, rampas, etc.
- Circuitos de control, son justamente los que controlan el funcionamiento de los elementos anteriormente nombrados. También se pueden incluir en esta categoría a los circuitos de seguridad como detección de intrusos, fuego, pérdida de gases, etc. Veremos luego en el Capítulo N° 10 algunos de estos circuitos.

6.03. CIRCUITOS PRINCIPALES

Comenzamos tomando como ejemplo el circuito necesario para alimentar la vivienda proyectada en el Capítulo N° 7 que sigue al presente. Si bien algunos de sus aspectos ya han sido vistos en forma general en la Figura N° 1.12 y 1.13, los ordenaremos ahora en la Figura N° 6.01 que se corresponde con el caso de una vivienda con dos circuitos, conforme al proyecto de la Figura N° 7.06, que estudiaremos en detalle.

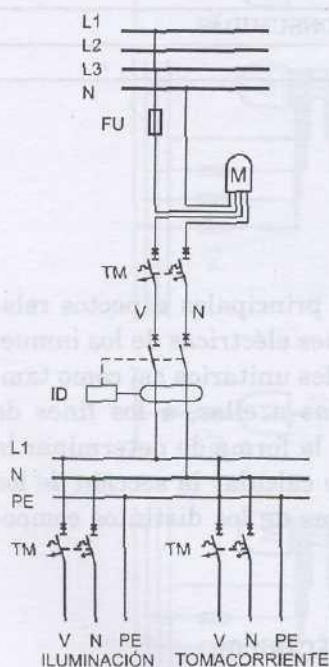


Figura N° 6.01
Circuito básico de una vivienda

Luego de la caja de toma con sus fusibles, pasamos por el medidor de energía e ingresamos al **Tablero** de la casa, que en las Figuras N° 1.12 y 1.13 ya habíamos visto colocado en el living, a la izquierda de la entrada principal. En el caso actual tenemos dos circuitos, uno de iluminación y el otro de tomacorrientes, como se puede ver en el esquema eléctrico de la Figura N° 6.01 y su correspondiente esquema unifilar en la Figura N° 6.02.

Es de hacer notar que la toma de tierra local, sin pasar por inte-

ruptor ni por fusibles, alcanza a los tomas de corriente con polo a tierra. Según la Reglamentación, ese conductor, denominado **PE**, debe tener una sección mínima de $2,5 \text{ mm}^2$ y ser de color verde y amarillo.

En edificios más grandes, pueden presentarse dos casos principales: una sola unidad importante con varios tableros seccional, conforme a la Figura N° 6.03, o varias unidades independientes de una vivienda colectiva. En el primer caso el circuito contendrá un solo medidor de energía, desde el cual saldrá toda la red, como se ilustra en la representación esquemática unifilar de la Figura N° 6.02, en la que se han señalado las denominaciones normalizadas.

En el caso de una vivienda colectiva, como es una casa de departamentos o propiedad horizontal, se acostumbra a centralizar los medidores de energía en un local especial, desde el cual salen las líneas que alimentarán los tableros de cada unidad, como se ilustra en la Figura N° 6.04. Esta es la medición centralizada de energía, pero aún suele encontrarse el caso de una línea principal que recorre los pisos, donde están colocados los contadores a la entrada de cada departamento.

En instalaciones de varios pisos con un solo medidor, destinados a oficinas, casas de comercio, reparticiones públicas, etc., la distribución es la de la Figura N° 6.05, y los diversos

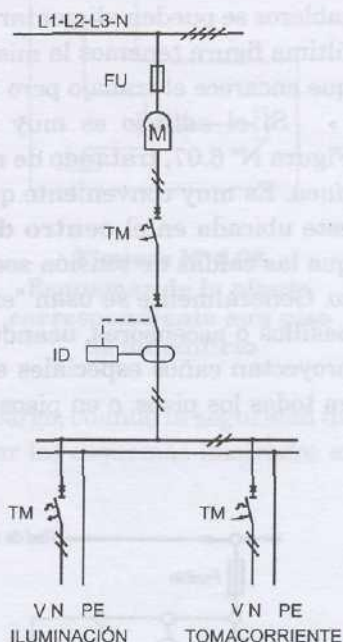


Figura N° 6.02
Esquema unifilar típico de una vivienda

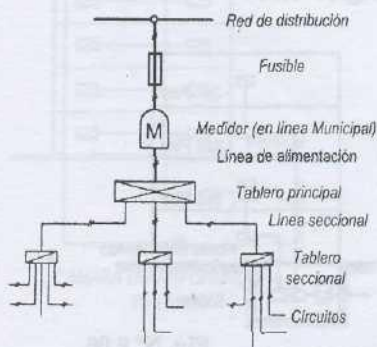


Figura N° 6.03
Esquema unifilar de una alimentación a una unidad de vivienda importante

tableros se pueden alimentar como se indica en la Figura N° 6.06. En esta última figura tenemos la misma alimentación con dos líneas principales, que encarece el trabajo pero proporciona más seguridad de servicio.

Si el edificio es muy importante, puede realizarse como en la Figura N° 6.07, tratando de no alimentar más de tres pisos con una sola línea. Es muy conveniente que la llegada al piso y su tablero principal, este ubicada en el **centro de gravedad** de las cargas eléctricas, para que las caídas de tensión sean parejas en todos los extremos del circuito. Generalmente se usan "en vertical" recorridos paralelos a escaleras, pasillos o ascensores, usando sus mismas aberturas. En otros casos se proyectan caños especiales en lugares adecuados, con cajas de registro en todos los pisos, o en pisos alternados.

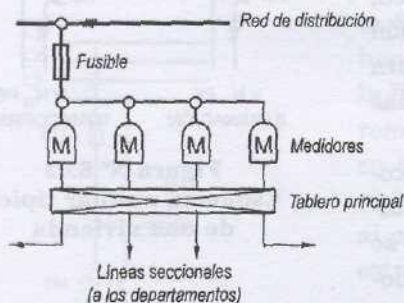


Fig. N° 6.04

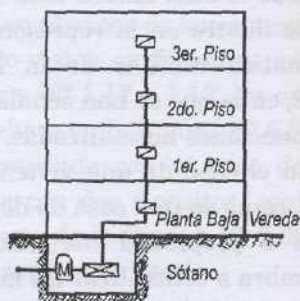


Fig. N° 6.05

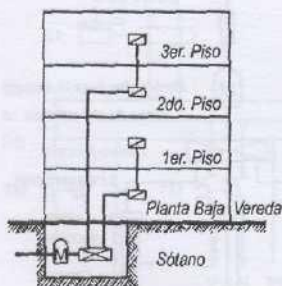


Fig. N° 6.06

Figuras N° 6.04, 6.05, 6.06 y 6.07
Esquemas de los circuitos
de alimentación en edificios

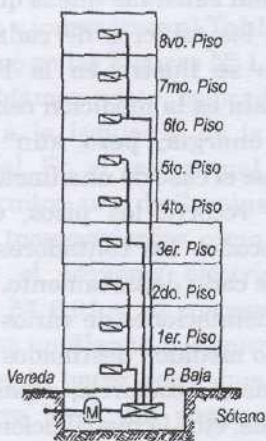
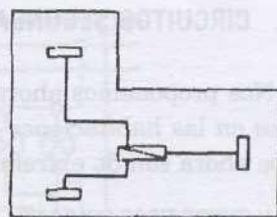


Fig. N° 6.07

En las Figuras N° 6.05, 6.06 y 6.07 se puede apreciar que los medidores están ubicados en un local especial, muchas veces en el sótano, y otras en la planta baja, junto con el tablero principal de distribución de energía, desde donde se inician los circuitos propiamente dichos. Los detalles de estos tableros y locales los indicaremos más adelante. Los edificios muy importantes, cuentan con su propia subestación transformadora, la cual será tratada el Capítulo N° 11. Sin embargo, cuando la seguridad del suministro así lo impone, se pueden emplear los esquemas ilustrados en las Figuras N° 6.09 y 6.10.



Figuras N° 6.08
Esquemas de la planta correspondiente a un piso de un edificio

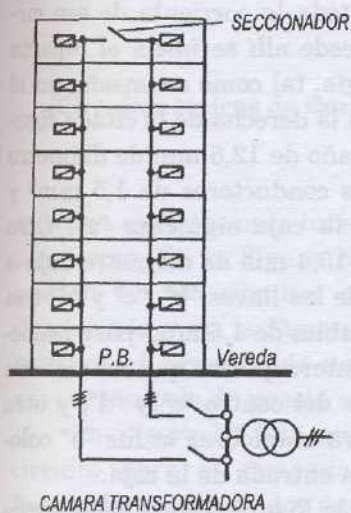


Fig. N° 6.09

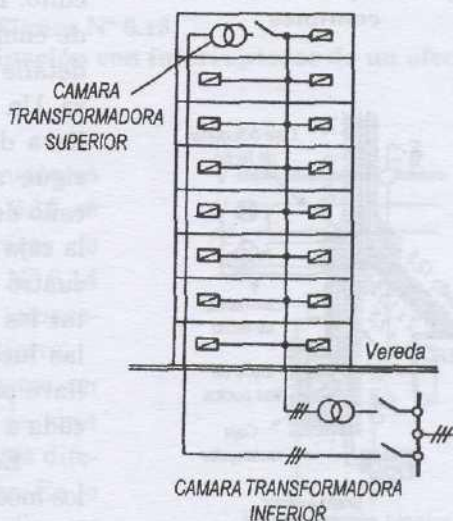


Fig. N° 6.10

Figura N° 6.09 y 6.10
Esquema de circuito de alimentación a unidades de viviendas en edificios con cámara o subestación transformadora

6.04. CIRCUITOS SECUNDARIOS

Nos proponemos ahora tratar los circuitos más simples que encontramos en las habitaciones y locales de los inmuebles. Los circuitos descritos ahora son de extrema sencillez, pero por su amplio empleo, consideramos necesario describirlos.



Figura N° 6.11
Algunos tipos de módulos comunes

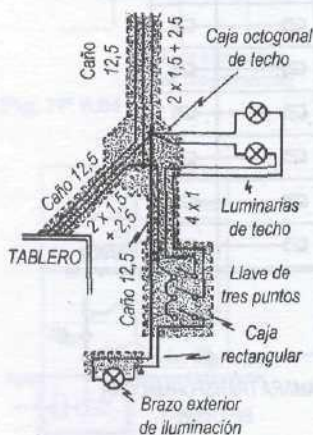


Figura N° 6.12
Disposición física de los cables dentro de los caños y las cajas

Recordemos lo mostrado en las Figuras N° 1.12 y 1.13 en donde cada línea de circuito comienza en el tablero con un interruptor bipolar (debe cortar los dos polos como indica la reglamentación) y los fusibles o bien una llave termomagnética, y de allí parte la línea. En el caso del circuito "A" por un caño del techo se llega hasta la boca del centro "c"/"d" con dos cables de 2,5 mm². Ese tramo soporta toda la corriente de ese circuito. Desde allí se inicia el reparto de energía, tal como se enseña en el detalle a la derecha de la citada figura. Un caño de 12,5 mm de diámetro lleva dos conductores de 1,5 mm² y sigue a la caja siguiente "g". Otro caño de 15,4 mm de diámetro baja a la caja de las llaves "b", "c" y "d" con cuatro cables de 1,5 mm² para conectar los interruptores que maniobran las luces del centro "c" y "d", y otra llave para maniobrar la luz "b" colocada a la entrada de la caja.

En la Figura N° 6.11 mostramos los módulos típicos que se emplean en las viviendas, que son los anteriormente citados en la Figura N° 3.01.

La Figura N° 6.12 muestra la disposición física de los cables dentro de los caños y cajas y en donde tene-

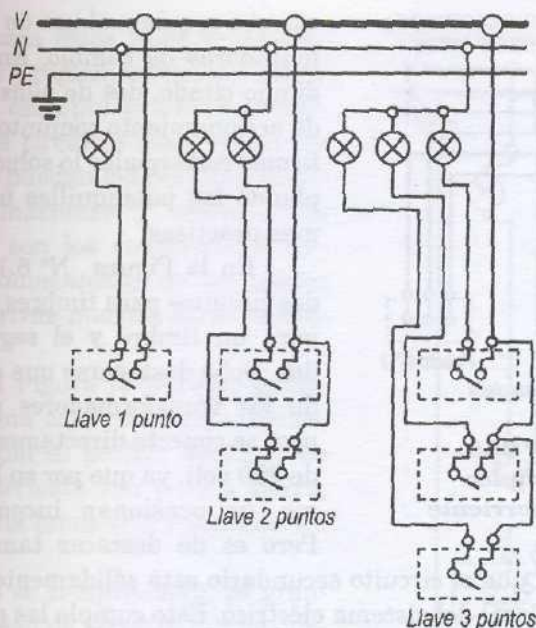
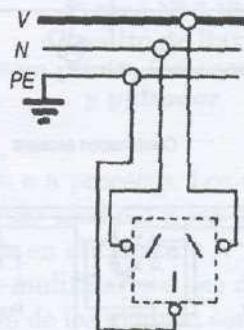


Figura N° 6.13

Circuitos típicos de iluminación con interruptores de un efecto

mos tres circuitos para interruptores unipolares. En la Figura N° 6.13 se pueden ver los circuitos típicos de iluminación y en la Figura N° 6.14 tenemos el circuito de un tomacorriente con polo de puesta a tierra.

La Figura N° 6.15 muestra un circuito para el comando de una fuente de luz, desde dos puntos diferentes, por lo regular, distantes. En lo que en la práctica se suele llamar "combinación escalera". En la Figura N° 6.16 el accionamiento de una luminaria se puede hacer desde tres puntos diferentes. Para uno u otro



*Tomacorriente bipolar
con toma de tierra*

Figura N° 6.14
Circuitos típicos
con interruptores unipolares

CIRCUITO DE UNA LAMPARA ACCIONADA DESDE DOS PUESTOS DISTINTOS

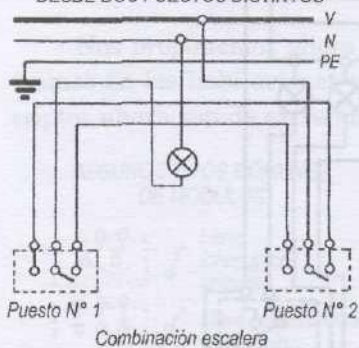


Figura N° 6.15
Circuito típico
de un tomacorriente

muy importante, que el circuito secundario está sólidamente vinculado al polo de tierra local del sistema eléctrico. Esto cumple las prescripciones reglamentarias de no superar los 24 volt en circuitos de señalización y alarma, que están expuestos a las personas. En lo que a los transfor-

caso, se requiere el uso de llaves conmutadoras de cambio. En el último dibujo citado, dos de ellas deben ser de accionamiento conjunto, lo que las firmas comerciales lo solucionan acoplando las palanquillas u otras formas prácticas.

En la Figura N° 6.17 tenemos dos circuitos para timbres, el primero para un timbre y el segundo para dos. Debe destacarse que el primario de los transformadores para estos usos se conecta directamente a la red de 220 volt, ya que por su bajo consumo, no ocasionan inconvenientes. Pero es de destacar también como

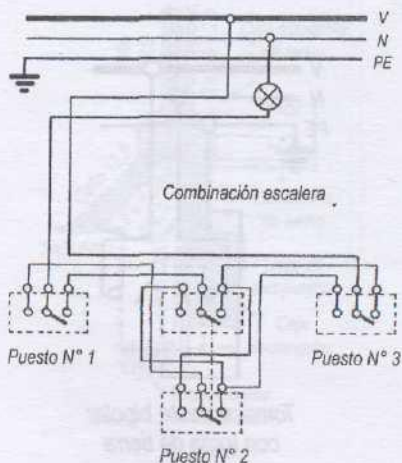


Figura N° 6.16
Circuito típico de una
"combinación escalera"

CIRCUITOS TÍPICOS DE LLAMADA

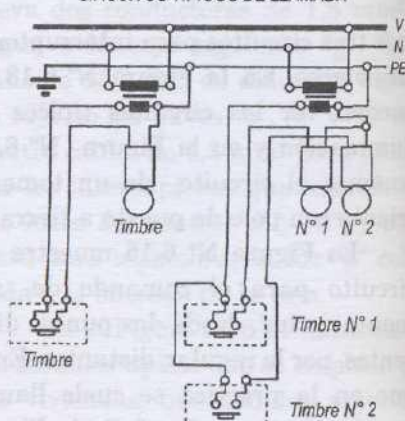


Figura N° 6.17 Circuito de una
lámpara accionada desde tres
puntos distintos

madores para estos fines se refiere, las normas y reglamentaciones deben respetarse escrupulosamente, lo mismo que los circuitos electrónicos diversos que puedan usarse para variadas combinaciones y efectos. Los descriptos son los considerados *circuitos fundamentales*, de los cuales pueden derivar muchas otras combinaciones.

En la Figura N° 6.18 se puede observar una caja con tres módulos, desde la cual es posible disponer de un tomacorriente con polo a tierra, accionar una luminaria y accionar un timbre.

Como se comprenderá, es grande la cantidad de arreglos que se pueden hacer tomando los circuitos básicos antes descriptos.

6.05. CIRCUITOS DE FUERZA MOTRIZ

Estos circuitos son como su nombre lo indica los que se destinan, en general, a suministrarle la energía eléctrica a los motores y en algunos casos a resistores destinados a la calefacción o a procesos. Los motores siempre se encuentran acoplados (por diversos medios) a los distintos tipos de cargas, de las cuales nos ocuparemos en el Capítulo N° 8.

Los circuitos de fuerza motriz (FM) son multifilares o sea de tres o cuatro conductores ya que la inmensa mayoría de los motores son trifásicos, aunque pueden llegarse a usar del tipo monofásico con potencia que no superen los 0,75 CV. Ello se debe a la simplicidad de los primeros.

En consecuencia y tratándose de sistemas de baja tensión la tensión de alimentación de los circuitos de FM se hace con 3 x 380 V o bien 3 x 380/220 V. Es así como en la Figura N° 6.19 podemos ver a la derecha del circuito eléctrico general de un edificio los circuitos de FM, los

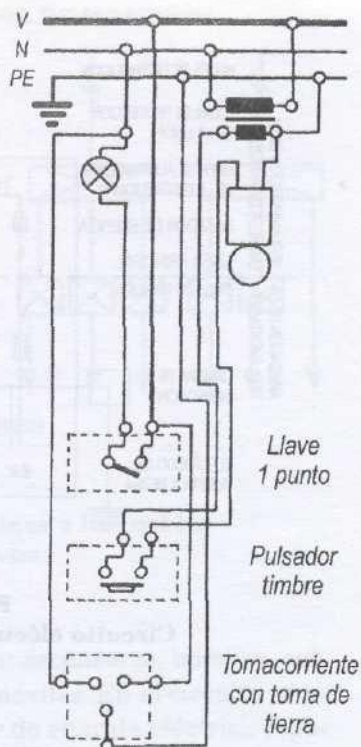


Figura N° 6.18
Circuito de llave
de un punto, tomacorriente
y pulsador

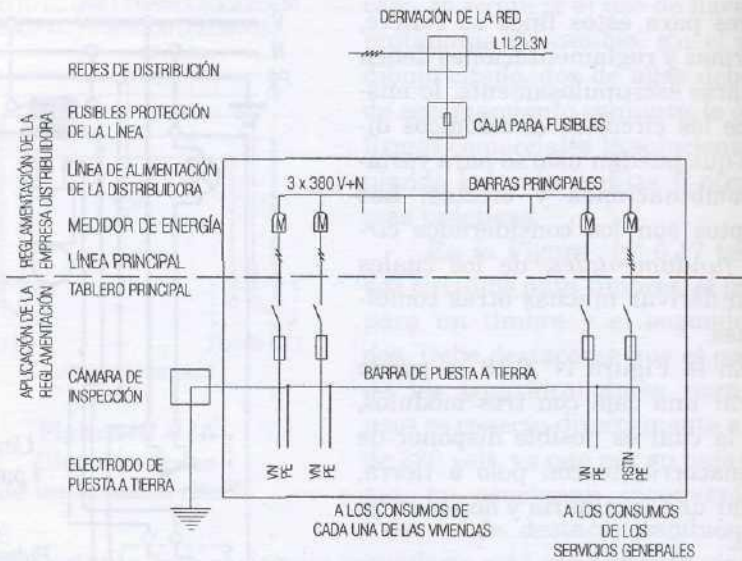


Figura N° 6.19
Circuito eléctrico general de un edificio

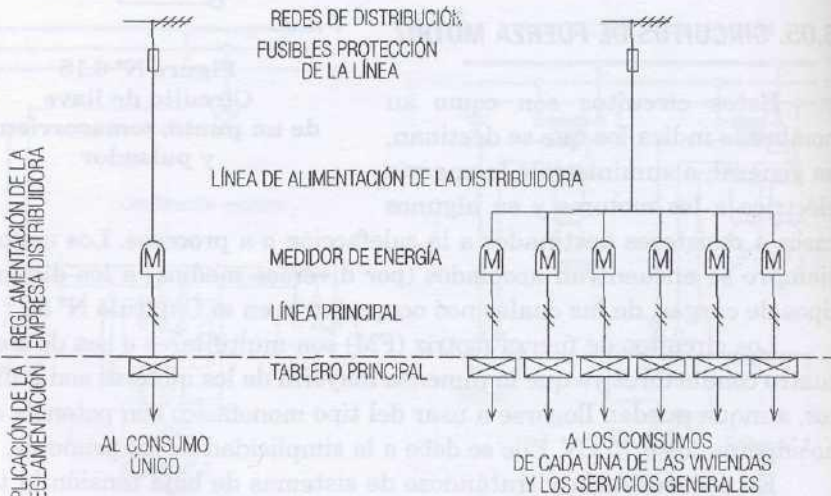


Figura N° 6.20
Esquema de las distintas líneas y tableros

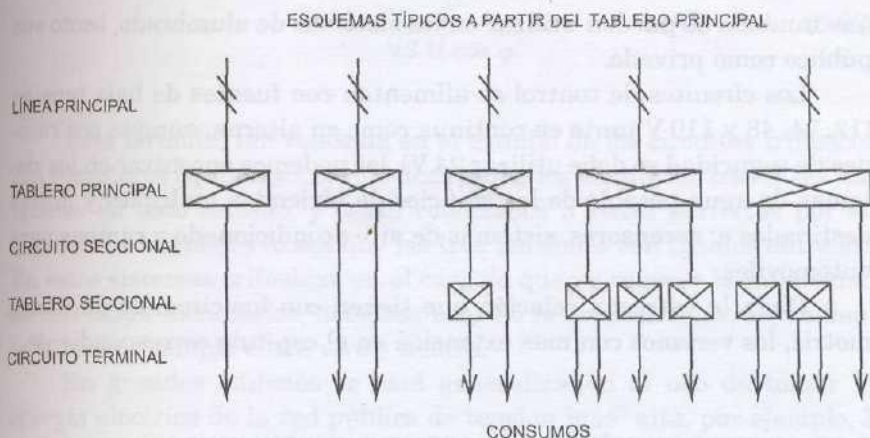


Figura N° 6.21
Esquema general de las alimentaciones a inmuebles
individuales y colectivos

cuales están destinados como ya lo dijimos a: ascensores, bombas, caldera, aire acondicionado o rampas para automóviles. En el circuito también podemos ver que cuenta con un contador de energía eléctrica separado del resto.

Estas últimas cargas son los considerados **servicios generales**, cuando se trata de edificios de viviendas múltiples.

En las viviendas únicas, se puede utilizar circuitos de fuerza motriz, para grandes equipos de aire acondicionado, para las bombas de los filtros de las piletas de natación, o bien, aunque más raramente ascensores o montacargas para discapacitados.

Como lo anticipáramos el tema fuerza motriz (FM), será tratado con más extensión en el Capítulo N° 8.

6.06. CIRCUITOS DE CONTROL

Los circuitos de seguridad y telefonía serán vistos en el Capítulo N° 10 denominado **INSTALACIONES DE MUY BAJA TENSION**.

Como circuito de control nos referiremos a los que están asociados al comando y control de motores eléctricos trifásicos o monofásicos aun-

que también se pueden utilizar en los sistemas de alumbrado, tanto sea público como privado.

Los circuitos de control se alimentan con fuentes de baja tensión (12, 24, 48 y 110 V tanto en continua como en alterna, aunque por razones de seguridad se debe utilizar 24 V), los podemos encontrar en los sistemas de agua potable de los edificios de viviendas múltiples y únicas destinados a: ascensores, sistemas de aire acondicionado y rampas para automóviles.

Dada la estrecha relación que tienen con los circuitos de fuerza motriz, los veremos con mas extensión en el capítulo correspondiente.

6.07. DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES CONSUMIDAS

En corriente alterna y tal como habíamos visto en el Capítulo N° 1, el suministro de la energía eléctrica (Esquema de conexión TT) a los receptores monofásicos se hace conectando un cable a alguna de las tres fases (R, S, T) y otro al que corresponde al neutro (N). La corriente que tomaría un receptor monofásico conectado a ella se calcula de la siguiente manera:

$$I = \frac{P}{U \cos \varphi} \quad [A] \quad (6.01)$$

siendo:

- P** Potencia del receptor [watt]
- U** Tensión entre conductores [volt]
- cos φ** Factor de potencia de la carga.
- I** Intensidad [ampere]

Si la red es trifásica, tendremos en el caso más general cuatro conductores; tres vivos y un neutro. Entre los cables vivos existe una tensión (380 V), y entre cualquiera de ellos y el cable neutro un valor 1,73 veces menor (220 V). En general los receptores de iluminación se conectarán entre los cables vivo y neutro, y los de fuerza motriz a los tres vivos.

En cualquier instalación de corriente trifásica, la intensidad tomada por cualquier conductor vivo está dada por la expresión:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi} \quad [A] \quad (6.02)$$

Esta fórmula, tan conocida en el estudio de los circuitos trifásicos con receptores equilibrados, vale decir, aquellos en que las tres fases son iguales en todo sentido, y están conectados a redes perfectas por su simetría de tensiones (o sea que las tres tensiones son iguales entre sí). En estos sistemas trifásicos, en el caso de querer conocer la intensidad de una carga monofásica, debemos usar en la expresión correspondiente la tensión simple entre vivo y neutro.

En grandes edificios se está generalizando el uso de tomar la energía eléctrica de la red pública de tensión más alta, por ejemplo, 3 x 13.200 volt. En estos casos, es necesario instalar una estación transformadora (tema que será tratado en el Capítulo N° 11), correspondiendo un esquema eléctrico de principio como el que se verá en un próximo capítulo. La alimentación se realiza a través de un seccionador bajo carga con fusibles para 13.200 volt, que permite efectuar las maniobras para conectar o desconectar el sistema y a su vez proteger el mismo. Luego se encuentran los transformadores de medida que necesitan los medidores de energía eléctrica, siguiendo con el transformador de potencia propiamente dicho, que es una máquina eléctrica estática, que se encarga de reducir la tensión desde 3 x 13.200 volt a 3 x 380/220 volt. A la relación entre ambas tensiones de entrada y salida, se la llama relación de transformación. Luego sigue un interruptor automático termo magnético, que alimenta el tablero de baja tensión, desde donde se efectuará la distribución. El tema subestaciones transformadoras por su importancia será tratado con más detalle en el Capítulo N° 11.

6.08. LÍNEAS Y CIRCUITOS

Las líneas y los circuitos son la parte esencial de las instalaciones eléctricas, así se ve reflejado en el tratamiento que hace la RIEI de este tema, siempre para las: viviendas, oficinas y locales unitarios.

También queremos reiterar que el siguiente texto es una interpretación con algunas transcripciones y que no pretende reemplazar el texto completo de la misma.

Definiciones

Se hace necesario que antes de iniciar el desarrollo del tema, se conozcan las definiciones al respecto.

Líneas

Son los cables que conducen la energía eléctrica suficiente como para poder alimentar una carga.

Desde el punto de vista de la cantidad de cables que la forman, la más simple, es la monofásica, que debe estar constituida por dos cables, las cuales se denominan bifilares.

En cuanto a las trifásicas, pueden ser de tres cables (R, S y T) que se denominan trifilares o bien pueden ser de cuatro cables (R, S, T y N) en cuyo caso se denominan tetrafilares.

Todos los tipos de líneas parten desde un tablero en el cual deben estar los elementos de maniobra y protección de las mismas. Estos deben tener la misma cantidad de polos que de cables tiene la línea.

Una línea bifilar debe tener un aparato de maniobra y protección que permita desconectar al mismo tiempo ambos cables, o sea, los que corresponden al "vivo" y al "neutro".

En los casos de las trifásicas, el aparato deberá tener, poder desconectar los tres o cuatro cables a la vez según el tipo que se trate (R, S y T o R, S, T y N).

Clasificación de las líneas

Línea de alimentación

Es la línea que vincula la red de la empresa de distribución de energía, con los bornes de entrada del medidor de energía. Sobre la misma se encuentra el elemento de protección dispuesto por la empresa distribuidora (LA).

Línea principal

Es la que vincula los bornes de salida del medidor de la energía eléctrica, con los bornes de entrada del tablero principal (TP), los que constituyen el punto origen de la instalación del inmueble (vivienda, oficina o local, etc.) (LP).

Circuito seccional o de distribución. Línea seccional

Es la que vincula los bornes de salida de un dispositivo de maniobra y protección de un tablero con los bornes de entrada del siguiente tablero (CS).

Como puede verse en el gráfico del Esquema General de las Figuras 6.20 y 6.21, esta vinculación puede ser entre:

- el tablero principal (TP) y el o los tableros seccionales generales (TSG) o Tableros seccionales (TS)
- el tablero seccional general (TSG) y tableros seccionales (TSi)

Los cables de esta línea, se tienden dentro de caños o conductos en el interior del inmueble y el conjunto de estas líneas hacen la distribución interna de la energía eléctrica.

Señalando que los Tableros seccionales generales (TSG) o los Tableros seccionales (TS), pueden no existir.

Circuito terminal o línea de circuito

Es la que vincula los bornes de salida de un dispositivo de maniobra y protección con los consumos.

Clasificación de los circuitos

Los circuitos pueden ser:

- Para usos generales
- Para usos especiales
- Para usos específicos

Circuitos para usos generales

Son monofásicos (un cable con un vivo, otro con un neutro y el de protección o PE) y alimentan bocas destinadas a la iluminación o a los tomacorrientes, que están en el interior del inmueble o en superficies semicubiertas.

Estos circuitos de usos generales deben tener protección tanto en el cable vivo como en el del neutro. O sea, en el tablero que los alimenta se debe colocar una protección bipolar (fusibles o termomagnéticas) cuya intensidad no debe sobre pasar los 16 A.

Este tipo de circuito puede alimentar como máximo a 15 bocas.

Ejemplos de circuitos de usos generales.

- Aquellos en cuyas bocas se pueden conectar luminarias (o artefactos de iluminación), ventiladores, combinación de ellos, u otras cargas, la condición es que las mismas no consuman más de 6 A en forma permanente.

Se identifican con las siglas **IUG** (a medida que se desarrollen los distintos temas iremos agregando las siglas correspondientes).

La forma de conectar las cargas puede ser por medio de una conexión fija o bien con un tomacorriente.

- Son también aquellos circuitos que alimentan tomacorrientes para usos generales y cuyas siglas son **TUG**.

En este caso las cargas no podrán tomar una corriente permanente mayor a los 10 A. Estos circuitos contarán con protección en ambos polos para una corriente no mayor de 20 A y el número máximo de bocas será de 15.

Círculo para usos especiales

También son circuitos monofásicos los que alimentan las cargas que no se pueden hacer por medio de los circuitos de usos generales; porque consumen corrientes mayores o por que están a la intemperie.

En ese caso la protección bipolar no podrá ser mayor de 32 A y el número máximo de bocas es 12.

Ejemplos de circuitos de uso especial.

1. Circuitos de iluminación de uso especial (sigla **IUE**) en cuyas bocas deben conectarse exclusivamente luminarias (artefactos de iluminación) por medio de una conexión fija o por medio de tomacorrientes de 10 o 20 A.

Este tipo de circuito, es apto para la iluminación de parques y jardines. Debiéndose tener en cuenta el grado de protección de los elementos de conexión. Recordemos que el grado de protección, denominado IP da las características constructivas de algunos de los elementos que se utilizan en las instalaciones eléctricas. Se recomienda, por razones funcionales, que los circuitos a la intemperie sean independientes.

2. Circuitos de tomacorrientes de uso especial (sigla **TUE**), en cuyas bocas pueden conectarse cargas unitarias que consumen

hasta 20 A. Y al igual que el caso anterior debe tomarse las precauciones del caso en cuanto al grado de protección (IP) de los elementos a emplearse para la conexión.

Circuitos para usos específicos

Estos circuitos pueden ser monofásicos o trifásicos y alimentan las cargas no comprendidas en las definiciones anteriores.

La utilización de estos circuitos en viviendas, oficinas y locales unitarios es suplementaria y no exime de las exigencias en cuanto al número mínimo de circuitos y de los puntos de utilización para cada grado de electrificación (los veremos más adelante).

Estos tipos de circuitos se dividen en dos grupos.

Circuitos para usos específicos que alimentan cargas cuya tensión de funcionamiento no es directamente la de la red de alimentación

Entre los que podemos encontrar los circuitos de muy baja tensión de seguridad (24 V) (siglas **MBTS**), en cuyas bocas de salida pueden conectarse cargas predeterminadas, sea por medio de conexiones fijas o de las respectivas fichas (tamaño y color).

La alimentación de la fuente se realiza por medio de un circuito de alimentación a carga única (**ACU**) con sus correspondientes protecciones. Los circuitos de MBTS no tienen limitación del número de bocas, potencia de salida de cada circuito.

Circuitos de alimentación de tensión estabilizada (ATE)

Están destinados a equipos o redes que la requieran para su funcionamiento, ya sea por prescripciones de diseño o necesidad del usuario, tensión estabilizada o sistemas de energía ininterrumpible (UPS).

Con el objeto de diferenciar los tomacorrientes de circuitos ATE y evitar errores operativos, se deben instalar los tomacorrientes especiales y con el color adecuado a la tensión respectiva.

Circuitos para usos específicos que alimentan cargas cuya tensión de funcionamiento es la correspondiente a la red de alimentación: 220 o 380 V

En este caso podemos encontrar cuatro casos.

1. Circuitos de alimentación monofásica de pequeños motores (sigla **APM**), en cuyas bocas se pueden conectar cargas destinadas a

ventilación, convección forzada, accionamiento de portones, cortinas de enrollar, heladeras comerciales, góndolas refrigeradas, lavarropas comerciales, fotocopiadoras, etc. La conexión puede hacerse en forma fija o bien por medio de tomacorrientes.

- Circuitos de alimentación monofásicos o trifásicos de carga única (sigla ACU) a partir de cualquier tipo de tablero, sin derivación de las líneas. No tiene limitación de la potencia a conectarse.
- Circuitos de alimentación monofásica de fuentes para consumos de muy baja tensión funcional (sigla MBTF). El número máximo de bocas es 15 y la carga máxima por boca es de 10 A. La protección del circuito no puede ser mayor a los 16 A.
- Circuitos de iluminación trifásica específica (sigla ITE). En oficinas y locales con presencia permanente de personal de mantenimiento u operación BA4 o BA5. Este tipo de circuito puede ser empleado para la iluminación de lugares en cualquier condición (interior, intemperie, semicubiertos, etc.)
- Otros circuitos específicos monofásicos o trifásicos (sigla OCE) que alimentan cargas no comprendidas en las descripciones anteriores. No tienen limitaciones en el número de bocas así como tampoco de la potencia.

Hemos visto hasta aquí los distintos tipos de circuitos y es fácil notar que en algunos casos se establecen limitaciones en cuanto al número de bocas y en otros no. De la misma manera en lo que respecta al calibre de las protecciones. En este último caso cuando no lo indica es porque es RESPONSABILIDAD DEL PROYECTISTA el valor adoptado.

A continuación se mostrará una tabla en donde están las siglas que identifican a cada uno de los distintos tipos de circuitos.

6.09. UN CONCEPTO ASOCIADO A LAS LÍNEAS Y A LOS CIRCUITOS

Se trata del término boca y lo que se entiende por él, lo cual es clave en las instalaciones eléctricas, ya que tiene connotaciones reglamentarias como acabamos de ver más arriba cuando se fija el número máximo que pueden tener los distintos tipos de circuitos y también involucra en el precio de la ejecución de la misma, ya que suele ser usada como una unidad de precio (pesos/boca).

Es por ello, que conviene conocer su definición, la cual dice que: se considera boca al punto de un circuito terminal donde se conecta en forma fija o con tomacorrientes una carga.

En consecuencia no se considera como tales a las cajas:

- de paso
- de derivación
- de paso y derivación con más de un circuito
- las que contienen exclusivamente elementos de maniobra o protección (interruptores, variadores, etc.)

Pero una boca puede ser al mismo tiempo:

- caja de paso
- caja de derivación con un único circuito
- caja de paso con más de un circuito
- caja de derivación con más de un circuito
- caja de paso y derivación, si está ubicada a una altura no inferior a 1,80 m

Es a través de estas definiciones que surgen otros elementos relacionados a los cuales hay que definir.

- **Caja de paso:** es aquella caja a la que ingresan y egresan el mismo número de circuitos, sin que ninguno de ellos tenga derivación alguna.
- **Caja de derivación:** es aquella caja a la que ingresan y egresan el mismo número de circuitos, teniendo todos por lo menos una derivación
- **Caja de paso y derivación:** es aquella caja a la que ingresan y egresan el mismo número de circuitos pudiendo tener alguno de ellos derivaciones.

Estas definiciones tienen sus excepciones y particularidades cuando se trata de las losas. En ese caso las cajas instaladas en losa, para el uso de paso, derivación o paso y derivación, serán consideradas como bocas a todos sus efectos, siempre y cuando sus medidas alcancen los 100 x 100 mm como máximo, si se superan estas dimensiones no se contarán como tales.

TABLA N° 6.01
SIGLAS CON LAS QUE SE IDENTIFICAN LOS CIRCUITOS

DENOMINACIÓN	SIGLAS
Iluminación uso general	I U G
Tomacorrientes uso general	T U G
Iluminación uso especial	I U E
Tomacorrientes uso especial	T U E
Alimentación a fuentes de muy baja tensión funcional	M B T F
Salidas de fuentes de muy baja tensión funcional	- -
Alimentación de pequeños motores	A P M
Alimentación de tensión estabilizada	A T E
Circuitos de muy baja tensión sin puesta a tierra	M B T S
Alimentación de carga única	A C U
Iluminación trifásica específica	I T E
Otros circuitos específicos	O C E

TABLA N° 6.02
RESUMEN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CIRCUITOS

USO DEL CIRCUITO	DESIGNACIÓN	SIGLA	CANTIDAD DE BOCAS	CALIBRE DE LA PROTECCIÓN
General	Iluminación uso general	I U G	15	16 A
	Tomacorrientes uso general	T U G		20 A
Especial	Iluminación uso especial	I U E	12	32 A
	Tomacorrientes uso especial	T U E		
Específicos	Alimentación a fuentes de muy baja tensión funcional	M B T F	15	20 A
	Salidas de fuentes de muy baja tensión funcional	- -	Sin límite	Responsabilidad del Proyectista
	Alimentación de pequeños motores	A P M	15	25 A
	Alimentación de tensión estabilizada	A T E		
	Circuitos de muy baja tensión de seguridad	M B T S	Sin límite	Responsabilidad del Proyectista
	Alimentación de carga única	A C U	No corresponde	
	Iluminación trifásica específica	I T E	12 por fase	
Otros circuitos específicos	O C E	Sin límite		

PROYECTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

ÍNDICE

7.01.	INTRODUCCIÓN
7.02.	CONSIDERACIONES GENERALES
7.03.	DESARROLLO DE LOS PROYECTOS
7.04.	DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE POTENCIA MÁXIMA SIMULTÁNEA EN LAS INST. ELÉCTRICAS
7.05.	PROYECTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LAS VIVIENDAS
7.06.	DESARROLLO DEL PROYECTO
7.07.	DIMENSIONAMIENTO
7.08.	DIMENSIONAMIENTO DE LAS CANALIZACIONES
7.09.	INSTALACIÓN DE LOS CABLES EN LAS CANALIZACIONES
7.10.	PRESUPUESTO

7.01. INTRODUCCIÓN

Realizar un proyecto consiste en llegar a dos cosas básicas: determinar el costo total, y reunir elementos que permitan realizar la obra. Lo primero, como es fácil ver, constituye el elemento sin el cual es imposible todo convenio o estudio de realización. Lo segundo, es lo que permite a personal especializado realizar la instalación que ya ha sido concebida, con la mínima pérdida de tiempo de ejecución y sin titubeos. Cuanto mejor realizado esté el proyecto menor será el tiempo de ejecución, ya que se habrán resuelto un sinnúmero de pequeños problemas que lógicamente gravitarán sobre el costo.

Asimismo un proyecto poco estudiado dará lugar a dudas, errores y modificaciones sobre el terreno, que ocasionarán erogaciones extras. La cuidadosa observación de las reglamentaciones vigentes es también muy aconsejable para una rápida aprobación de los planos antes de la ejecución, no-solo en lo referente al proyecto, sino en cuanto a la forma de presentación de los mismos y de la documentación requerida.

La ejecución de la obra eléctrica debe marchar acorde con la ejecución general de la obra, por lo que se hace indispensable una completa coordinación con el arquitecto, ingeniero o maestro mayor de obras que conduce la construcción.

Desde otro punto de vista, la importancia del tema la vemos reflejada en las reglamentaciones, ordenanzas o reglamentos de edificación, que establecen que, para la ejecución de toda instalación eléctrica es necesario un proyecto previo el que constará de planos y una memoria técnica. El citado proyecto debe ser realizado y avalado con su firma por un Profesional que tenga las incumbencias específicas.

El proyecto de toda instalación eléctrica debe hacer bajos las pautas que contemplan ineludiblemente:

- la protección de las seres vivos y los bienes de las personas
- que funcionen correctamente para uso que fueron previstas.

7.02. CONSIDERACIONES GENERALES

Antes de comentar la forma ordenada de ejecutar un proyecto, haremos algunas consideraciones de carácter general.

Por ejemplo, si se tratara de un local pequeño, no cabe duda que habrá que proveerlo de una sola boca de alumbrado, y una de tomacorrientes, la primera colocada en el centro del techo, de la pared, o lugar más apropiado según la forma del mismo, lo mismo que para el tomacorrientes.

En cambio, si el local es grande y para una función ya conocida, se proyectará separadamente la instalación de alumbrado de la de tomacorrientes, ambas apropiadas al tipo de actividad que se va a desarrollar, circunstancia esta que conducirá a la determinación del número total de bocas y su ubicación.

Pero de no ser así, que es el caso más frecuente, el proyectista debe adoptar un criterio conservativo y colocarse en una posición intermedia, para dar lugar a que quién habite o use ese local, pueda disponer de

suficientes bocas de salida de la energía eléctrica para su servicio de alumbrado y de tomacorrientes.

El proyecto comienza cuando se dispone de los planos de la vivienda, que deben ser los de arquitectura. En general alcanza con las plantas, pero si hay varios pisos, conviene proveerse de los cortes. Los planos se preparan de acuerdo con las reglamentaciones municipales. Todo lo que se indique en estos planos será lo que después se ejecutará, permitiéndose algunas ligeras variantes, acorde con las circunstancias o a veces con el particular modo de trabajar de cada instalador electricista, pero siempre respetando las acotaciones que el municipio ha aprobado.

En viviendas pequeñas los proyectos son sencillos, y se encuentran pocas diferencias entre los trabajos que podrían presentar dos o más técnicos de igual preparación y experiencia. Indudablemente que la mayor jerarquía y conocimientos conducirán siempre a una solución más económica.

Junto con los planos hay que averiguar por conducto de la persona que ha proyectado la obra, cuál es la calidad del edificio, porque de acuerdo con esto se hará la ubicación y cantidad de llaves, tomas y bocas, y sus potencias. En estos planos debe conocerse la forma en que abren las puertas y ventanas, y si es posible la presumible ubicación de los artefactos y muebles importantes como cocinas, placares, sanitarios, chimeneas, camas, mesas, piletas, etc., pues todo ayuda a una racional distribución de las bocas. Ya en posesión de los datos en las condiciones descritas, se procede a ubicar en los planos en planta todos los elementos de la instalación.

7.03. DESARROLLO DE LOS PROYECTOS

El desarrollo de un proyecto requiere de una serie de tareas que están ligadas al tipo de carga, que en definitiva definirán las características constructivas de la instalación eléctrica que se trate.

Siempre se comienza por el conocimiento de las características constructivas del edificio que se trate, independientemente del tipo de instalación eléctrica.

A partir de ello habrá que hacer la determinación de la **demand** de potencia máxima simultánea que tendrá, a partir de la potencia instalada con lo cual se podrá llegar a determina la energía eléctrica que la misma demandará.

Al respecto es necesario señalar que habitualmente se denomina **demanda** a la potencia eléctrica que se conectará efectivamente al suministro de energía eléctrica.

Las situaciones que se pueden plantear están relacionadas con el destino del inmueble, los cuales pueden variadas funciones: viviendas u oficinas y locales unitarios, y los que están destinados a industrias o a grandes edificios que a su vez pueden estar destinados a diversas actividades, como oficinas de empresas, comercios, escuelas, universidades, etc. Llamando a las instalaciones eléctricas de cada una de ellas como:

- **instalaciones eléctricas de viviendas, oficinas y locales unitarios**
- **instalaciones eléctricas de potencia**

De esta forma, podemos decir que para realizar esta tarea, en el primero de los casos contamos con la RIEI y para la segunda, varias referencias más entre las que se encuentran las normas IRAM e IEC. Ambas formas serán analizadas a continuación.

Siguiendo con el procedimiento para el desarrollo de un proyecto, diremos que luego conocer bien el edificio y su función, se procederá al diseño y proyecto propiamente dicho de la instalación.

Entendiendo como **diseño**, la etapa por donde se van fijando los trazados en función de los requerimientos que se tiene de acuerdo a la ubicación y función de las distintas cargas.

El **proyecto** comprende dimensionamiento, cómputo y presupuesto de la obra.

7.04. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE POTENCIA MÁXIMA SIMULTÁNEA EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Como lo anticipáramos veremos la metodología para la determinación de la potencia de viviendas.

Cálculo de la potencia máxima simultánea de una instalación eléctrica para viviendas, oficinas y locales unitarios

A continuación desarrollaremos la metodología propuesta por la RIEI, para el cálculo de la demanda de las viviendas, oficinas y locales (unitarios).

Recordaremos que en el Capítulo 6 se han visto las definiciones de líneas y circuitos, a continuación veremos otras que nos serán de utilidad para realizar esta tarea.

A partir de la identificación del inmueble y de la superficie del mismo, veremos cual es la cantidad mínima de circuitos que debe tener, y luego se podrá calcular la demanda de potencia que tendrá la instalación eléctrica a ejecutar.

Definiciones

Antes de iniciar el tema, continuaremos con las definiciones específicas necesarias comprender el significado y alcance de algunos términos.

- **GRADO DE ELECTRIFICACIÓN** de un inmueble. Es un atributo determinado del inmueble que está asociado a su superficie y que se establece, a los efectos de determinar –en la instalación eléctrica– el número de circuitos y los puntos de utilización, que deberían considerarse como mínimo.
- **DEMANDA DE POTENCIA MÁXIMA SIMULTÁNEA CALCULADA**, será la potencia que se logre determinar mediante el procedimiento que se explicará a continuación. Procedimiento que no incluye a las de los circuitos para usos específicos, lo cual será tratado en forma particular.
- **POTENCIA A CONTRATAR**, es la que se acuerda con la empresa distribuidora de energía eléctrica.
- **SUPERFICIE** (límite de aplicación). Es la que corresponde a la superficie cubierta del inmueble más el 50 % de superficie semi-cubierta.
- **INMUEBLES**. Se consideran los siguientes tipos.
 1. Viviendas
 2. Oficinas y locales
- **GRADOS DE ELECTRIFICACIÓN**. Los inmuebles podrán tener alguno de los siguientes cuatro grados de electrificación.
 1. electrificación mínima
 2. electrificación media
 3. electrificación elevada
 4. electrificación superior

Cálculo de la demanda para determinar el grado de electrificación

El cálculo de la demanda, como anticipáramos es un procedimiento, y dado que es igual para cada uno de los distintos tipos de inmuebles y como este libro no pretende reemplazar el texto original de la RIEI, es que desarrollaremos solamente a modo de ejemplo el que corresponde a las **viviendas**. Como lo hemos venido anunciando, la información completa debe consultarse en el texto original de la reglamentación.

TABLA N° 7.01.

GRADOS DE ELECTRIFICACIÓN DE LAS VIVIENDAS (TABLA N° 771.8.1)

GRADO DE ELECTRIFICACIÓN	SUPERFICIE (LIMITE DE APLICACIÓN)	DEMANDA DE POTENCIA MÁXIMA SIMULTÁNEA CALCULADA
Mínima	Hasta 60 m ²	Hasta 3,7 kVA
Media	Más de 60 m ² hasta 130 m ²	Hasta 7 kVA
Elevada	Más de 130 m ² hasta 200 m ²	Hasta 11 kVA
Superior	Más de 200 m ²	Más de 11 kVA

Debe recordarse que **la unidad señalada con kVA en esta tabla, es el kilo-volt-ampere**, unidad de la llamada en Electrotecnia **Potencia Aparente**, que es simplemente el producto de la tensión en volt de la red eléctrica, multiplicada por la intensidad de corriente que se toma en ampere.

Determinación del grado de electrificación de las viviendas

Para lograr determinar el grado de electrificación es necesario seguir los pasos que se detallan a continuación.

1. Se determina la superficie del inmueble, recordemos que es la cubierta más el 50% de la semi-cubierta (aleros, cerramientos, o sea, aquellos lugares en donde se hace algún tipo de construcción del tipo liviana o las destinadas a la protección contra la lluvia, por ejemplo.)
2. Con la superficie determinada y a través de la Tabla N° 7.01, se **predetermina** un grado de electrificación.

3. Usando la tabla titulada **Puntos mínimos de utilización de las viviendas** (Tabla N° 7.02, 7.03 y 7.04) que corresponda al grado de electrificación anteriormente predeterminado, se contabilizan los puntos de utilización **mínimos**. Es necesario destacar el término **mínimos**, ya que no se limita las cantidades de estos puntos, que en definitiva se fijarán de acuerdo a la funcionalidad o predilección del usuario, lo cual a su vez está relacionado con el diseño del inmueble.
4. El grado de electrificación **predeterminado** anteriormente permite también conocer el tipo y número de circuitos mínimos correspondientes, según se indica en la Tabla N° 7.02.
5. Se procede al cálculo de la demanda de potencia máximo simultánea empleando las Tabla N° 7.07 y 7.08. Para mostrar el cálculo se ha confeccionado la Tabla N° 7.09.

Llevado a cabo este procedimiento, pueden ocurrir dos cosas.

1. Que el resultado sea igual o menor a los límites de potencias (en cada caso) al indicado en la tabla, en cuyo caso esta etapa del cálculo ha terminado.
2. Que el resultado sea mayor a los límites de potencias indicados en la Tabla N° 7.01, entonces se rehace el cálculo utilizando un grado de electrificación mayor.

Notas:

- Una variación en el monto de la potencia determinada se produce si se asignan tomacorrientes al circuito de iluminación general.
- El orden de los pasos anteriores 3 y 4 pueden ser alterado, o sea, se puede hacer primero lo indicado en el paso 4 antes que el del tres que no hay variación del resultado final.

Determinación del número mínimo de circuitos de las viviendas

La definición siguiente es de suma importancia: *“La instalación eléctrica de un inmueble tendrá el tipo y número mínimo de circuitos de acuerdo con el grado de electrificación determinado, según se indica a continuación”*.

TABLA N° 7.02.
NÚMERO MÍNIMO DE CIRCUITOS DE ACUERDO AL GRADO DE ELECTRIFICACIÓN

ELECTRIFICACIÓN	CANTIDAD MÍNIMA DE CIRCUITOS	VARIANTE	ILUMINACIÓN GENERAL IUG	TOMACORRIENTES USO GENERAL TUG	ILUMINACIÓN ESPECIAL IUE	TOMACORRIENTES USO ESPECIAL TUE	CIRCUITO DE LIBRE ELECCIÓN
Mínimo	2	Única	1	1	0	0	0
Medio	5	A	1	1	1	0	0
		B	1	1	0	1	0
		C	2	1	0	0	0
		D	1	2	0	0	0
Elevado	5	Única	2	2	0	1	0
Superior	6	Única	2	2	0	1	1

TABLA N° 7.03.
NÚMERO MÍNIMO DE BOCAS (PUNTOS DE UTILIZACIÓN)
DE LAS VIVIENDAS ELECTRIFICACIÓN MÍNIMA

AMBIENTE	ILUMINACIÓN USO GENERAL I U G	TOMACORR. USO GENERAL T U G	ILUMINACIÓN USO ESPECIAL I U E	TOMACORR. USO ESPECIAL T U E
Sala de estar y comedor	1 por cada 18 m ² o fracción Mínimo: 1	1 por cada 6 m ² o fracción Mínimo: 2	0	0
Dormitorio Sup. >10 m ²	1	2	0	0
Dormitorio 36 > Sup ≥10 m ²	1	3	0	0
Dormitorio Sup ≥36 m ²	2	3	0	1
Cocina	1	3 + 2 tomacorrientes p / electrod.	0	0
Baño	1	1	0	0
Vestíbulo	1	1	0	0
Pasillo	1 por c/5 m o fracción	0	0	0
Lavadero	1	1	0	0

TABLA N° 7.04.
NUMERO MÍNIMO DE BOCAS (PUNTOS DE UTILIZACIÓN)
DE LAS VIVIENDAS ELECTRIFICACIÓN MEDIA

AMBIENTE	ILUMINACIÓN USO GENERAL I U G	TOMACORR. USO GENERAL T U G	ILUMINACIÓN USO ESPECIAL I U E	TOMACORR. USO ESPECIAL T U E
Sala de estar y comedor	1 por cada 18 m ² o fracción Mínimo: 1	1 por cada 6 m ² o fracción Mínimo: 2	0	0
Dormitorio Sup. < 10 m ²	1	2	0	0

TABLA N° 7.04. (continuación)

AMBIENTE	ILUMINACIÓN USO GENERAL I U G	TOMACORR. USO GENERAL T U G	ILUMINACIÓN USO ESPECIAL I U E	TOMACORR. USO ESPECIAL T U E
Dormitorio 36 > Sup. ≥10 m ²	1	3	0	0
Dormitorio Sup >36 m ²	2	3	0	0
Cocina	2	3 + 2 tomacorrientes p/electrodom.	0	0
Baño	1	1	0	0
Vestíbulo	1	1 por c/12 m ² o fracción Mínimo: 1	0	0
Pasillo	1 por c/5 m de longitud Mínimo: 1	1 por c/5 m de longitud Mínimo: 1	0	0
Lavadero	1	2	0	1

TABLA N° 7.05.

NUMERO MÍNIMO DE BOCAS (PUNTOS DE UTILIZACIÓN)
DE LAS VIVIENDAS ELECTRIFICACIÓN ELEVADA Y SUPERIOR

AMBIENTE	ILUMINACIÓN USO GENERAL I U G	TOMACORR. USO GENERAL T U G	ILUMINACIÓN USO ESPECIAL I U E	TOMACORR. USO ESPECIAL T U E
Sala de estar y comedor	1 por c/18 m ² o fracción Mínimo: 1	1 por c/6 m ² o fracción Mínimo: 2	0	1 para S > 36 m ²
Dormitorio Sup. <10 m ²	1	3	0	0
Dormitorio 36 > Sup. ≥10 m ²	1	3	0	0
Dormitorio Sup. >10 m ²	2	3	0	1

TABLA N° 7.05. (Continuación)

AMBIENTE	ILUMINACIÓN USO GENERAL I U G	TOMACORR. USO GENERAL T U G	ILUMINACIÓN USO ESPECIAL I U E	TOMACORR. USO ESPECIAL T U E
Cocina electrifica- ción elevada	2	3 + 3 tomacorrientes p/electrodom.	0	1
Cocina electrifica- ción superior	2	4 + 3 tomacorrientes p/electrodom.	0	2
Baño	1	1	0	1
Vestíbulo	1	1 por c/12 m o fracción Mínimo: 1	0	0
Pasillo	1 por c/5 m de longitud Mínimo: 1	1 por c/5 m de longitud Mínimo: 1	0	0
Lavadero	1	2	0	1

**TABLA N° 7.06.
DEMANDA MÁXIMA DE POTENCIA SIMULTÁNEA**

CIRCUITO	VALOR MÍNIMO DE LA POTENCIA MÁXIMA SIMULTÁNEA	
	VIVIENDAS	OFICINAS Y LOCALES
Iluminación para uso general sin tomacorrientes derivados	66% de la que resulte al considerar todos los puntos de utilización previstos a razón de 150 VA cada uno	100% de la que resulte al considerar todos los puntos de utilización previstos a razón de 150 VA cada uno

TABLA N° 7.06. (continuación)

CIRCUITO	VALOR MÍNIMO DE LA POTENCIA MÁXIMA SIMULTÁNEA	
	VIVIENDAS	OFICINAS Y LOCALES
Iluminación para uso general con tomacorrientes derivados	2200 VA por cada circuito	
Tomacorrientes para uso general		
Iluminación para uso especial	66% de la que resulte al considerar todos los puntos de utilización previstos, a razón de 500 VA cada uno	100% de la que resulte al considerar todos los puntos de utilización previstos, a razón de 500 VA cada uno
Tomacorrientes para uso especial	2200 VA por cada circuito	

TABLA N° 7.07.
COEFICIENTES DE SIMULTANEIDAD

GRADO DE ELECTRIFICACIÓN	COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD
Mínima	1
Media	0,9
Elevada	0,8
Superior	0,7

TABLA N° 7.08.
DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA MÁXIMA SIMULTÁNEA

TIPO	ILUMINACIÓN DE USO		TOMACORRIENTES DE USO	
	GENERAL	ESPECIAL	GENERAL	ESPECIAL
	IUG	IUE	TUG	TUE
Cantidad de bocas				
Cantidad de circuitos				
Potencia carga [VA]	150	500	2200	3300
Coefficiente	0,66		1	
Subtotal de la potencia [VA]				
Potencia [VA]				
Coefficiente de simultaneidad				
Potencia total [VA]				

El monto de la potencia total obtenido mediante esta tabla se debe comparar con la potencia máxima que corresponde al grado de electrificación antes predeterminado. Si es superado se debe elegir un grado superior.

7.05. PROYECTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LAS VIVIENDAS

Iluminación

Comenzaremos por el sistema de iluminación, es así como la Figura N° 7.01 nos aporta una idea sobre distancias entre artefactos en relación con las dimensiones generales del local. En los tratados de Luminotecnia existen tablas adecuadas para fijar todas estas magnitudes, con las cuales se hacen los proyectos de iluminación.

A los solos efectos de suministrar una guía, y siempre refiriéndonos a la Figura N° 7.01, notamos en la Tabla N° 7.01, una serie de datos, aclarando primero que se define como **plano de trabajo** a la superficie imaginaria, en donde se supone se realizará la mayor parte de la tarea del local.

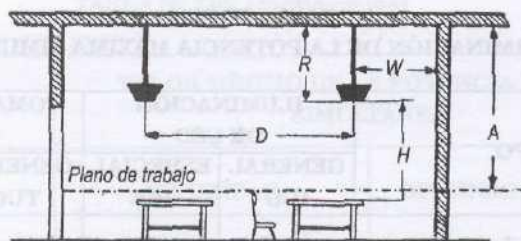


Figura N° 7.01
Distancias fundamentales para iluminación

TABLA N° 7.09.
DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS SEGÚN EL LOCAL

ALTURA SOBRE EL PLANO DE TRABAJO Y EL TECHO A [m]	TIPO DE ILUMINACIÓN	DISTANCIAS FUNDAMENTALES [m]		
		D	W	R
2,00	Luz directa	2,40	1,20	0,40
	Luz semi-directa	2,60	1,30	0,40
	Luz difusa	2,70	1,36	0,30
	Luz semi-indirecta	2,80	1,40	0,40
	Luz indirecta	3,00	1,60	0,60
3,00	Luz directa	3,60	1,80	0,60
	Luz semi-directa	3,90	1,96	0,60
	Luz difusa	4,00	2,00	0,60
	Luz semi-indirecta	4,20	2,10	0,60
	Luz indirecta	4,60	2,26	0,70

En la Figura N° 7.02 vemos cinco casos muy comunes de ubicación de llaves para el comando de las luces. En los dos primeros, el interruptor está fuera del recinto a iluminar. En todos los dibujos, la flecha señala la dirección en que está la luz que se desea comandar. Estas disposiciones tienden a que la persona realice el menor número de movimientos, y encuentre con facilidad la llave en la oscuridad. Las alturas a que se deben colocar los aparatos de maniobra son las que se indican en la Figura N° 7.03, que constituyen los casos límites.

Llaves y tomacorrientes

En la Figura N° 7.04 vemos las dimensiones recomendadas para la ubicación de llaves y tomas. Los tomas bajos son cómodos, pero se objeta que son peligrosos cuando hay niños en la casa, peligro que desaparece con los tomas de seguridad.

En el caso de escritorios, conviene colocar un toma en el piso, en el lugar que se presume irá la mesa de trabajo. En los comedores importantes es costumbre colocar bocas en la pared, con la finalidad de poner en ellas apliques decorativos.

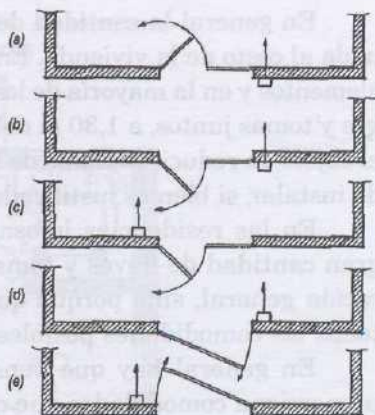


Figura N° 7.02.
Ubicación de llaves para comando de luces.

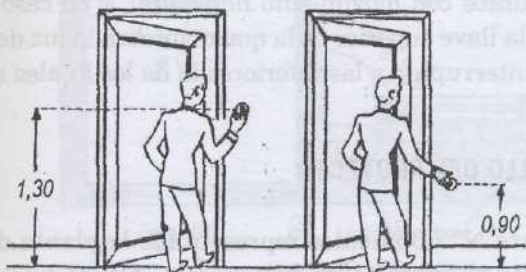


Figura N° 7.03
Altura de ubicación de los aparatos de maniobra

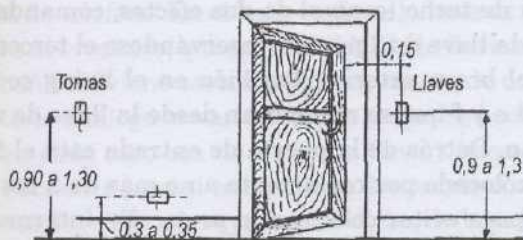


Figura N° 7.04
Altura de ubicación de llaves y tomas

En general la cantidad de bocas, tomas y pulsadores está condicionada al costo de la vivienda. En la casa económica se busca el mínimo de elementos y en la mayoría de los casos se recurre al artificio de colocar llaves y tomas juntos, a 1,30 m del piso, en una misma caja rectangular, con el objeto de reducir la mano de obra y economizar materiales. Esta forma de instalar, si bien es justificada, no es funcionalmente aceptable.

En las residencias lujosas conviene, como es lógico suponer, una gran cantidad de llaves y tomas, no solo para estar a tono con la edificación general, sino porque quienes la habitarán querrán disponer de todas las comodidades posibles.

En general hay que pensar que una buena instalación eléctrica proporciona comodidades que quedan ampliamente compensadas con el costo inicial. La instalación pobremente diseñada da lugar al agregado posterior de toda clase de cable a la vista, con la consiguiente falta de seguridad, molestia y gasto.

Es interesante recordar también que las llaves de un punto, conviene se instalen de forma que el movimiento de la palanquita sea vertical. Las de varios puntos con movimiento horizontal, y en caso de comandar dos o tres luces, la llave superior es la que maniobra la luz del local, en que está ubicado el interruptor, y las inferiores la de los locales adyacentes.

7.06. DESARROLLO DEL PROYECTO

En la Figura N° 7.05 hemos representado la planta de una vivienda para describir el proyecto en base a ella. Allí se han representado todos los elementos empleando símbolos gráficos electrotécnicos según las normas IRAM. Se utiliza una misma letra minúscula para indicar una boca y la llave desde la cual se maniobra. En el living-comedor se colocó una boca de techo (centro) de dos efectos, comandados desde los puntos **c** y **d** de la llave de 3 puntos, reservándose el tercer punto **b** para el encendido del brazo exterior. También en el living se colocaron dos brazos de pared **e** y **f** que se maniobran desde la llave de un punto colocada debajo de **e**. Detrás de la puerta de entrada está el tablero principal de la casa, colocado por reglamento a no más de 2 metros del medidor de energía para evitar colocar una protección intermedia.

En el living hay dos tomas, una para cada mesa de luz y una boca de teléfono. En el dormitorio principal tenemos la llave **a** que comanda la boca de techo, y en ese ambiente hay dos tomas, uno para cada mesa de

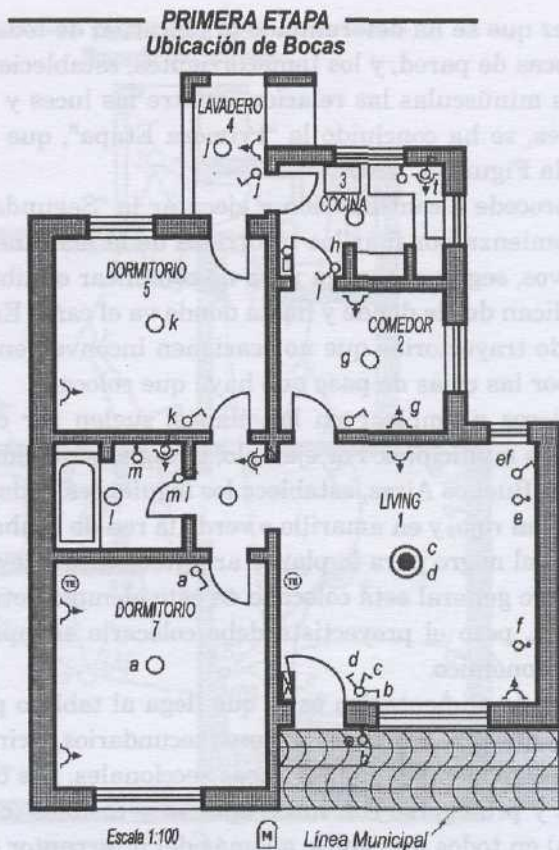


Figura N° 7.05
Ubicación de bocas

luz y una boca de teléfono. En el baño se tiene la boca de techo **l** y un brazo de pared sobre el lavatorio, que enciende desde la llave **m** junto con la primera. En el baño conviene un toma para aparatos de uso común.

Con criterio análogo se van colocando todas las bocas, llaves y tomas, indicándose en cada caso con una letra la llave y boca que se corresponden, cosa no necesaria pero si conveniente. La mayor o menor cantidad de estos elementos depende, como ya hemos dicho, de la calidad de la vivienda. Aquí no se presentó la necesidad de colocar "combinación escalera", consistente en el comando de una misma luz desde dos puntos distintos, y cuyo esquema, junto con otros similares, veremos más adelante.

Una vez que se ha determinado la ubicación de todas las bocas de techo, las bocas de pared, y los tomacorrientes, estableciendo por medio de las letras minúsculas las relaciones entre las luces y las correspondientes llaves, se ha concluido la "Primera Etapa", que resulta representada en la Figura N° 7.06.

Se procede a continuación a ejecutar la "Segunda Etapa", para lo cual se comienza por fijar los recorridos de la cañería. Se trazan rectos o curvos, según convenga para no complicar el dibujo, y en todos los casos indican desde dónde y hasta donde va el caño. En obra, se colocan siguiendo trayectorias que no ocasionen inconvenientes, ni afecten la estética por las cajas de paso que haya que colocar.

Los colores a emplear en los planos, suelen ser convencional y depende de los municipios. Por ejemplo, la reglamentación de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, establece los siguientes: toda la instalación debe hacerse en rojo, y en amarillo o verde la red de timbres y teléfonos, reservándose el negro para la planta arquitectónica y leyendas.

El tablero general está colocado en este ejemplo detrás de la puerta de entrada, pero el proyectista debe colocarlo siempre con criterio funcional y económico.

La línea de alimentación es la que llega al tablero principal, línea seccional a la que alimenta a los tableros secundarios, y circuitos al resto.

En nuestro ejemplo no hay líneas seccionales. Los circuitos deben ser bifilares y protegerse con interruptores y fusibles (o interruptores automáticos) en todos los cables, además del interruptor diferencial. La línea debe llegar a los interruptores, pasar a las protecciones y seguir luego a la carga, para que al abrir las llaves, los fusibles queden sin tensión y puedan maniobrarse sin temor. El interruptor común para las luces es unipolar, y debe montarse siempre sobre el cable **vivo**.

La RIEI establece: el número máximo de bocas, de circuito, así como la corriente máxima de cada tipo de circuitos de acuerdo al grado de electrificación.

En nuestro ejemplo debemos emplear dos.

La subdivisión de la alimentación en muchos circuitos es técnicamente favorable, pero aumenta considerablemente el costo.

En la Figura N° 7.06 tenemos la instalación completa que muestra la "Segunda Etapa". Para mejor servicio, cada local conviene que tenga bocas alimentadas por los dos circuitos. De este modo, ningún local queda sin energía al fallar un circuito.

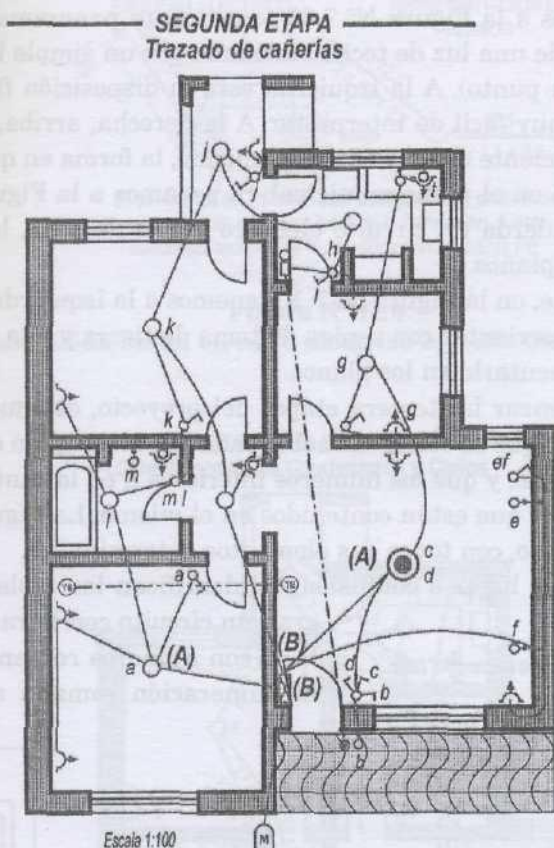


Figura N° 7.06
Trazado de las cañerías

Llegados a este punto del proyecto, tenemos en el plano de la Figura N° 7.06 todas las bocas, todas las llaves, todos los tomas, todas las cajas y todos los caños. Ha llegado el momento de dar dimensiones a los elementos. Para ello tenemos que ponernos de acuerdo sobre las formas de representación que es menester adoptar. Si tomamos la Figura N° 7.07 vemos una boca de techo (círculo) de la que sale una cañería (línea llena). Sobre la línea está la indicación 12,6 que significa que el diámetro interior de ese caño es de 12,6 mm. Abajo de la línea dice 2 x 1,6 que simboliza que dentro de ese caño se proyecta colocar dos cables de 1,6 mm² de sección recta cada uno.

Si pasamos a la Figura N° 7.08 tenemos un panorama más completo. Se trata de una luz de techo accionada por un simple interruptor unipolar (de un punto). A la izquierda está la disposición física de los componentes, muy fácil de interpretar. A la derecha, arriba, el circuito eléctrico propiamente dicho y abajo del mismo, la forma en que todo eso se representará en el plano municipal. Si pasamos a la Figura N° 7.09 vemos a la izquierda un circuito eléctrico y a la derecha, la forma de representarlo en planos.

Finalmente, en la Figura N° 7.10 tenemos a la izquierda un circuito de dos tomacorrientes con espiga de toma de tierra y a la derecha, la forma de representarlo en los planos.

Para comenzar la "tercera etapa" del proyecto, debemos advertir que los números que se colocarán sobre cada caño indicarán el diámetro interior del mismo, y que los números inferiores a él, la cantidad y sección de los cables que están contenidos en el mismo. La Figura N° 7.11 enseña el proyecto, con todos sus elementos determinados.

Cuando hay lugar a confusión, se identifican los cables que integran un circuito con letras mayúsculas o con números romanos, aunque la numeración romana no es reco-

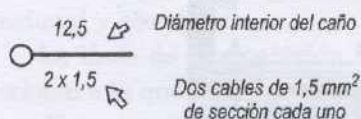


Fig. 7.07

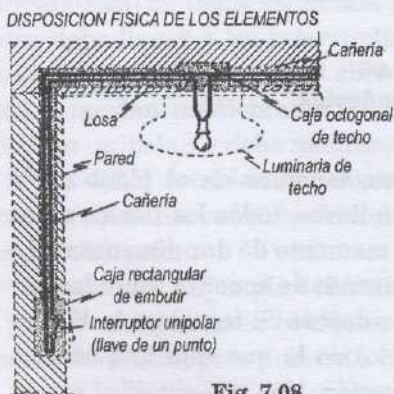


Fig. 7.08

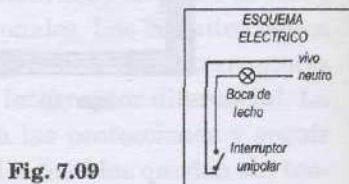
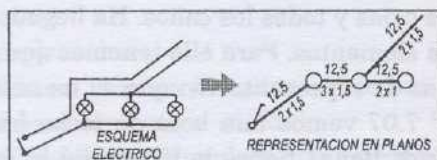
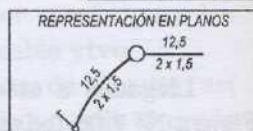
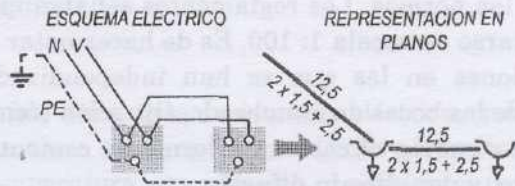


Fig. 7.09



Figuras N° 7.07, 7.08, 7.09

Forma de representar en los planos los circuitos eléctricos



El conductor de $2,5 \text{ mm}^2$ está destinado a la protección y se conecta a la tierra local de la instalación. A este conductor también se lo identifica con las letras PE

Figura N° 7.10

Representación de un circuito eléctrico con dos tomacorrientes

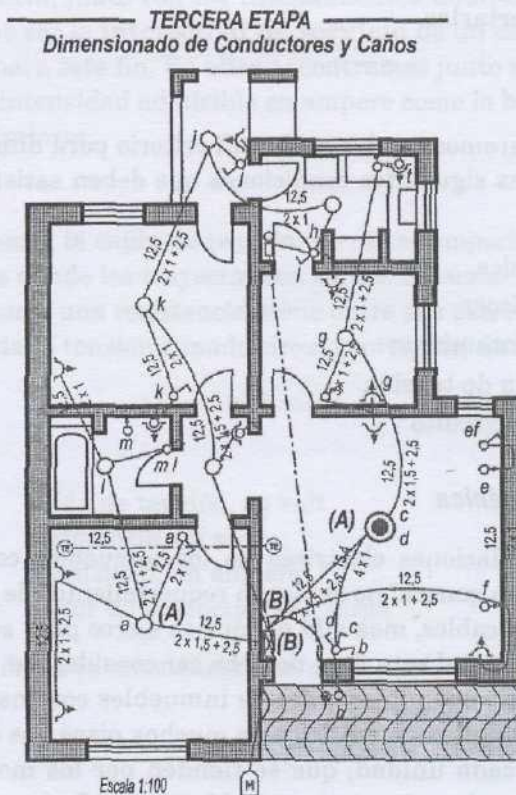


Figura N° 7.11

Dimensionado de cables y caños

mendada por las normas. Los reglamentos señalan que estos planos deben presentarse en escala 1: 100. Es de hacer notar que se encuentran instalaciones en las que se han independizado circuitos de tomas, de los de las bocas de alumbrado, situación técnicamente deseable, pero que como en el caso anteriormente comentado, conduce a un mayor costo, y por ello sin difusión

7.07. DIMENSIONAMIENTO

Tratemos ahora el dimensionamiento de los cables y caños necesarios. En el capítulo 2 hemos visto materiales empleados en las instalaciones eléctricas como los cables, y los elementos que se utilizan para soportarlos.

Los cables

Comenzaremos por los cables. El criterio para dimensionar cables se funda en las siguientes condiciones que deben satisfacerse simultáneamente.

1. mecánica
2. eléctricas:
 - calentamiento
 - caída de tensión
 - cortocircuito

Condición mecánica

Las instalaciones eléctricas de los inmuebles con instalaciones individuales, en general no se tienen requerimientos de esfuerzos mecánicos sobre los cables, mas allá del que se ejerce para su tendido en las cañerías, por lo cual este ítem no debe ser considerado.

En cambio cuando se trata de inmuebles con instalaciones múltiples, desarrolladas en edificios de muchos pisos, los cables de la alimentación a cada unidad, que se tienden por los montantes, por su propio peso pueden ejercer un considerable esfuerzo sobre el mismo. Esto se evita fijando firmemente los cables al soporte de los mismos (bandejas).

Condiciones eléctricas

Calentamiento

Un conductor, como toda resistencia eléctrica, genera calor por efecto Joule, que eleva su temperatura. Dicha elevación ocasiona una diferencia de temperatura con respecto al ambiente, por lo cual cede calor al mismo. La pérdida de calor al medio que lo rodea es mayor cuanto más grande es el salto de temperaturas, por lo que se llega a un estado de equilibrio térmico a partir del cual la temperatura ya no se eleva más. Esa es la temperatura límite o de funcionamiento. Su valor debe ser tal que no comprometa el material del cable, ni su aislamiento, ni a los elementos vecinos o que estén en contacto con él.

La experiencia, junto con los razonamientos analíticos, ha determinado cual debe ser la **intensidad de servicio** de un cable confeccionándose tablas para este fin. En ellas encontramos junto a cada sección normalizada, la intensidad admisible en ampere como lo hemos visto en los capítulos anteriores.

Caída de tensión

El otro aspecto, la caída de tensión, no es tan importante en construcciones chicas donde los trayectos son cortos. Sabemos que un cable, al comportarse como una resistencia, tiene entre sus extremos una diferencia de potencial o tensión cuando circula corriente, dada por:

$$\Delta U = I \times R \cos \varphi \quad [\text{volt}] \quad (7.01)$$

Donde:

- ΔU caída de tensión, en volt
- R resistencia, en ohm
- I intensidad, en ampere
- $\cos \varphi$ factor de potencia de la carga

La expresión de la resistencia está dada por:

$$R = \rho \times \frac{l}{S} \quad [\text{ohm}] \quad (7.02)$$

Donde:

- R resistencia del cable considerado [ohm]
- ρ resistividad del material conductor [ohm-mm²/ m]

l longitud del cable o conductor [m]

S sección del cable o conductor [mm²]

Si reemplazamos el valor de la resistencia dado en 7.02 en la expresión de la caída de tensión dada en 7.1 nos quedará:

$$\Delta U = I \times \rho \times \frac{l}{S} \times \cos \varphi \quad [\text{volt}] \quad (7.03)$$

De donde la expresión de la sección es:

$$S = \frac{100 I l \cos \varphi}{\Delta U} \times \rho \quad [\text{mm}^2] \quad (7.04)$$

Si se expresa la caída de tensión mediante un porcentaje de la nominal

$$\Delta U_{\%} = \frac{\delta U}{100} \quad [\%] \quad (7.05)$$

donde:

ΔU Valor de la caída de tensión adoptado [%]

U Tensión aplicada al cable o conductor [V]

δ Expresión de la caída de tensión [%]

Reemplazando en 7.04 en la expresión de la sección nos queda:

$$S = \frac{I l \cos \varphi}{\frac{\delta U}{100}} \times \rho = \frac{100 I l \cos \varphi}{\delta U} \times \rho \quad (7.06)$$

Si se toma la inversa de la resistividad denominada conductividad queda:

$$c = \frac{1}{\rho} \quad \left[\frac{\text{siemens} \times \text{m}}{\text{mm}^2} \right] \quad (7.07)$$

$$S = \frac{100 l I}{c \delta U} \quad [\text{mm}^2] \quad (7.08)$$

Los valores teóricos de la conductividad son:

$$\text{Cobre: } 58 \frac{[\text{siemens}] [\text{metro}]}{\text{mm}^2} \quad \text{ó} \quad 58 \frac{[\text{metro}]}{[\text{ohm}] [\text{mm}^2]}$$

$$\text{Aluminio: } 35,36 \frac{[\text{siemens}] [\text{metro}]}{\text{mm}^2} \quad \text{ó} \quad 35,36 \frac{[\text{metro}]}{[\text{ohm}] [\text{mm}^2]}$$

Pudiéndose tomar para el cobre como valor práctico:

$$\text{Conductividad}_{\text{cobre}} = 52 \frac{[\text{metro}]}{[\text{ohm mm}^2]}$$

Si se trata de una línea bifilar en corriente alterna monofásica, la fórmula pasa a ser:

$$S_{\text{bifilar}} = 2 s = \frac{200 l I}{c \delta U} \quad [\text{mm}^2] \quad (7.09)$$

Para el caso de una línea trifilar en corriente alterna, por razones que no explicaremos en este texto, pero que se puede encontrar en tratados de electrotecnia la fórmula se transforma en:

$$S_{\text{bifilar}} = \sqrt{3} s = \frac{\sqrt{3} 100 l I \cos \varphi}{c \delta U} \quad [\text{mm}^2] \quad (7.10)$$

Donde:

- S** sección en milímetros cuadrados
- I** corriente en ampere
- l** largo de la línea en metros
- c** conductividad del material conductor (68 m/W mm² para el cobre)
- δ** caída de tensión adoptada en por ciento
- U** tensión de servicio de la red en volt
- φ** ángulo de la carga

Con estas expresiones podemos calcular la sección necesaria a dar a un cable, fijándonos una cierta caída. La práctica ha indicado como prudente limitar a un 3% para los circuitos de luz, y del 5% para los de

fuerza motriz en funcionamiento estable pero se admite un 15% en el caso del arranque.

En general, la caída de tensión es muy pequeña en las instalaciones corrientes domiciliarias de una planta. En los edificios grandes de varios pisos, las distancias entre los tableros son importantes y debe cuidarse este valor.

En el cálculo de la caída de tensión no hemos tenido en cuenta la reactancia propia del cable, cuyo valor es prácticamente constante para distintas secciones del cable. Pero cuando los cables tienen secciones superiores a los 50 mm² se debe tener en cuenta, siendo las expresiones para determinar dicha caída las siguientes:

Para líneas bifilares

$$\Delta U = 2 I \leftrightarrow L (R \leftrightarrow \cos \varphi + X \leftrightarrow \sin \varphi) [V] \quad (7.11)$$

Para líneas trifilares

$$\Delta U = 3 \bar{I} \leftrightarrow L (R \leftrightarrow \cos \varphi + X \leftrightarrow \sin \varphi) [V] \quad (7.12)$$

En estas fórmulas:

- ΔU caída de tensión en volt
- I intensidad de la corriente en ampere.
- L distancia hasta el punto de consumo en Kilómetros.
- R resistencia del cable en ohm / Kilómetro.
- X reactancia del cable en ohm / Kilómetro.
- φ ángulo de la carga

La caída de tensión en una línea es un factor que determina, entre otros, la calidad del servicio eléctrico. El valor porcentual indicado se refiere a la tensión de servicio, es decir, 220 volt si es una línea bifilar de corriente alterna o a 380 volt, si se trata de una línea trifilar de corriente trifásica. La Tabla N° 7.10 nos sirve para tener una idea de como conviene distribuir las caídas de tensión en una instalación.

En la Tabla N° 7.10 se dan los valores porcentuales de caída de tensión en régimen permanente, señalando que en el caso de motores eléctricos en el momento del arranque la caída de tensión no debe superar el 10%.

TABLA N° 7.10. CAÍDA DE TENSIÓN

INSTALACIÓN	CAÍDAS DE TENSIÓN MÁXIMAS ADMISIBLES EN POR CIENTO DE LA TENSIÓN NOMINAL			
	LÍNEAS		CIRCUITOS	TOTAL
	PRINCIPALES	SECCIONALES		
Iluminación	0,5 %	1,5 %	1,0 %	3,0 %
Fuerza motriz	1,0 %	3,0 %	1,0 %	5,0 %

Los cables unipolares aislados en PVC que se detallan en la Tabla N° 2.02 se utilizan tendidos en aire o en cañería, encontrando su principal aplicación en las instalaciones domiciliarias y de iluminación. Los detallados en la Tabla N° 2.04 son para el mismo tipo de cable de la tabla anterior pero utilizado en líneas trifásicas, tal como las empleadas en los circuitos de servicios generales de los edificios (bombas, ascensores, rampas, etc.).

El tipo de cable para energía, detallado en las Tablas 2.04-2.05, tiene una cubierta de PVC de considerable espesor. Comúnmente o popularmente se lo suele denominar "**tipo subterráneo**". Su mayor aplicación es en tendidos subterráneos para distribución de la energía eléctrica de los servicios públicos, dentro de las industrias o en todos aquellos lugares en que han que conducir una corriente eléctrica importante.

El tipo de cable detallado en la Tabla N° 2.06 tiene una cubierta de PVC, pero más delgada, ya que su tensión de aislamiento es menor y ello lo hace más flexible, permitiendo su uso en instalaciones industriales móviles y equipos portátiles. También se lo tiende en bandejas porta cables. Popularmente se lo denomina "**tipo taller**". En el Apéndice N° 03 se muestran ejercicios de aplicación.

Hasta aquí hemos visto que la determinación de la sección de un cable se debe hacer primordialmente sobre la base del calentamiento y luego verificar la caída de tensión y la sección mínima por exigencias mecánicas. En algunos casos se procede al revés, calculando la sección que proporciona una determinada caída de tensión, y verificando luego si el calentamiento es aceptable mediante la tabla de las intensidades admisibles.

Sin embargo, es necesario hacer otra consideración en la determinación definitiva de la sección de un cable, y es el tener en cuenta el fenómeno denominado cortocircuito.

Cortocircuito

Las fuentes de energía eléctrica tienen la propiedad de suministrar una corriente estable de acuerdo a su capacidad o potencia en forma continuada, pero también tienen la posibilidad de suministrar una corriente extraordinaria durante un muy breve lapso de tiempo.

La primera, es la **corriente nominal** y la segunda es la **corriente de cortocircuito**. Lo cual también se conoce como corrientes en régimen estable y en régimen transitorio respectivamente.

Esta corriente extraordinaria de cortocircuito o de régimen transitorio impone a los componentes de las instalaciones eléctricas a un régimen de esfuerzos adicionales, con manifestaciones térmicas (calor) y dinámicas (fuerzas), con las consiguientes acciones, en el primer caso: deterioro de los aislamientos o incendios y en el segundo, deterioro de los soportes, otros cortocircuitos por desprendimientos de cables, etc.

Los cables serán quienes transporten esta corriente extraordinaria o transitoria. En consecuencia deberán estar preparados, o sea, diseñados, para soportar esos esfuerzos adicionales, sin que sufran daños o generen perjuicios en sus entornos (incendios). Es por ello que la determinación de la sección se deberá hacer contemplando la circulación de esta corriente de corto-circuito durante el tiempo que le permitan las protecciones asociadas.

Protección de los cables

La protección de los cables está íntimamente ligada a la determinación de la sección de los mismos en un proyecto. Así como la determinación de la sección depende de las longitudes también depende de la corriente de cortocircuito disponible del tablero en que se va a conectar.

Al mencionar corrientes de cortocircuito estamos asociando con un elemento de protección y será como veamos a continuación: el tiempo que permanezca circulando esta corriente la determinante de la sección buscada para el cable que tiene que alimentar la carga en cuestión.

Se denominan a estas corrientes como: **corrientes de cortocircuito o sobre-corrientes o sobre-intensidades de corta duración**.

La protección de los conductores o cables queda supeditada al elemento de protección que se utilice, considerando el tiempo de actuación del mismo.

Es así que encontramos:

1. Elementos limitadores de la corriente de corto-circuito, que tienen tiempo de apertura inferiores a 100 ms.
2. Dispositivos con tiempos de apertura comprendidos entre los 100 y 500 ms.

Para cada una de estas condiciones se deberá determinar la sección del cable.

Dispositivos de protección con tiempos de apertura inferiores a los 100 milisegundos

Para el caso de estos dispositivos, los cables quedarán protegidos cuando se cumpla:

$$K^2 S^2 \geq I^2 t \quad (7.13)$$

En donde:

$I^2 \leftrightarrow t$ máxima energía específica pasante aguas abajo del dispositivo de protección.

S sección nominal del cable en milímetros cuadrados

K coeficiente que tiene en cuenta el material del conductor y del aislamiento

$K = 115$ para cables con conductores de cobre aislados en PVC, de secciones menores o iguales a 300 mm²

$K = 103$ ídem pero para secciones mayores a 300 mm² goma butílica, goma etilén-propilénica o polietileno reticulado (XLPE)

$k = 76$ para conductores de aluminio aislados en PVC, con secciones menores o iguales a 300 mm²

$k = 68$ para conductores de aluminio aislados en PVC, con secciones mayores a 300 mm² generales, goma butílica, goma etilén-propilénica o polietileno reticulado (XLPE)

La expresión $I^2 \times t$, se denomina energía específica. Para el caso de los cables, el dato debe ser suministrado por el fabricante.

Cuando se trata del dispositivo de protección, también debe ser suministrado por el fabricante mediante curvas o tablas.

La característica de limitación de los elementos de protección se clasifica por clases, las cuales deben estar grabadas en el frente de los mismos, según lo exige la respectiva norma.

Dispositivos de protección con tiempos de apertura comprendidos entre los 100 y 500 milisegundos

En este caso se puede decir que un cable estará protegido cuando se cumpla la siguiente condición

$$S \geq I_{CC} \times \frac{\sqrt{t}}{k} \quad \text{para } 0 \leq t \leq 5 \quad (7.14)$$

Donde:

S	[mm ²]	duración del cortocircuito en segundos
I_{CC}	[A]	valor eficaz de la corriente de cortocircuito máxima
t	[s]	tiempo total de operación de la protección
k	114	para conductores de cobre aislados en PVC
	74	para conductores de aluminio aislados en PVC
	142	para conductores de cobre aislados en goma etilenpropilénica o polietileno reticulado
	93	para conductores de aluminio aislados en goma etilenpropilénica o polietileno reticulado

Protección de las líneas para las corrientes de corto-circuito mínimas

La sección de los cables que forman las líneas seccionales y de circuito debe ser para las corrientes de cortocircuito mínimas a los fines de comprobar que esta sea suficiente para que hacer actuar el dispositivo de protección de acuerdo a su característica (si es fija) o bien a su regulación.

Sección adoptada

La sección del cable que se debe adoptar es aquella que cumpla satisfactoriamente las tres condiciones en forma simultánea.

7.08. DIMENSIONAMIENTO DE LAS CANALIZACIONES

Si entendemos como canalización a toda cañería rígida (metálica o no), flexible (metálica o no), conducto (metálico o no), bandeja porta-cable (metálica o no) con tapa o sin ella, canaleta con tapa o sin ella, y todo otro elemento normalizado para contener a todo tipo de cables y sus elementos de fijación.

Recordemos que en esta obra hemos definido a los cables como el conjunto de conductores y sus respectivos aislamientos.

Es así como definimos a la canalización eléctrica como: aquella canalización que contiene a los cables destinados a transportar la energía eléctrica.

Entre las distintas variedades, los que se emplean en las viviendas, oficinas y locales (unitarios) se pueden encontrar.

- Cañerías: embutidas, a la vista y enterradas
- Conductos
- Cable-canales
- Bandejas porta-cables en sus distintos montajes
- Sistemas "C"

Las características constructivas de estos elementos los hemos visto en el Capítulo N° 2 denominado **MATERIALES EMPLEADOS EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS**, por lo que a continuación veremos la forma de dimensionarlos.

Los caños y sus accesorios

Independientemente del tipo de fijación de los caños y del tipo constructivo (hierro liviano, semipesado o pesado o plástico) se establece como regla general que la sección de los cables (conductor más aislamiento) no puede ocupar más del 35% de la sección libre del caño cuando se trata de líneas de fuerza motriz.

En el caso de cables de control, la ocupación puede llegar a un 50%.

Estos valores son máximos y son valores generales, las características constructivas puede hacer que estos valores deben ser reducidos.

Para los caños de sección circular, el diámetro se determina en función de la cantidad, sección y diámetro (incluida el aislamiento) de los cables, de acuerdo con la Tabla N° 7.17.

Cuando se utilicen caños no metálicos, en tramos rectos sin curvas, con un solo cable por caño, el diámetro interno de los caños será como mínimo 1,5 veces el diámetro exterior del cable alojado.

Las medidas mínimas de las cajas por utilizar quedan fijadas por cantidad y sección de los conductores y dispositivos que van dentro de ellas, conforme a las tablas N° 7.11, 7.12 y 7.13

TABLA N° 7.11.
VOLUMEN UTILIZABLE DE LAS CAJAS DE EMBUTIR

TIPO DE CAJA	RECTANGULAR 5 X 10 cm	10 X 10 cm CUADRADA	OCTOGONAL GRANDE	OCTOGONAL CHICA
Volumen [cm ³]	240	400	250	155
Volumen utilizable [cm ³]	120	200	120	75

TABLA N° 7.12.
**VOLUMEN OCUPADO POR CADA CONDUCTOR
QUE PASA POR O DERIVA EN UNA CAJA**

Sección conductor [mm ²]	1,5	2,5	4	6	10
Volumen mínimo [cm ³]	6	8,5	12	20	25

TABLA N° 7.13.
VOLUMEN TÍPICO OCUPADO POR LLAVES Y TOMACORRIENTES

DISPOSITIVO	INTERRUPTOR 1 P	TOMACORRIENTES 2 Patas + Tierra 10 A	TOMACORRIENTES 2 Patas + Tierra 20 A
Volumen típico [cm ³]	6 a 25	18 a 38	32 a 40

Cable canales

Los sistemas de cable-canales de material plástico, deberán cumplir desde el punto de vista constructivo los requisitos mínimos establecidos en la página 51 de capítulo 2. Los mismos se instalan sobre la superficie de las paredes o divisorios.

Al igual que en el caso de los caños, la sección de los cables alojados no debe superar el 35 % de la sección libre del cable-canal.

Bandejas porta-cables

El ancho de las bandejas destinada a cables de los sistemas de fuerza motriz resultará del doble de la suma de todos los diámetros de los cables a alojar. Considerando que se deja un diámetro de cable entre los mismos. A lo cual se le suma un 20 % del ancho calculado en concepto de reserva. No se permite más de una capa de cables.

En cambio cuando se trata de cable destinado a los sistemas de control es posible ubicarlos uno al lado del otro, en varias capas, ya que los mismos no generan calor. En este caso es posible ocupar un 40 % de la sección transversal de la bandeja.

Sistemas tipo "C"

Para estos sistemas de conductos también es válido lo expresado para los caños.

7.09. INSTALACIÓN DE LOS CABLES EN LAS CANALIZACIONES

Reglas generales

Antes de comenzar las tareas del tendido o instalación de los cables en sus respectivos soportes ha los fijos formar la canalización es necesario tener en cuenta que:

1. Se debe haber completado el montaje de todas las cañerías, cajas y gabinetes
2. Que se haya terminado el trabajo de construcción de la mampostería y su posterior acabado.

Como cuestiones puramente eléctrica, se deberá:

1. Dejar a cada cable un largo de 150 mm en cada caja a los fines de realizar posteriormente las conexiones.
2. Si el cable pasa por una caja en la cual no se hará empalme o conexión se dejará un bucle.
3. Los cables en tendidos verticales no podrán tener largos mayores a los 15 metros sin una fijación mediante el accesorio correspondiente.
4. No se deberán ejercer esfuerzos sobre los cables que puedan afectar su sección o aislamiento.
5. No se podrán realizar líneas con conductores en paralelo.

Agrupamiento de los cables en una misma canalización

1. Todos los conductores pertenecientes a un mismo circuito, incluyendo el conductor de protección, se tenderán dentro de una misma canalización.
2. Cada línea principal se alojará en una canalización independiente.
3. Las líneas seccionales deberán alojarse en caños o conductos independientes. No obstante, se admitirán en un mismo caño hasta tres líneas seccionales, que correspondan a un mismo medidor.
4. Deberán tener cañerías independientes las siguientes líneas de circuito:
 - para usos generales
 - para usos especiales
 - para consumos específicos

Excepción: los circuitos de usos generales podrán alojarse en una misma cañería, en un máximo de tres, de acuerdo a lo indicado a continuación:

- que pertenezcan a una misma fase y a un mismo tablero seccional
 - que la suma de las corrientes asignadas de los dispositivos de protección de cada uno de los circuitos no sea mayor que 36 A
 - que el número total de bocas de salida alimentadas por estas líneas en conjunto no sea mayor que 15 unidades.
5. En todas las cajas donde converjan líneas de circuitos diferentes los cables deben estar debidamente identificados. Para ello se recurrirá a sistemas especialmente fabricados

6. Cada boca de salida servirá como tal a un solo circuito. Pudiendo servir solo como caja de paso de otros circuitos
7. Las canalizaciones, tales como cable-canales múltiples solo se consideraran canalizaciones independientes si cuentan con separadores fijos y permanentes diseñados como tales.
8. En los inmuebles podrán coexistir en canalizaciones independientes los siguientes sistemas.
 - 380/220 V
 - Muy baja tensión de seguridad
 - Muy baja tensión funcional (hasta 24 V)
 - Señales tales como: video, televisión, alarmas, computación, etc.
 - Transmisión de datos para servicios tales como Internet, intranet, etc.
 - Telefonía

Medidas mínimas de las canalizaciones

La suma de las secciones de los cables (conductor mas aislamiento) no debe ser mayor que el 35 % de la sección libre del conducto (caño, cable-canal o sistema de conductos tipo C) que los aloje. La Tabla N° 7.17 nos muestra lo expresado cuando se trata de cables y caños de sección circular.

El llenado de los conductos con este porcentaje máximo nos asegura que los cables disiparán la energía que corresponde o dicho de otra manera no se sobre calentarán.

Para conductos que alojen circuitos principales o seccionales, el diámetro mínimo de los caños de sección circular será de 15 mm (RL 19 y RS 19), y la sección mínima para otras formas (cable-canales, etc.) será de 200 mm².

Para conductos que alojen circuitos terminales, de usos generales o especiales, el diámetro mínimo de los caños de sección circular será de 13 mm (RL 16 y RS 16). Y la sección mínima para otras formas será de 150 mm².

Curvas en los caños

Una curva de una canalización de sección circular, es un cambio de dirección de un caño que respetando los radios mínimos de curvatura, tengan ángulos interiores comprendidos entre 90 y 135°.

Algunas consideraciones:

1. No se admitirán mas de tres curvas en la cañería entre dos cajas consecutivas
2. La distancia mínima entre dos curvas consecutiva no será menor a diez veces el diámetro exterior del caño
3. Las curvas de los caños de sección circular pueden realizar por medio de accesorios específicos conforme a la norma IRAM respectiva.
4. Todo cambio de dirección en conductos de sección no circular debe realizarse por medio de los accesorios específicos que forman parte de la línea de canalización correspondiente.

Como excepción se admite en locales con personal BA4 o BA5 la instalación de tramos rectos de caños "camisa" con curvas al aire, por cuyo interior se tiendan cables activos conformes con las normas IRAM 2178 y 2268. La altura mínima de montaje permitida será de 2,5 metros sobre el piso del solado.

Si la canalización es metálica se deberá mantener la equipotencialidad del conducto en las curvas no protegidas mecánicamente por la cañería, mediante tramos de cable de protección (PE) fijados con terminal abulonado, de sección no menor a la mitad del conductor de protección que recorre la canalización, con un mínimo de 6 mm² y un máximo de 25 mm². Los extremos de los caños deberán rematar con boquillas.

Instalaciones en bandejas porta-cables

Las bandejas porta-cables son un sistema completo de canalización, o sea, que están compuesto por diversos elementos tales como: tramos rectos, curvas, divisorios, tapas, uniones, derivaciones en T, soportes, etc.

La instalación de este sistema hace que se deban utilizar todos los elementos fabricados a tales efectos, no permitiéndose el corte de elementos o la soldadura de los componentes ya que se altera la terminación superficial de los elementos.

- En las bandejas porta-cables sólo se permite instalar como conductores activos, cables unipolares o multipolares construidos según las normas IRAM 2178, y está prohibido el empleo de cordones flexibles (conocidos como cables tipo taller) construidos

según las normas IRAM 2158 y 2188 y el empleo de conductores unipolares construidos según normas IRAM 2183 (este tipo de conductor solo se autoriza como conductor de protección).

- Cuando por la misma bandeja se deban tender cable de MBT, computación, etc. solo será posible si es posible hacerlo instalando un separador o barrera del mismo material y altura del ala de la bandeja de modo que se genere un canal de separación.
- Las bandejas para el tendido de cables deben estar instaladas en forma accesible y expuesta.
- Cuando sea necesario instalar una bandeja por arriba del cielorraso y este no sea del tipo de placas desmontables se deberán prever tapas de inspección cada 6 metros como mínimo.
- Se prohíbe la instalación de luminarias embutidas en el fondo de bandejas porta-cables así como el montaje de los equipos auxiliares de las lámparas.
- Se permitirá colgar artefactos de las bandejas porta-cables solo cuando los mismos estén diseñados para tal fin y previendo que el calor generado por las lámparas no incida sobre los cables tendidos en las mismas.
- En el caso en que se empleen bandejas porta-cables para soportar luminarias formando líneas continuas o no, cuyos cables de alimentación hayan sido tendidos por el interior de las mismas, las derivaciones para la alimentación de cada luminaria se deberán realizar mediante el empleo de cajas metálicas con grado mínimo de protección IP41.
- En los casos en que se tenga que continuar con otra canalización y cableado por fuera de la bandeja porta-cable se permitirá apoyar o fijar a la misma si se utiliza una grapa adecuada.
- Cada tramo de bandejas de 3 metros deberá ser soportado por lo menos en 2 puntos separados a 1,5 m (cuando existan razones físicas o prácticas que impidan cumplir con esa distancia entre soportes, la misa podrá ser mayor, pero sin superar los dos metros entre soportes), ya sea con dos ménsulas de largo adecuado no inferior al ancho de la bandeja fijadas a la pared o estructura, ya sea 4 grapas de suspensión, ya sea suspendidas y soportadas con 2 perfiles de resistencia adecuada ubicados por debajo de la misma, u otro método equivalente.
- No se permite utilizar las bandejas metálicas como conductor de protección.

TABLA N° 7.14.
MÁXIMA CANTIDAD DE CABLES POR CAÑOS

SECCIÓN DEL CONDUCTOR		[mm ²]	1,50	2,50	4,00	6,00	10,00	16,00	25,00	35,00	50,00	70,00
DIÁMETRO EXTERIOR MÁXIMO		[mm]	3,50	4,20	4,80	6,30	7,60	8,80	11,00	12,50	14,50	17,00
SECCIÓN DEL CABLE		[mm ²]	9,62	13,85	18,10	31,17	45,36	60,82	95,03	122,72	165,13	226,98
Caño designación IRAM	Caño designación comercial	Sección [mm ²]	Cantidad de cables									
RS 16	SP 5/8"	132	4+PE	2+PE	—	—	—	—	—	—	—	—
RL 16	L 5/8"	154	5+P5	3+P5	2+PE	—	—	—	—	—	—	—
RS 19	SP 1"	177	6+PE	4+PE	3+P5	—	—	—	—	—	—	—
RL 19	L 1"	227	7+PE	5+PE	4+PE	2+PE	—	—	—	—	—	—
RS 19	SP 7/8"	255	9+PE	6+PE	4+PE	2+P5	—	—	—	—	—	—
RL 22	L 7/8"	314	11+PE	7+PE	5+PE	3+PE	2+PE	—	—	—	—	—
RS 22	SP 1"	346	13+PE	9+PE	6+PE	3+PE	2+PE	—	—	—	—	—
RL 25	L 1"	416	—	10+PE	7+PE	4+PE	2+PE	2+PE	—	—	—	—
RS 32	SP 1"	616	—	15+PE-	11+PE	6+PE	4+PE	3+PE	—	—	—	—
RL 32	L 1"	661	—	—	12+PE	7+PE	4+PE	3+PE	—	—	—	—
RS 38	SP 1 1/2"	908	—	—	—	9+PE	6+PE	4+PE	2+PE	2+PE	—	—
RL 38	L 1 1/2"	962	—	—	—	10+PE	7+PE	5+PE	3+PE	2+PE	—	—
RS 51	SP 2"	1662	—	—	—	18+PE	12+PR	9+PE	5+PE	4+PE	3+PE	2+PE
RL 51	L 2"	1810	—	—	—	—	—	9+PE	6+PE	4+PE	3+PE	2+PE

7.10. PRESUPUESTO

Una vez definido técnicamente el proyecto, se hace necesaria la preparación del presupuesto correspondiente para la ejecución de la respectiva obra. El presupuesto que debe hacerse en base al precio de los materiales, la mano de obra, el costo de los servicios, de los elementos auxiliares y las cargas impositivas.

La forma de proceder en esta etapa varía, según la envergadura del ejecutante. El Instalador independiente procede en forma más simple, aplicando por lo general su experiencia. En el caso de empresas con un sistema administrativo y contable exige de costos más detallado, es menester tabular los diversos componentes, para proceder con adecuado criterio económico.

El primer paso, es hacer el **Cómputo métrico**, el cual consiste en medir, contabilizar y estimar todos los elementos que componen la instalación eléctrica, así como la estimación de las horas-hombres necesarias para ejecutarla.

Una forma de hacerlos es dividir la obra en locales y hacer el cómputo métrico en cada uno de ellos y luego volcarlos a una planilla final en donde esta la suma de las cantidades de cada componente de toda la obra.

Como los planos del edificio están dibujados en planta, deben agregarse las longitudes de los caños y de cables que corresponden a cada **bajada**, o sea, la distancia desde la losa del techo, hasta las cajas de las paredes. En los grandes edificios, puede haber cortes arquitectónicos que ayudan a determinar distancias en sentido vertical.

La Tabla N° 7.18 enseña también como se ha procedido con los locales 1, 2 y 3. Con igual criterio se procede en los restantes.

A partir de estas planillas o tablas se generará la que identificamos como 7.15. Señalando que el resumen resulta de muy fácil confección si se utiliza un software del tipo Planilla electrónica de cálculo.

Sumando las columnas de estas tablas tiene las cantidades computadas de cada material. Si en vez de tratarse de una obra pequeña tenemos el caso un edificio del régimen de propiedad horizontal, o sea con múltiples viviendas, que pueden desarrollarse en una sola planta o en varios pisos, deben tenerse en cuenta la instalación eléctrica que requieren los servicios que son comunes: iluminación de pasillos, bombas de agua, portones y rampas (si hay garaje) y también deben incluir-

se las líneas seccionales que corren desde los medidores, que generalmente se colocan agrupados en el frente del inmueble.

Estas planillas de cómputo métrico permiten conocer con exactitud suficiente la cantidad teórica de cada elemento, pero lógicamente la cantidad necesaria debe ser siempre mayor. Un ejemplo lo constituyen los cables que se venden en rollos, sin fraccionar. Habrá desperdicios, pues entre cajas no se admiten empalmes de cable. Los caños se fabrican en largos de tres metros, habiendo lógicamente desperdicios, que solo la experiencia y la buena administración pueden disminuir.

Las tablas o planillas mostradas constituye una guía para efectuar el presupuesto de los materiales, a partir de ellas el interesado podrá desarrollar otras de acuerdo a sus experiencias, criterio, etc.

TABLA N° 7.15.
COMPUTO DE CABLES, CAÑOS Y CAJAS

LOCAL	CABLE				CAÑO			CAJAS			
	1,5	2,5	4,0	10	12,6	16,4	18,6	OCTO- GONAL CHICA	OCTO- GONAL GRANDE	RECTANG.	CUADR.
1	15	10	0	0	6	0	0	2	1	2	1
2	20	3	0	0	8	12	0	1	0	2	1
3	35	8	0		12	0	0	3	1	4	0

TABLA N° 7.16.
COMPUTO DE LLAVES, PULSADORES, TE Y TOMAS

LOCAL	LLAVES			PULSA- DORES	TELÉ- FONOS	TOMAS
	UN EFECTO	DOBLE EFECTO	TRIPLE EFECTO			
1	1	—	1	—	1	3
3	—	1	—	—	—	1

Si se trata de un Instalador individual o que trabaja por cuenta propia, deberá computar la mano de obra según la forma que la realice.

Por lo general se estipula en pesos por boca, debiéndose multiplicar dicho precio por el número de bocas de salida (desde las cuales es posible tomar energía). El costo y el precio de venta se determinan entonces por medio de la Tabla N° 7.16.

El costo de los materiales se obtiene de las tablas anteriores, derivadas del cómputo métrico y de los precios unitarios de los diversos productos, a la fecha de realización del presupuesto. La mano de obra directa, es la suma de todos los sueldos y jornales pagados efectivamente a las personas que ejecutan los trabajos. Las cargas sociales, es la suma de los costos no pagados directamente a las personas, pero que no obstante deben reservarse para pagarlos oportunamente. Incluye este último rubro los gastos por enfermedad, las vacaciones pagas, las licencias especiales, y todo otro rubro determinado por las leyes laborales y de previsión, incluyendo en este último aspecto, el aporte patronal de jubilación. Los gastos de tramitación incluyen los precios de los sellados y demás gastos de ventanilla necesarios para presentar y hacer aprobar los planos, más el tiempo de las personas o empleados que se encargan de estos trámites.

Los imprevistos muy corrientemente del orden del 10% de la suma de los anteriores, constituyen una reserva para salvar errores o cambios que en el momento de ejecutar el presupuesto es imposible prever. Los gastos generales representan el alquiler de oficinas, teléfonos, papelería impuestos, y todo otro gasto necesario para mantener la empresa, en la parte que pueda imputarse proporcionalmente a la obra, asunto que solo se puede determinar en base a la dimensión de la empresa y el accionar de la misma. El beneficio esperado, es la pretensión del empresario como renta por la operación, que constituirá su capitalización. La cuota de amortización de herramientas y equipos es el costo que se imputa a cada obra, por el uso de los elementos que duran un tiempo largo, y que cada tanto hay que renovar o reparar. No entran en este rubro los elementos de consumo, como la cinta aisladora o el estaño de soldar, que de algún modo hay que incluir en el costo de los materiales. La Tabla N° 7.16, nos muestra un análisis de los costos mencionados.

Es de hacer notar, y esto es muy importante, que el precio de venta determinado de este modo, es el precio de venta al contado, suponiendo que el comprador de la obra paga un anticipo al inicio, y el saldo a la entrega. Por lo regular no se opera así, y los pagos se dilatan por las

TABLA N° 7.17
EQUIVALENCIAS ENTRE LOS DISTINTOS ELEMENTOS
DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y LAS BOCAS

Elementos	Bocas
1 punto y toma	1,5
2 puntos del mismo centro	1,5
2 puntos de centro diferentes	2,0
2 puntos de combinación en diferentes centros	4,0
1 tablero general o seccional de hasta 2 x 20 A	2,0
1 gabinete para medidor con caño de bajada y línea en 4 mm ²	4,0

modalidades acordadas y la situación financiera de las empresas. Por otra parte, las compras de los materiales para la obra pueden hacerse al contado, o con una cierta financiación o espera, y el dinero para esas compras, puede provenir de los fondos del mismo instalador, o de un préstamo bancario, que devenga un interés que hay que agregar. Todo esto implica en resumen, un cierto costo financiero, que se debe agregar al precio de venta al contado, para obtener el precio de venta financiado (Tabla 7.19).

Como se comprenderá fácilmente, todos estos cálculos citados últimamente en forma muy resumida, deben estar perfectamente determinados con ayuda de personas especializadas, o por medio de una larga experiencia del instalador, más una metódica recopilación de datos en cada obra, para poder aplicar las conclusiones a las obras siguientes. La administración se tratará en capítulo aparte.

Si se trata de una empresa, la forma de cálculo de la mano de obra, imprevistos, tramitaciones, impuestos, ganancias, etc., debe necesariamente ser diferente. También varía, según el riesgo comercial, el prestigio y forma de pago, volumen de trabajo y con el criterio particular y la magnitud de la empresa.

En las obras grandes, donde la diversidad de circuitos y materiales obliga a tabular en forma ordenada, se deben seguir criterios parecidos a los ya expuestos, adaptados en cada caso a la magnitud de lo que

TABLA N° 7.18.
PLANILLA GENERAL DE CÓMPUTO

RUBRO	DESIGNACIÓN		TIPO	UNIDAD	CANTIDAD		PRECIO UNTARIO [\$]	COSTO [\$]		
	IRAM	COMERCIAL			COMPUTADA	ESTIMADA		PARCIAL	RUBRO	
Caño	RS 16/13	5/8"	Acero liviano	m						
	RS 19/16	1/2"								
	RS 22/18	3/8"								
	RS 32/28	1"								
	RS 38/24	1/2"								
	RS 51/46	1 1/2"								
Conector	RS 16/13	5/8"	A tornillo	e/u						
	RS 19/16	1/2"								
	RS 22/18	3/8"								
	RS 32/28	1"								
	RS 38/24	1/2"								
	RS 51/46	1 1/2"								
Caja		Cuadrada	Semi-pesado	e/u						
		Octogonal grande								
		Octogonal chica								
		Rectangular								
		Miñon								
		De registro								
	Derivación TE									
	Tablero seccional									
	Tablero principal									

TABLA N° 7.21. (continuación)

RUBRO	DESIGNACIÓN		TIPO	UNIDAD	CANTIDAD		PRECIO UNITARIO [\\$]	COSTO [\\$]		
	IRAM	COMERCIAL			COMPUTADA	ESTIMADA		PARCIAL	RUBRO	
Cable		1,5 mm ²	Unipolar IRAM 2183	m						
		2,5*								
		4,0*								
		6,0*								
		10*								
Llave toma y pulsador		2,5* PE	Marca (*)	c/u						
		Un punto								
		Doble efecto								
		Tres efectos								
		Combinación								
		Un punto y toma								
		Toma simple								
		Toma doble								
		Pulsadores								
		Con transformador								
Timbre		Portería	Marca (*)	c/u						
		Departam. 2 circuitos								
Tablero Seccional		Electro-bombas								
		Ascensor								
		Caldera								
Varios		Clavos, cinta, etc.								
		TOTAL								

(*) Se indica una marca como referencia de calidad.

TABLA N° 7.19
DETERMINACIÓN DEL PRECIO
DE VENTA DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

ÍTEM	COSTO [\$]
Costo de los materiales	
Costo de la mano de obra directa	
Costo de las cargas sociales	
Gastos de gestión	
Imprevistos	
Gastos generales de la obra	
Beneficio	
Amortización herramientas y equipos	
Gravámenes e impuestos	
TOTAL	

TABLA N° 7.20
PRECIO FINAL CON FINANCIACIÓN

DESCRIPCIÓN	MONTO [\$]
Precio de venta al contado	
Costo de la financiación	
Precio de venta final	

se trate. Se prepararán planillas para los circuitos de luz, para las líneas seccionales, para las líneas principales, para los teléfonos internos, para los teléfonos urbanos, para las campanillas, para los pararrayos, para los circuitos de alarma, y para la fuerza motriz, citando así las

principales partes de la obra. El presupuesto se hará luego con un resumen general que puede comprender los rubros de la Tabla N° 7.17.

Obtenido el costo, se le suma el beneficio para obtener el precio total de la instalación. Esta suma se divide por la cantidad de bocas existentes, determinándose así el **Precio por Boca**, valor conocido por todos los instaladores, que permite comparar trabajos, y al cual hay que aproximarse para estar en competencia.

TABLA N° 7.21.
RESUMEN DE UN PRESUPUESTO

ÍTEM	COSTO [\$]
Iluminación general (pasillos, sótanos, etc.)	
Líneas principales	
Líneas seccionales	
Tableros	
Teléfonos de la red pública	
Intercomunicadores	
Portero visor	

FUERZA MOTRIZ

ÍNDICE

8.01.	INTRODUCCIÓN
8.02.	MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS
8.03.	MOTORES ELÉCTRICOS MONOFÁSICOS
8.04.	UTILIZACIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS
8.05.	MONTAJE
8.06.	CONTROL Y PROTECCIÓN DE LOS MOTORES
8.07.	CIRCUITO DE COMANDO
8.08.	APLICACIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS

8.01. INTRODUCCIÓN

Los principales elementos consumidores de la energía eléctrica en los inmuebles son los motores eléctricos y las lámparas, en este capítulo, nos dedicaremos a los primeros.

La calefacción en gran escala no es, en la Argentina, producida por conversión directa de la energía eléctrica, salvo en los casos de pequeños calefactores domésticos, por lo que no la incluimos como párrafo importante.

Se conocen como circuitos de **fuerza motriz** (FM) a los que realizan transformaciones de la energía eléctrica en gran escala, sin intervención de los circuitos de iluminación. Los casos más comunes son los accionamientos electromecánicos (motores).

Los accionamientos electromecánicos son muy ventajosos por su fácil mantenimiento, fácil puesta en marcha, fácil regulación y muy silenciosos.

Los motores de corriente continua, prácticamente han dejado de usarse en inmuebles, pudiendo consultarse bibliografía especializada.

Los motores de corriente alterna más usados y simples son los asincrónicos monofásicos y trifásicos.

8.02. MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS

Constan de un rotor que puede ser del tipo a jaula de **ardilla** o bien bobinado, y un estator con un devanado.

El bobinado del estator se puede conectar en estrella o triángulo, ya que en la chapa de características se indican dos tensiones, que son los valores de la diferencia de potencial entre cables de la red a la cual se conectará, Por ejemplo un motor que en la chapa indica 220/380 volt significa que puede conectarse en estrella a la red de 3 x 380 volt o en triángulo a la red de 3 x 220 volt.

Estos motores tienen tres bobinados en su parte fija, el estator, mientras que el rotor está compuesto por un juego de barras conectadas en cortocircuito por medio de anillos (rotor a jaula). Hay rotores que tienen tres bobinados, a los cuales se puede llegar desde el exterior, por medio de adecuados anillos rozantes sobre los cuales hay escobillas de carbón.

Los motores con rotor en cortocircuito son de menor precio por ser más simples, pero sus características no siempre son óptimas para determinados usos. En la Figura N° 8.01 tenemos, a la derecha, el esque-

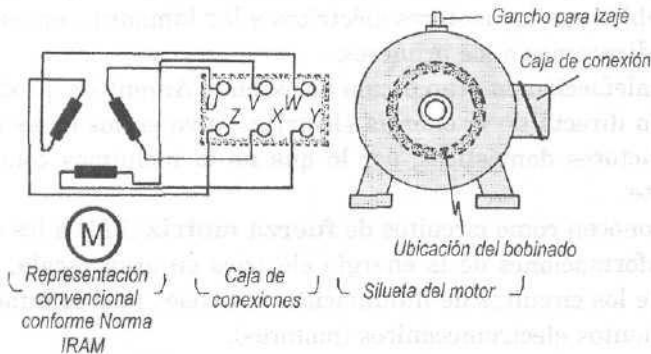


Figura N° 8.01
Motor asincrónico trifásico con rotor en cortocircuito

ma del motor visto según un plano normal al eje de giro. Se puede ver a su derecha la caja de conexión que contiene la placa de bornes, que es el lugar donde finalizan los terminales de los tres juegos de bobinas interiores. En la parte izquierda de dicha Figura N° 8.01, tenemos el esquema conforme normas IRAM. En la Figura N° 8.02 se muestra el aspecto constructivo de un motor eléctrico trifásico.

Cada bobina del estator tiene sus terminales marcados con las letras normalizadas **U V W** para los **principios de bobinas** y **X Y Z** para los **finales de bobinas**. Los terminales están en la **placa de bornes** dentro de la caja de conexiones, lugar en que se pueden hacer con comodidad las conexiones a la línea que provee la energía eléctrica.

En la Figura N° 8.03 podemos ver dos formas de conexión de motores asincrónicos trifásicos a una red de corriente alterna trifásica. En el caso de la izquierda, el motor está en estrella, y como cada fase puede funcionar normalmente con 220 volt, la tensión compuesta que es posible aplicar será:

$$U = \sqrt{3} \leftrightarrow 220 \text{ V} = 380 \quad [V] \quad (8.01)$$

Por lo tanto, en estrella se puede aplicar a una red de 3 x 380 volt. Por supuesto el neutro de la red no es necesario, aunque si se debe conectar la carcasa a tierra. En el dibujo de la derecha tenemos otro caso diferente.

El motor está en triángulo a una red de 3 x 380 volt. Por lo tanto cada fase queda sometida a una tensión de 380 volt. El motor debe



Figura N° 8.02
Aspecto de un motor trifásico con rotor en cortocircuito

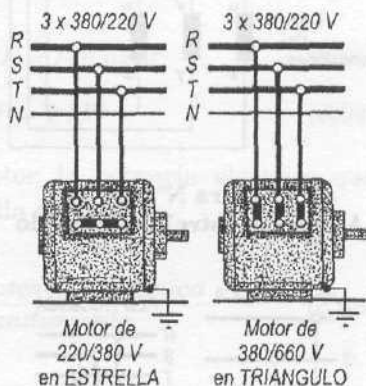


Figura N° 8.03
Conexión de motores asincrónicos trifásicos

haber sido diseñado para esas condiciones. Pero si lo conectamos en estrella, como cada fase puede trabajar a 380 volt, la tensión compuesta sería:

$$U = \sqrt{3} \leftrightarrow 380 \text{ V} = 660 \quad [V] \quad (8.02)$$

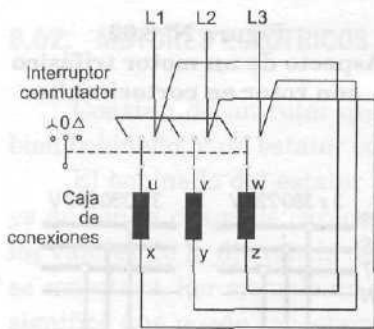


Figura N° 8.04
Arranque estrella-triángulo

Por supuesto que no habiendo redes de esa tensión, esta forma de conexión puede parecer innecesaria, pero no es así, dado que se emplea en muchos casos el llamado arranque **estrella-triángulo**. Este tipo de arranque consiste en poner en marcha el motor conectándolo en estrella y una vez que arrancó y alcanzó su marcha estable, se lo pasa rápidamente a triángulo, quedando así para su uso.

Con este artificio, se consigue aplicar al motor una tensión 1,73 veces menor en el momento de arranque, disminuyendo de esta manera la corriente de arranque, con lo cual se minimiza el efecto que esta tiene sobre la red de baja tensión.

La Figura N° 8.04 nos permite ver como se logra esto, mediante un simple interruptor tripolar inversor.

Conectando las cuchillas hacia abajo, el motor está en estrella. Pasando las cuchillas hacia arriba, pasa a estar en triángulo. Los pequeños motores asincrónicos con rotor a jaula pueden ponerse en marcha (arrancar) directamente conectándolos a la red. La corriente que toman transitoriamente es alta, pero no perjudicial por su brevedad. Para motores mayores, al aplicarlos de esa manera a la red,

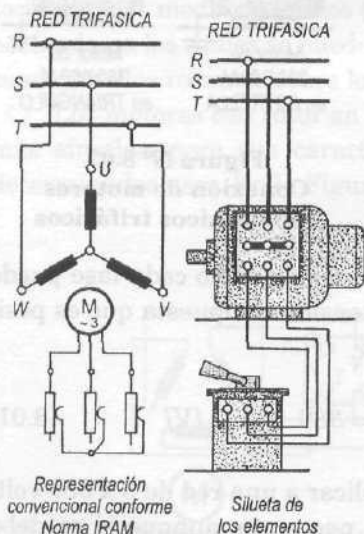


Figura N° 8.05
Arranque de un motor asincrónico mediante resistencias exteriores

ocasionan corrientes transitorias (corriente de arranque) elevadas, lo que ocasiona perturbaciones en la red.

Por ello se aconseja ponerlos en marcha por medio del sistema **estrella-triángulo**. El comercio ofrece llaves conmutadoras que hacen simple esta operación. Pero si se desea un arranque suave, con alta cupla, hay que acudir al uso de los denominados "arranques suaves", los cuales son equipos electrónicos, o usar motores con rotor bobinado.

Para determinar que motor es necesario usar en un accionamiento, hay que conocer la potencia del mecanismo arrastrado, la que generalmente viene expresada en **CV (caballo vapor** en el sistema métrico) o en **HP (horse power** del sistema inglés). Las relaciones son:

$$1,00 \text{ CV} = 736 \text{ watt} \quad \text{y} \quad 1,00 \text{ HP} = 746 \text{ watt} \quad (8.03)$$

$$1,36 \text{ CV} = 1 \text{ kW} \quad \text{y} \quad 1,34 \text{ HP} = 1 \text{ kW} \quad (8.04)$$

Conociendo el rendimiento del motor, la potencia eléctrica que toma de la red se determina con la sencilla expresión:

$$\text{Potencia eléctrica} = \frac{736 \times \text{Potencia mecánica}}{\text{Rendimiento}} \quad (8.05)$$

$$P_e = \frac{736 \times [\text{CV}]}{\text{Rendimiento}} \quad [\text{watt}] \quad (8.06)$$

Si los motores son varios, deben consultarse manuales especializados para obtener el factor de simultaneidad, ya que es poco probable que todos funcionen simultáneamente a plena carga.

Con la potencia en **watt** se obtiene la corriente para determinar:

- la corriente nominal de los aparatos de maniobra
- el calibre de la protección

En las Tablas N° 8.01 y 8.02, se han reunido una serie de datos sobre motores eléctricos, que permiten usar las fórmulas citadas o conocer directamente la corriente tomada de la línea. Es de advertir que dichos datos son recopilación de diversos antecedentes, y que solo sirven como guía suficiente para calcular las líneas de alimentación de los mismos.

TABLA N° 8.01.
TIPOS DE MOTORES Y SUS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

TIPO	VELOCIDAD	CUPLA DE ARRANQUE	CORRIENTE DE ARRANQUE	PRINCIPALES USOS
Trifásicos rotor jaula	Casi constante	Baja	Alta	Generales. Máquinas herramientas. Ventiladores grandes. Bombas centrífugas
Trifásicos rotor bobinado (con anillos)	Ajustable, pero con mal rendimiento	Alta	Baja	Grúas. Elevadores. Compresores a émbolo. Mecanismos pesados
Continua Derivación	Ajustable a voluntad	Media	Baja	Igual uso que el trifásico jaula
Continua Compuesto	Ajustable	Alta	Media	Igual uso que el trifásico con rotor bobinado
Continua Serie	Variable con la carga	Muy alta	Alta	Grúas. Elevadores. Tracción
Monofásicos a inducción	Casi constante	Baja	Baja	Ventiladores. Lavarropas
Monofásicos a inducción con condensador	Casi constante	Alta	Baja	Heladeras. Compresores de aire. Mecanismos pesados. Acondicionador de aire individual
Monofásicos serie (universales)	Variable con carga	Alta	Alta	Aparatos domésticos: aspiradora, enceradora, licuadora, batidora.

TABLA N° 8.02.
MOTORES TRIFÁSICOS ASINCRÓNICOS CON ROTOR EN JAULA DE ARDILLA

POTENCIA		CORRIENTE		R P M	RENDIMIENTO %	Cos ϕ
CV	kW	NOMINAL [A]	ARRANQUE X_n			
0,50	0,37	1,09	4,4	1390	74	0,70
0,75	0,55	1,43	7,0	1440	75	0,78
1	0,75	1,82	6,5	1415	76	0,82

TABLA N° 8.02. (continuación)

POTENCIA		CORRIENTE		R P M	RENDIMIENTO %	Cos ϕ
CV	kW	NOMINAL [A]	ARRANQUE X_n			
1,5	1,10	2,75	5,5	1440	77	0,79
2	1,50	3,37	7,5	1420	80	0,84
3	2,20	4,91			83	0,82
4	3,00	6,42			84	0,85
5,5	4,00	8,45			86	0,84
7,5	5,50	11,10			7,3	89
10	7,50	15,1	7,5	1470	89	0,85
15	11,00	22,10	7,0		90	0,84
20	15,00	30,30	6,0		1460	91
25	18,50	36,50	7,5	1470	92	0,84
30	22,00	42,20		1475	92	0,86

Notas:

Estos datos corresponden a valores nominales de motores trifásicos con:

- tensión nominal: 380 V.
- velocidad nominal: 1500 rpm.
- grado de protección: IP55 .
- frecuencia: 50 Hz.
- sistema de arranque: directo.
- el rendimiento y el coseno ϕ se han tomado al 100% de la potencia nominal.

Las placas de características de los motores señalan cuáles son sus condiciones nominales de funcionamiento, que es el conjunto de requerimientos para los cuales ha sido creado, y que suelen darse con una tolerancia de un 5 a un 10 % aproximadamente.

Las diversas normalizaciones han clasificado a los motores según sus principales cualidades, y la industria los produce de acuerdo con ello. Así tenemos motores de servicio continuo, de servicio temporario y de servicio intermitente. Los primeros pueden funcionar indefinidamente, los segundos y terceros en forma intermitente, pero los temporarios alcanzan en sus períodos de reposo la temperatura ambiente, tal como lo señalan las normas IRAM.

También se los agrupa de acuerdo con su protección mecánica, habiendo los siguientes tipos: abiertos, protegidos contra goteo, protegidos contra salpicaduras, blindados con ventilador, blindados con ventilador exterior y resistentes a explosiones.

Un aspecto que debemos recalcar, bien evidente en la Tabla N° 8.02, es el valor de la corriente de arranque. Un motor de 5,5 CV y 380 V, toma 8,9 A en servicio normal a plena potencia, mientras que en el momento del arranque, y por un tiempo muy breve (tiempo de arranque), la corriente puede alcanzar los 55 A, es decir, el 618 %. Esta circunstancia que se presenta en los motores asincrónicos trifásicos con rotor en cortocircuito, no aparece en los motores asincrónicos trifásicos con rotor bobinado, que tienen un arranque más suave, y al estudiar las protecciones necesarias debe tenerse en cuenta.

Los motores asincrónicos trifásicos, que son los más usados para accionamientos en edificios, se construyen para varias velocidades nominales, las que dependen del número de polos del bobinado, lo que es lo mismo, de la forma constructiva del bobinado, concretamente de la parte estática. El rotor gira siempre a una velocidad menor, de donde aparece el conocido concepto del **resbalamiento**, que es la velocidad relativa, y se expresa por la fórmula:

$$S = \frac{N_s - N}{N_s} \quad [\%] \quad (8.07)$$

Siendo:

N_s velocidad sincrónica, del campo magnético rotante.

N velocidad del rotor (del motor).

S resbalamiento, en por ciento.

Las velocidades N_s y N se expresan en revoluciones por minuto (rpm). La velocidad sincrónica está determinada por la frecuencia de la

red de corriente alterna, que responde a la Tabla N° 8.04, en el caso de frecuencia $f = 50$ ciclos por segundo, que es la usada en la Argentina.

TABLA N° 8.03.
VELOCIDAD DE LOS MOTORES

NÚMERO DE POLOS	2	4	6	8	10
Velocidad [r p m]	3.000	1.500	1.000	750	600

El valor del resbalamiento es muy variado, dependiendo del tipo de diseño normalizado que se adopte.

Pero de todos modos, la Tabla N° 8.04 puede usarse como orientación, porque tiene cifras promedio. Lo que más se pretende mostrar, es el orden de magnitud.

Establecidos todos estos conceptos generales, respecto de los motores, tratemos ahora casos particulares de accionamientos por electromotor.

TABLA N° 8.04.
RESBALAMIENTO DE LOS MOTORES

POTENCIA [CV]	1/3	2/3	1	2	7,5	20
Velocidad [%]	8	7	6	5	4	3,8

8.03. MOTORES ELÉCTRICOS MONOFÁSICOS

En cuanto a los motores monofásicos, los más empleados en las instalaciones eléctricas, son los de inducción, cuyo esquema de conexiones vemos en la Figura N° 8.06.

Hay un bobinado principal y otro auxiliar. Este último está en paralelo y actúa solo en el arranque. Un dispositivo accionado por fuerza centrífuga abre cuando la velocidad es suficiente y el bobinado auxiliar termina su misión.

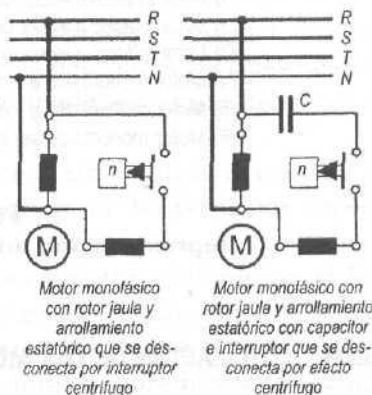


Figura N° 8.06
Motor a inducción monofásico

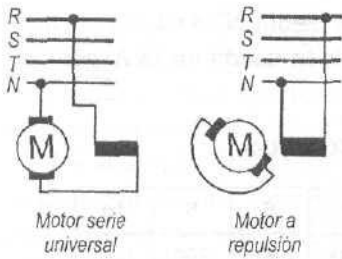


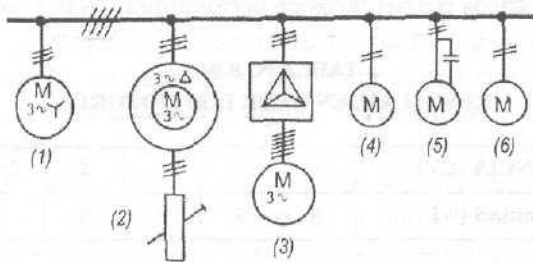
Figura N° 8.07
Motor universal

En la misma figura tenemos otro modelo semejante al anterior, pero con la diferencia que en serie con el bobinado auxiliar, hay un condensador. Con esta solución, se logra una mayor cupla de arranque.

En la Figura N° 8.07 tenemos el motor universal, apto para funcionar en cualquiera de las dos corrientes. En alterna, se lo emplea en electrodomésticos que requieren alta cupla,

como encendedoras, aspiradoras, licuadoras, etc.

En la Figura N° 8.08 reunimos las representaciones convencionales conforme a normas IRAM, para apreciar sus diferencias.



- (1) Motor trifásico a inducción con rotor jaula, en estrella
- (2) Motor trifásico a inducción con rotor bobinado, en triángulo
- (3) Motor trifásico a inducción con rotor jaula y arranque estrella-triángulo
- (4) Motor monofásico a inducción con rotor jaula
- (5) Motor monofásico a inducción con rotor jaula y capacitor
- (6) Motor monofásico serie a colector (universal)

Figura N° 8.08
Representación unifilar de motores a inducción

8.04. UTILIZACIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS

A los efectos de tener una idea comparativa de los motores descriptos que advertimos son solo los tipos principales que nos interesan

en las instalaciones eléctricas de los inmuebles destinados a viviendas o locales tanto sea en forma individual o colectiva en régimen de propiedad horizontal, adjuntamos la Tabla N° 8.01 que reúne sumariamente los datos básicos.

Los motores eléctricos se utilizan en los inmuebles para los ascensores, bombas elevadoras de agua, motores de quemadores de caldera, y motores de los equipos de aire acondicionado. Dentro de los domicilios particulares, las aplicaciones de escasa potencia son muy diversas en los aparatos electrodomésticos.

A modo de síntesis y como orientación práctica, la Tabla N° 8.02 permite conocer la relación entre la corriente de arranque y la nominal en motores comunes de corriente alterna trifásica de $3 \times 380/220$ V, como también la sección del conductor recomendable para alimentarlo tratándose de distancias cortas.

Puede observarse que esta tabla está preparada para los tipos más pequeños de motores (hasta 10 CV), que son los que suelen emplearse para accionamiento de bombas en edificios de propiedad horizontal.

8.05. MONTAJE

La forma de montar los motores es de fundamental importancia para su posterior funcionamiento. Los motores deben estar firmemente fijados a sus bases y la conexión eléctrica debe hacerse en consecuencia.

Los motores eléctricos y sus equipos asociados siempre producen vibraciones las cuales se transmiten a sus bases y a la conexión eléctrica, por lo que se deben adoptar las medidas del caso a los fines de evitar deterioros que luego se traducirán en una interrupción del servicio que presta el equipo.

Los acoples o empalmes con el mecanismo arrastrado convienen hacerlos con acoplamientos flexibles para subsanar las pequeñas imperfecciones de montaje.

En cuanto a su fijación a su base o estructura del equipo, si los motores son pequeños se fijan directamente sobre la superficie deseada, apoyados sobre tacos de goma o para reducir la vibración.

Los motores de mayores potencias se fijan sobre bases de hormigón, utilizándose dispositivos antivibratorios, los cuales se fabrican especialmente.

En cuanto a los cables de la conexión eléctrica, los mismos en general llegan hasta la proximidad de la caja de conexiones del motor mediante caños rígidos, para el último tramos (aproximadamente 300 mm según el caso) se utiliza caño de acero flexible a los fines de que el motor no le transmita vibraciones a la cañería, evitando también, que el roce de los bordes de los elementos metálicos deteriore el aislamiento de los cables.

Aunque sea reiterativo es necesario recordar que la carcasa del motor debe estar firmemente conectada al sistema de puesta a tierra asegurándose que haya un efectivo contacto del metal de esta con el terminal del cable, para lo cual de ser necesario debe quitarse la pintura en caso de que no traiga un tornillo para tales efectos.

8.06. CONTROL Y PROTECCIÓN DE LOS MOTORES

Introducción

Para que los motores eléctricos puedan cumplir con las exigencias que le imponen los equipos o elemento mecánicos que llevan acoplados se los debe conectar, controlar y proteger, para ello son necesarios elementos y materiales adecuados.

El primer elemento, es el tablero, el cual estará alimentado por una canalización desde la fuente de la energía eléctrica. El tablero se compone de un gabinete (metálico o de plástico) que contiene a los elementos de maniobra (interruptores y contactores) de protección del motor (fusibles o relés termomagnéticos), de protección de las personas (interruptores diferenciales), así como borneras y luces de señalización (ojos de buey).

Los otros elementos importantes son los cables. Los mismos pueden ser, los de la alimentación al tablero, la alimentación del o de los motores, de los sensores que pueda tener el equipo (flotantes, límites de carrera, etc.).

La cañería o elementos que se utilicen para alojar a los cables también son importantes ya que deberá estar acorde con el ambiente en los cuales se fijan.

Todos estos elementos tendrán las dimensiones acordes a la cantidad de motores y a la potencia de los mismos y es por ello que las for-

mas constructivas serán distintas y de hecho adquirirán también magnitud en función de la importancia de la función que presta los equipos que accionan. Con respecto a esto últimas, las medidas de protección no solo están asociadas con la potencia sino con la función que presta el equipo accionado, o sea, que puede haber equipos pequeños que cumplen roles de suma importancia y por ende necesita un sistema de protección o de control más sofisticado o más seguro que otros de mayor importancia en cuanto a su potencia.

Tableros

El gabinete del tablero debe alojar a los distintos componentes del sistema de comando, control y protección del motor. Es así como vamos encontrar el que se utiliza para un solo motor y los que se usan cuando se tienen varios.

Las Figuras N° 8.09 y 8.10 muestran los circuitos destinados a motores monofásico en la primera y para trifásicos en la segunda.

Al tener el o los circuitos, tenemos los elementos que irán en el tablero. Como se trata de un solo motor la cuestión es más o menos simple.

Cuando se trata de varios motores el gabinete será más grande y se hacen modulares como el mostrado en la Figura N° 8.11. Los distintos módulos pueden ser fijos o extraíbles, o sea que todos los elementos necesarios para comandar, controlar y proteger el motor se montan en lo que se denomina **bandeja** y la misma está **enchufada** en el gabinete mediante apropiados dispositivos.

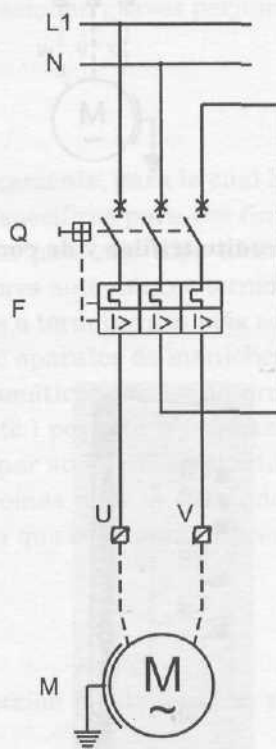


Figura N° 8.09
Esquema de protección
y comando de un motor
monofásico

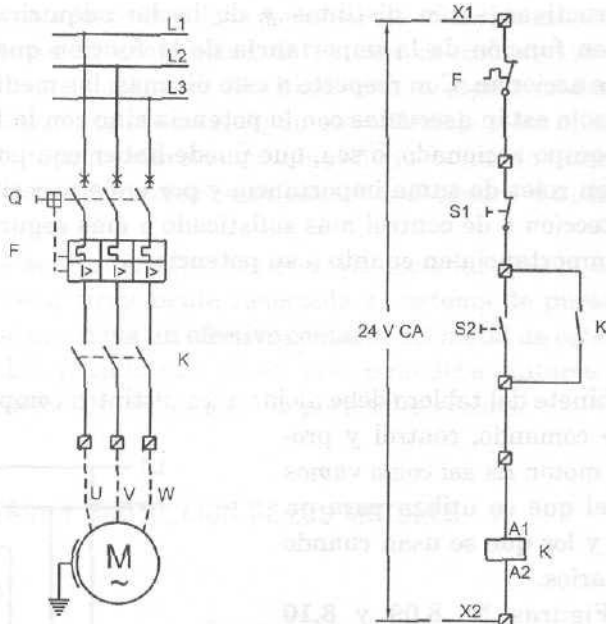


Figura N° 8.10

Circuito trifilar y de control de un motor asincrónico trifásico

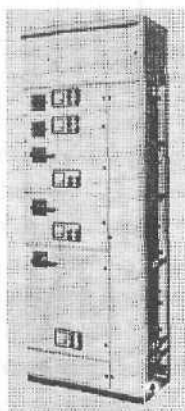


Figura N° 8.11
Tablero modular
para control de motores

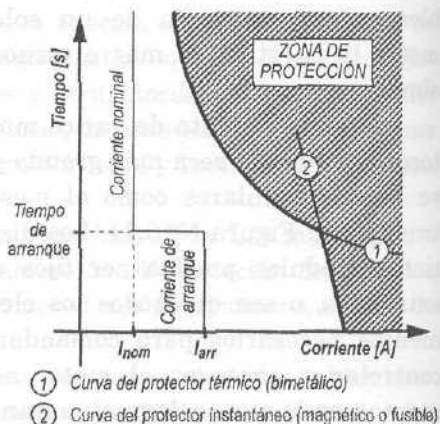


Figura N° 8.12
Zona de protección de un sistema
magnético y térmico

La maniobra de extraer se hace luego de desconectar el motor de la red y de accionar apropiados **enclavamientos**.

En el frente del módulo o bandeja se pueden montar amperímetros, luces de señalización así como pulsadores.

Con este sistema disponiendo de uno o varios de estos módulos de reserva, en caso de averías u otro inconveniente, se saca de servicio la bandeja con problemas y se reemplaza por otra de reserva mientras se revisa o repara la extraída. Este tipo de instalación otorga una gran continuidad del servicio, ya que los motores pueden continuar operando con la mínima pérdida de tiempo en una breve detención para efectuar el cambio de bandeja.

Es un método empleado en muchas industrias, particularmente en aquellas que las detenciones de motores ocasionan graves perjuicios a la producción.

Protección

Los motores deben protegerse eléctricamente, para lo cual hay que proveerlos de los elementos adecuados y específicos para ese fin.

Los fusibles especialmente contruidos para ello (tipo aM) son los protectores más simples, pero los interruptores automáticos termomagnéticos (guarda-motores) y los relés específicos o térmicos son más seguros.

La utilización de los distintos tipos de aparatos de maniobras (contactores, interruptores, interruptores automáticos, etc.) y de protección disponibles (fusibles, relés automáticos, etc.) permite la realización de distintos esquemas de comando y control par su funcionamiento.

La utilización de determinados esquemas para el comando y control está de acuerdo también a la forma en que se necesite hacer trabajar al motor.

Fusibles

La capacidad de los fusibles de protección puede tomarse según el siguiente criterio:

- Motores trifásicos con rotor bobinado: $1,5 \leftrightarrow I_N$ (8.08)
- Motores trifásicos rotor jaula o monofásicos: $3,0 \leftrightarrow I_N$ (8.09)

En donde I_N = corriente nominal del motor.

Relés o protectores

En el Capítulo N° 3 hemos visto la forma de comportarse, en general de los elementos de protección y en la Figura N° 3.21 reunimos los tres tipos principales. Si en la Figura N° 8.12 dibujamos reunidas las curvas del motor y de los protectores, encontramos la justificación de su empleo. Un protector magnético accionaría en el arranque, si se elige por debajo de la corriente de arranque antes citada, pero sería insuficiente para proteger adecuadamente en marcha, donde la corriente es sensiblemente menor. Por ello es que se emplean las protecciones combinadas, generalmente los protectores termomagnéticos, como el de las Figuras N° 8.09 y 8.10.

La parte magnética actúa en caso de cortocircuito, mientras que la parte térmica (bimetálica) acciona en caso de una sobrecarga poco pronunciada pero de larga duración, siendo en cambio insensible a una elevación pasajera de la corriente. En las Figuras N° 8.09 y 8.10 podemos apreciar que el protector magnético agregado al protector bimetálico, determinan una zona de protección, concepto que ya se citó en la Figura N° 3.13, de forma particular, que envuelve por así decirlo, a la curva del motor en forma tal que nunca se intercepta (lo que implicaría funcionamiento de la protección), pero si la acompaña en la forma mejor posible.

8.07. CIRCUITO DE COMANDO

En la Figura N° 8.10 se muestra un esquema de conexión de un motor trifásico **M** mediante la utilización de un interruptor automático tipo guarda motor **Q** con protección electromagnética **F**, contactor **K**.

Los contactos principales del guarda motor **Q** están normalmente abiertos. Cuando oprimimos el botón de arranque **S2** de la botonera, se cierra el circuito auxiliar que alimenta la bobina del contactor **K** de enganche, la que atrae su núcleo y cierra los contactos principales lo cual hace poner en marcha el motor. El contacto auxiliar **K** mantiene cerrado el circuito auxiliar cuando se dejó de pulsar **S**.

Si se oprime el botón de parada **S1** se abre este circuito y sueltan los contactos del contactor abriendo el circuito, con lo cual se detiene el motor.

Igual operación hace el guarda motor **Q**, sea por que hubo un cortocircuito y actuó la parte magnética o por que hubo una sobrecarga y actuó el térmico, abriendo el contacto normal cerrado **F** del circuito

La tensión de control proviene de un transformador de control con relación 380/24 V.

Si la tensión de la red falta, el circuito auxiliar no puede retener los contactos principales cerrados. Se observa que este tipo de comando es a distancia mediante el empleo de una botonera, pero esta última también puede instalarse en la misma caja donde están los elementos descriptos.

8.08. APLICACIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS

Tal como lo decíamos al inicio del capítulo, la utilización de los motores eléctricos es la conlleva al mayor consumo de la energía eléctrica que se produce. A través de los mismos se puede llevar a cabo la producción de elementos y también la utilización de distintos tipos de dispositivos en la vida cotidiana de los seres humanos. A continuación, veremos los distintos elementos que se acoplan a los motores eléctricos así como también los requerimientos que le imponen a estos y las formas de controlarlos y protegerlos.

Compresores

Los compresores de aire también son llamados moto-compresores de aire, identificando con este nombre al conjunto del motor y del compresor propiamente dicho.

Usos

Es un equipo que se ha ido incorporando a la vida cotidiana de modo que es posible encontrarlos cumpliendo funciones tales como alimentador de cilindros neumáticos para el cierre y apertura de portones, aerografía, aplicaciones artísticas en pequeña escala y usos en centros de atención médica como hospitales y sanatorios.

Se fabrican dentro de un rango de presiones y caudal muy grande, de modo que desde el punto de vista eléctrico los encontramos compresores impulsados con pequeños motores monofásicos hasta grandes motores trifásicos asincrónicos.

En estos equipos podemos distinguir tres partes fundamentales a saber: motor, compresor y un tanque pulmón que será el encargado de almacenar el aire que se comprime.

- Motor eléctrico
- Compresor propiamente dicho, toma el aire ambiente y luego de filtrarlo lo comprime a una presión preestablecida.
- El tanque pulmón: encargado de almacenar el aire que se comprime para que esté disponible.

Funcionamiento

El motor eléctrico impulsa al compresor cuyo pistón comprime el aire que luego es acumulado en el pulmón. Un barómetro indica la presión del aire de este último. El control de la presión en el tanque se realiza mediante un **presóstato** con contactos para el circuito eléctrico. Este último es usado para el arranque y parada del compresor en los casos en que la presión del disminuya por debajo de un valor preestablecido o llegue al límite superior, respectivamente.

Características

Las características constructivas están dadas por el caudal y la presión del aire a comprimir, lo cual a su vez determina la potencia del motor que lo impulsa.

La siguiente tabla reúne algunos datos de distintos fabricantes.

Tabla N° 8.05.

CARACTERÍSTICAS DE PEQUEÑOS COMPRESORES

PRESIÓN MÁXIMA [kg/cm²]	POTENCIA [CV]	CAPACIDAD DEL TANQUE [litros]
8,4	fi	60
8,4	1 fi	90
8,4	1	130

Bombas

Introducción

Una bomba es una máquina destinada a impulsar un fluido en un sentido determinado. Las mismas deben ser provistas de otra máquina

que le suministre la energía mecánica necesaria para poder cumplir con esa función.

Constructivamente existen distintos tipos de acuerdo a las características funcionales de las mismas, impuestas también por el fluido que se trate.

Fundamentalmente se impulsan mediante el empleo de motores eléctricos aunque existen otros medios (motores de combustión interna, turbinas de vapor, etc.).

Con respecto a los fluidos diremos que solo nos ocuparemos de las destinadas al agua y con respecto al tipo constructivo de las bombas, a las del tipo centrífuga.

Utilización

Tratándose de bombas centrífugas destinadas a impulsar agua destinada a las viviendas, podemos reconocer los siguientes destinos:

- Elevar agua en los edificios de propiedad horizontal.
- Tomar agua de la red pública para hacerla llegar a las viviendas.
- Para piscinas.
- Para desagotar.
- Extracción de agua desde las napas subterráneas.

Bombas elevadoras

Las **bombas elevadoras de agua** son accionadas por motores eléctricos, y constituyen una importante instalación en los edificios. Se colocan en número de dos para funcionar alternativamente según se desee, y toman agua del tanque de bombeo o cisterna situado en el sótano, llevándola al tanque elevado de las azoteas. La capacidad de dicho tanque se estipula en unos 800 litros por cada departamento de no más de 200 metros cuadrados de superficie, y se debe llenar en 2 a 4 horas.

Los inmuebles que tengan todos sus locales ubicados en la planta baja, podrán tomar directamente de la red distribuidora, pero los restantes, necesitan sistema elevador, y un tanque de reserva con capacidad para 24 horas de consumo. El consumo diario es un dato estadístico dependiente de diversos factores. Para la ciudad de Buenos Aires se toma 0,6 a 0,9 m³ por unidad chica, y de 1,0 a 1,5 m³ por unidad grande, considerándose éstos, como valores altos.

En la Figura N° 8.13 mostramos un grupo motobomba. La capacidad de reserva se adopta entre:

$$0,85 \text{ m}^3 \text{ hasta } 1,2 \text{ m}^3 \text{ por unidad por vivienda} \quad (8.10)$$

Si N es el número de unidades de vivienda, deberá tomarse:

$$0,85 N \text{ (m}^3\text{) hasta } 1,2 N \text{ (m}^3\text{)} \quad (8.11)$$

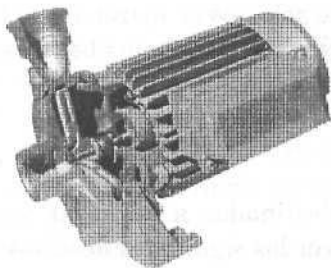


Figura N° 8.13
Bomba centrífuga acoplada
directamente al motor
eléctrico.

Para la reserva, la que deberá distribuirse entre el tanque elevado y el tanque de bombeo.

La capacidad del sistema electromecánico (grupo motor-bomba) elevador de agua, deberá ser tal que sea posible elevar un volumen equivalente a la reserva en un tiempo no mayor de cuatro horas. Por lo tanto, el caudal de agua será:

$$Q = \frac{V}{4} = \frac{0,85 N \text{ (m}^3\text{) hasta } 1,2 \text{ (m}^3\text{)}}{4} \quad [\text{m}^3/\text{hora}] \quad (8.12)$$

Conocido por alguno de estos métodos el caudal de agua a elevar, pasaremos a estudiar la altura manométrica H .

Se conoce la altura de elevación, o altura estática, llamada geodésica, entre el tanque de bombeo y el elevado, que llamaremos h , y como habrá inevitables pérdidas por rozamientos y otras pérdidas de carga en las tuberías, debe sumarse un término h_p para obtener la **altura real de elevación**.

La altura H denominada manométrica es entonces la suma de la altura estática h más la altura de las pérdidas h_p . La potencia del motor necesario para accionar la bomba se calcula con:

$$H = h + h_p \quad (8.13)$$

$$N = \frac{Q \times H \times 1000}{3600 \times 75 \times R} = \frac{\text{m}^3/\text{hora} \times \text{metros} \times 1000}{3600 \times 75 \times \text{rendimiento}} \quad [\text{CV}] \quad (8.14)$$

El número R , rendimiento de la bomba se toma:

$$\text{Bombas de émbolo} \dots\dots\dots 0,80 \text{ a } 0,90 \quad (8.15)$$

$$\text{Bombas centrífugas} \dots\dots\dots 0,40 \text{ a } 0,85 \quad (8.16)$$

La altura estática h se determina con los planos del edificio, y la altura de pérdidas de carga h_p puede calcularse con el siguiente criterio. Según el manual Dubbel, tomo I, es:

$$h_p = \frac{f \times w^2 \times D}{d \times 2 \times g} \times L = J \times L \quad (8.17)$$

$$w = \frac{Q}{\pi \times d^2 \times \frac{4}{4}} \quad (8.18)$$

$$f = 0,02 - \frac{0,002}{\sqrt{d \times w}} \quad (8.19)$$

Donde:

- w velocidad del agua en el caño, en metros / segundo, que puede adoptarse 2 m / s
- Q caudal en metros cúbicos / segundo = metros cúbicos / hora / 3.600
- d densidad del fluido en kilogramos / metro cúbico = 1 (agua)
- g aceleración de la gravedad = 9,81 metro / segundo²
- L longitud total de la cañería en metros

En donde:

- f coeficiente de frotamiento

El coeficiente de frotamiento f según los manuales de la especialidad se calcula según la expresión 8.17 y tiene en cuenta la velocidad del fluido y su densidad. Cuando no se trate de agua que recurrir a la bibliografía especializada.

El número J involucra todas las constantes, y es un número que está expresado en metro / metro. Lógicamente, el resultado da en metros de pérdida de altura por los frotamientos.

Para cálculos simplificados, se toma la altura estática h y se obtiene la altura manométrica por medio de:

$$H = 1,3 h \quad (8.20)$$

La cañería comprenderá también llaves y codos, los que ocasionan una pérdida adicional que puede tenerse en cuenta, aumentando en un 20 % el valor de J .

La elección del caño más adecuado se hace mediante el criterio de la Tabla N° 8.5.

En la Figura N° 8.14 se muestra el circuito típico de un sistema de agua de un edificio de propiedad horizontal.

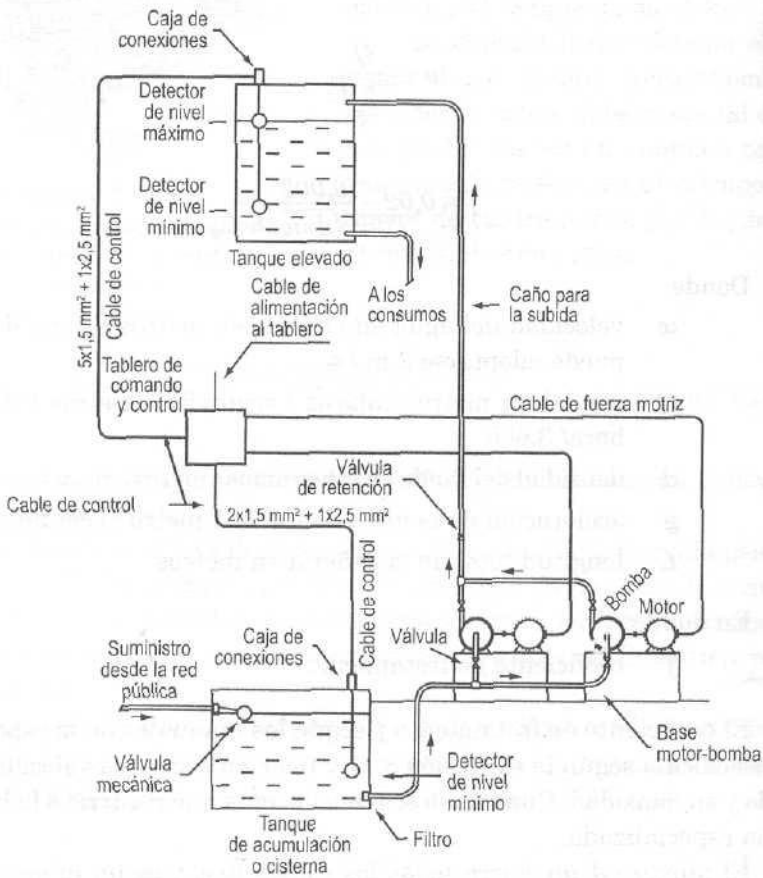


Figura N° 8.14

Esquema de un sistema de agua potable para un inmueble colectivo

Con 1 se señala la llave general protectora, con 2 el interruptor, 3 el tanque elevado, 4 el flotante, 5 el contactor para mando a distancia, y 6 el conmutador. Cuando el nivel sube, el flotante acciona la llave 2 y corta la alimentación, e inversamente, cuando el nivel baja, se cierra el 2 y pone en marcha la bomba. El funcionamiento del interruptor del tanque de bombeo es inverso: está cerrado a tanque lleno, y abre cuando está casi vacío. Ambos interruptores de tanque están en serie y pertenecen al circuito auxiliar de la bobina de enganche. El conmutador 6 permite usar uno u otro motor según se desee. Los interruptores con flotante suelen encontrarse en modelos hasta 25 A. Se emplea el doble comando, un flotante en el tanque inferior de bombeo, y otro en el superior, de tal manera que se asegura el cebado de la bomba. El interruptor con flotante comanda el circuito auxiliar de una llave magnética.

Bombas de agua para uso en inmuebles

El tipo de bombas de agua por excelencia para aplicaciones en inmuebles es la bomba centrífuga, en ellas podemos distinguir las siguientes partes.

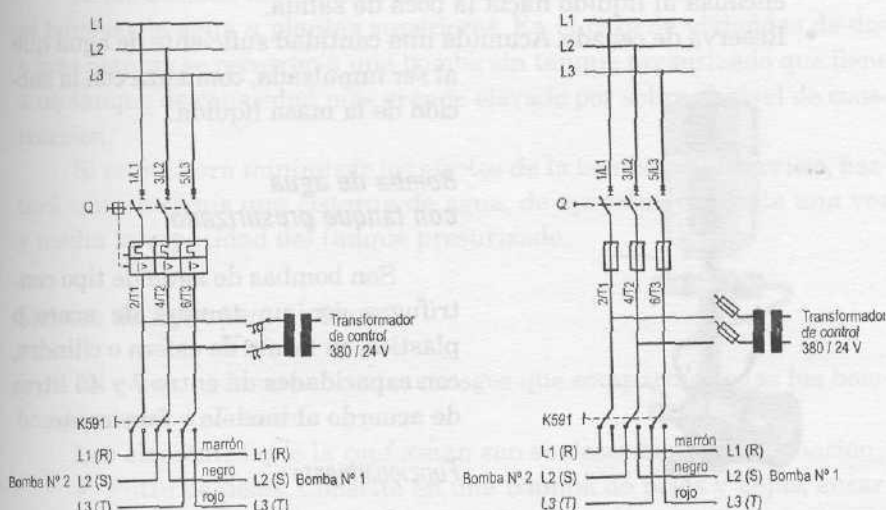


Figura N° 8.15
Circuitos de fuerza motriz para dos bombas

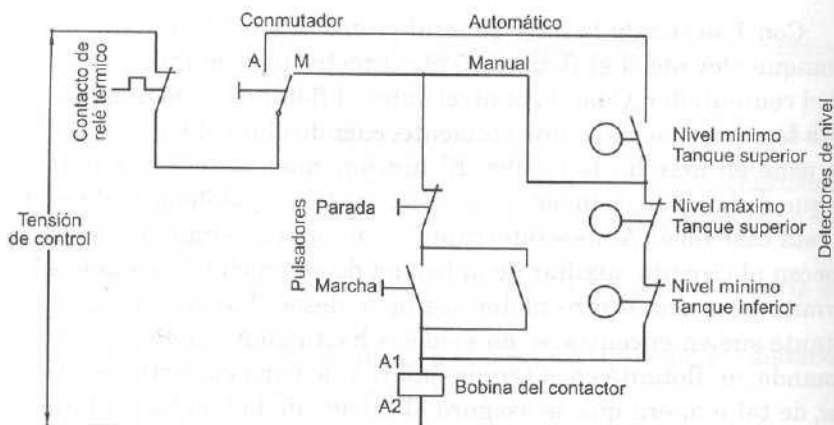


Figura N° 8.16
Circuito de control de dos bombas

- Impulsor (rodete, rotor o turbina) impulsa al agua desde la boca central hacia la periferia, el agua al desplazarse, genera un vacío que origina la succión del líquido. El cuerpo de la bomba encausa al líquido hacia la boca de salida.
- Reserva de cebado. Acumula una cantidad suficiente de agua que al ser impulsada, comienza con la succión de la masa líquida.



Figura N° 8.17
Bomba con tanque presurizado

Bomba de agua con tanque presurizado

Son bombas de agua de tipo centrífugas con un tanque de acero o plástico, en forma de esfera o cilindro, con capacidades de entre 7 y 45 litros de acuerdo al modelo y fabricante.

Funcionamiento

La bomba carga al tanque que posee un diafragma de goma, sobre el cual hay aire a una presión superior

a la atmosférica, el tanque es cargado y desde él, se alimenta a la cañería del inmueble, manteniendo una presión adecuada de agua en las cañerías.

La bomba sólo trabajará cuando el nivel de agua y presión del tanque hayan caído por debajo del nivel pre-establecido.

Como el tanque que debe llenar es de una capacidad reducida trabajarán más veces al día durante ciclos muy cortos, en comparación con bombas que deben alimentar tanques de agua en altura.

El tanque sirve de depósito de agua, de manera que la bomba no tenga que trabajar cada vez que se abre un grifo.

Ámbito de aplicación

Estas bombas son aplicadas para la presurización directa de cañerías de viviendas en barrios privados residenciales (country) o en casas de fin de semana alejadas de la ciudad, donde la presión del agua provista por la compañía del servicio puede ser baja o fluctuante de acuerdo a la estación del año.

Las bombas usadas para este sistema de bombeo pueden poseer motores trifásicos o monofásicos, siendo el modelo más difundido el de bomba monofásica con una potencia de *fi CV*.

Estas bombas no son indicadas para el llenado de tanques elevados ni bombeo de agua a plantas superiores. En el caso de viviendas de dos o más plantas se recurren a una bomba sin tanque presurizado que llene a un tanque de capacidad más grande elevado por sobre el nivel de construcción.

Si se quisiera minimizar los efectos de la bomba en el servicio, bastará con construir una cisterna de agua, de aproximadamente una vez y media la capacidad del tanque presurizado.

Sistema de agua para piscinas

En estos, podemos encontrar rasgos que comparten todas las bombas para esta aplicación.

Los elementos que la conforman son se describen a continuación.

- Filtro de pelos. Consiste en una trampa de pelos y hojas, encargada de retener elementos sólidos, esta trampa de pelos posee una tapa transparente para visualizar el estado de saturación de la misma.

- Extremo líquido Se llama así a todas las partes de la bomba que entra en contacto con el agua, estas partes son, en todos los casos, de plástico. Este es un requisito con base legal ya que estos equipos son considerados artículos del hogar, y deben asegurar la seguridad de las personas.
- El motor. Debe ser blindado con protección mecánica de tipo IP 44, y debe contar con la puesta a tierra en todos los casos.

Las potencias y características técnicas más comunes se resumen en la siguiente tabla.

TABLA N° 8.06.
CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS

POTENCIA [CV]	CAUDAL IMPULSADO [m ³ /h]
0,5	12
0,75	16
1	18

Bombas para desagote

Existen dos tipos de bombas para desagote: las portátiles y la fija.

Bombas de desagote portátiles

Se utilizan para desagotar pozos u hondonadas en las cuales no es habitual que haya agua, como puede ser el caso de que durante la realización de una obra se produzca una lluvia.

Son equipos que trabajan sumergidas en el agua, se las baja mediante cables de acero o cadenas que acompañan el cable de la alimentación.

Están diseñadas y se emplean en casos de emergencias.

Bombas de desagote fijas

Son pequeñas bombas centrifugas destinadas a lugares en que se presume que se puede producir alguna pérdida de agua que pueda poner en peligro alguna instalación.

Su uso más extendido son los sótanos de los edificios en donde esta el tanque de bombeo y las bombas de impulsión al tanque elevado.

Bombas de pozo profundo

Están destinadas a la extracción de agua desde las napas subterráneas. Se ejecuta una perforación hasta la napa de agua potable y luego se sumerge la bomba en ella.

Mediante un cable que llega a la superficie se la conecta a su respectivo tablero. Utilizan motores trifásicos asincrónicos.

Ascensores

Introducción

Si bien no es objeto de este texto la técnica de los ascensores, es necesario señalar al lector que existen dos tipos de impulsión para los coches o cabinas de los ascensores.

El primero y más antiguo que podríamos denominar como "eléctrico", utilizan: motor eléctrico, reductor, poleas y cables de acero.

El segundo tipo en cambio utilizan para impulsar el coche o cabina cilindros hidráulicos, comúnmente se los denomina "hidráulicos".

La conveniencia de la utilización de cada uno de estos tipos deberá hacerse mediante la bibliografía especializada, recordamos que aquí solo se tratarán los aspectos eléctricos de los ascensores en general.

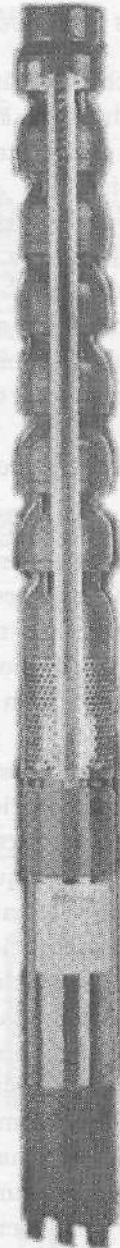


Figura N° 8.18
Bomba de pozo profundo

Ascensores hidráulicos

El coche o cabina de este tipo de ascensores es impulsada por un cilindro hidráulico. En realidad se hace mediante un aceite especial que se impulsa mediante apropiadas bombas en el interior de un dispositivo telescópico.

En consecuencia desde el punto de vista eléctrico lo que se alimenta es el sistema de bombas que constituye una unidad denominada "central hidráulica".

El control del sistema en general (puertas, paradas, etc.) se hace mediante un sistema eléctrico que puede ser tradicional (límites y contactores auxiliares) o bien electrónico (sensores y computadora)

Ascensores eléctricos

En la Figura N° 8.19 mostramos el esquema de conjunto de una instalación de ascensor, para una vivienda común de pocos pisos. Se observa que es necesario llevar una línea de alimentación desde el local de servicios generales hasta el lugar en que está la sala de máquinas del ascensor, por lo regular, en la parte alta del edificio, generalmente la terraza en donde se construye un recinto especialmente preparado.

Los Municipios cuentan con ordenanzas que establecen las condiciones o características constructivas que deben reunir los principales elementos de un ascensor, a efectos de su correcto diseño. También establecen la forma en que se debe realizar el mantenimiento de los mismos.

El técnico encargado de la instalación eléctrica debe proyectar las líneas de alimentación, que son de su incumbencia. El resto, es técnica constructiva y mecánica.

En la actualidad, los ascensores son accionados por cuatro tipos de motores: un simple motor asincrónico trifásico con rotor en cortocircuito; un motor asincrónico trifásico con doble bobinado para dos velocidades; un sistema compuesto por motores de corriente continua accionados por un sistema electrónico de potencia, con diodos controlados (tiristores); o bien motores asincrónicos trifásicos alimentados con un sistema de frecuencia y tensión variable.

En la importante obra "Instalaciones eléctricas", Tomo II, de G. G. Seip, publicado por Siemens, se puede encontrar documentación interesante que se recomienda consultar para mejor información.

ESQUEMA DE INSTALACION DE UN ASCENSOR SIMPLE

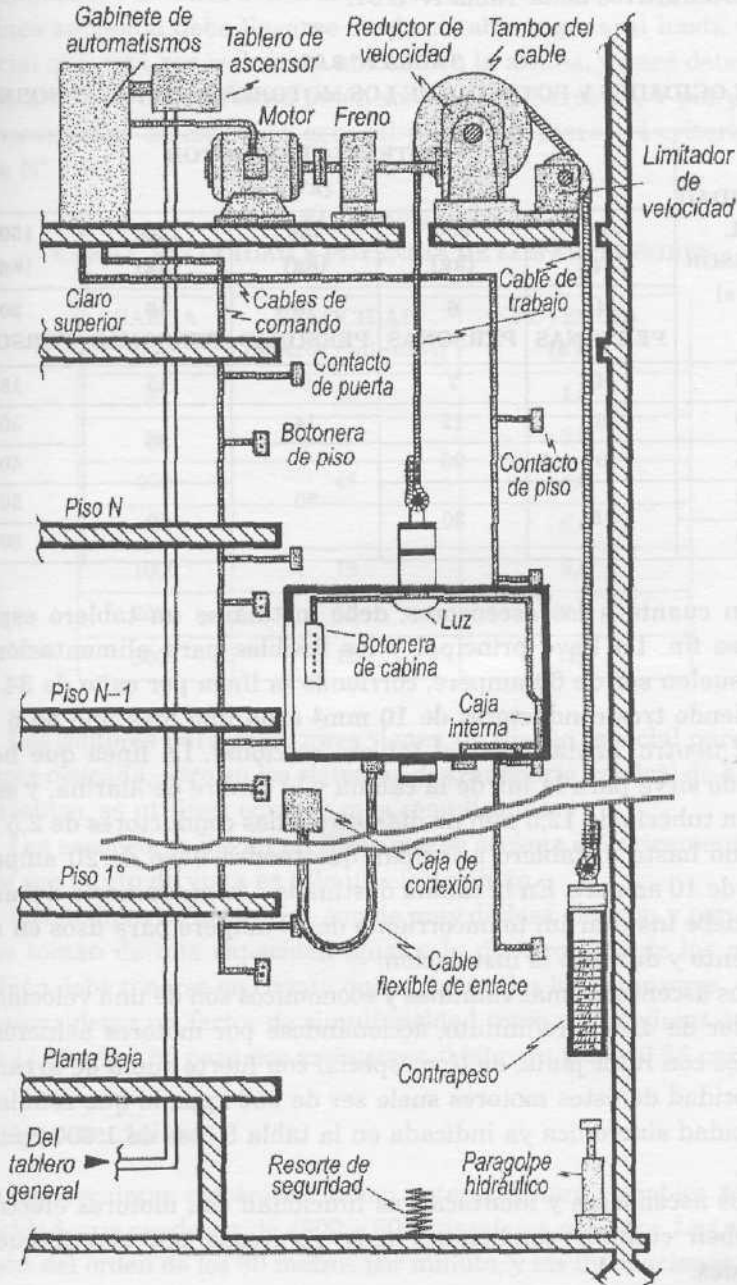


Figura N° 8.19
Esquema de la instalación de un ascensor simple

De esa misma obra, resumimos alguna otra información, como los datos orientativos de la Tabla N° 8.07.

TABLA N° 8.07.
VELOCIDADES Y POTENCIA DE LOS MOTORES PARA ASCENSORES

VELOCIDAD DEL ASCENSOR [m / s]	POTENCIA DEL MOTOR [kW]				
	300 [kg]	600 [kg]	750 [kg]	1200 [kg]	1500 [kg]
	4 PERSONAS	6 PERSONAS	10 PERSONAS	16 PERSONAS	20 PERSONAS
0,6	4	7	9	15	18
1,0	6	12	14	30	30
1,5	9	20	30		50
1,8	15	30		50	
2,0					60

En cuanto a los ascensores, debe instalarse un tablero especial para ese fin. La llave principal y los fusibles para alimentación del motor suelen ser de 60 ampere, corriendo la línea por caño de 34 mm, conteniendo tres conductores de 10 mm² cada uno más uno de 6 mm² para el neutro, hasta llegar al tablero seccional. La línea que hemos explicado sirve para la luz de la cabina y el timbre de alarma, y se ejecuta con tubería de 12,5 mm de diámetro y dos conductores de 2,5 mm² cada uno hasta el tablero principal, que tendrá llave de 20 ampere y fusible de 10 ampere. En la cabina destinada a la maquinaria del ascensor, se debe instalar un tomacorriente de 10 ampere para usos en mantenimiento y durante la instalación.

Los ascensores más comunes y económicos son de una velocidad de alrededor de 45 metro/minuto, accionándose por motores asincrónicos trifásicos con rotor jaula, de tipo especial con fuerte cupla de arranque. La velocidad de estos motores suele ser de 950 rpm, lo que señala que la velocidad sincrónica ya indicada en la tabla 8.3 es de 1.000 rpm con 6 polos.

Los ascensores y montacargas funcionan con motores eléctricos, que deben cumplir condiciones muy rigurosas por sus frecuentes arranques.

Para el instalador, el ascensor es un problema de potencia, ya que la instalación y detalles deben estar a cargo de empresas especializadas. La línea seccional debe llevarse desde el tablero general hasta el local especial que está generalmente ubicado en la azotea, y para determinar su sección debe conocerse su potencia. Suele tomarse 2 CV por persona en mecanismos chicos, y en general puede adoptarse el criterio de la Tabla N° 8.08.

TABLA N° 8.08.

CARGA, VELOCIDAD Y POTENCIA DE LOS ASCENSORES

CARGA [kg]	VELOCIDAD [metros / minutos]	POTENCIA [kW]
30	30	1,5
50		2,0
200	48	4,0
400		6,0
1000	18	8,0
2000	15	9,0
3000	12	12,0

Los motores para ascensores tienen un diseño especial para lograr la cupla deseada, pero en los sistemas de transporte vertical de alta calidad técnica, se utilizan equipos más complicados.

Los ascensores llevan un freno que se acciona eléctricamente y que desde ese punto de vista es solo un electroimán.

Los fusibles de protección son de muy dudosa elección y por lo general se toman de una capacidad igual a la de arranque de los motores. También debe tenerse en cuenta que si son varios los ascensores, es necesario considerar un factor de simultaneidad como el que vimos en la fórmula (7.08) de 0,85 para dos ascensores, 0,80 para tres y 0,85 para cinco.

Escaleras mecánicas

Las escaleras mecánicas toman potencias muy variables según su capacidad, que puede ser de 4000 a 8000 pasajeros por hora. Las velocidades son del orden de los 30 metros por minuto, y las inclinaciones de 30°.

Ventilación y refrigeración

Introducción

Los equipos de ventilación y refrigeración también escapan al Instalador como sistema técnico, ya que solo debe conocer la potencia del motor que los especialistas decidan colocar.

Las instalaciones centrales de refrigeración se ubican en los sótanos o en determinados pisos, y hasta allí debe llegar la línea de alimentación.

El compresor es a émbolo en los equipos pequeños y requiere un motor de cupla de arranque elevada.

En corriente alternada los motores más apropiados son los de doble y triple jaula rotórica y los bobinados.

Las potencias de los pequeños refrigeradores domésticos suelen ser del orden indicado en la Tabla 8.9.

TABLA N° 8.09.
CARACTERÍSTICAS DE LOS REFRIGERADORES DOMÉSTICOS

CAPACIDAD [dm³]	50	100	150	200	300
POTENCIA DEL MOTOR [W]	70	110	140	180	200

Estos refrigeradores funcionan de 6 a 8 horas diarias. En las instalaciones centrales se acostumbra a tomar una capacidad de 30 a 60 dm³ por cada persona que habita la casa.

Sistemas de aire acondicionado

Los sistemas de aire acondicionado son otra instalación complementaria a la que hay que proveerle energía eléctrica. Tales mecanismos están destinados a crear una atmósfera de condiciones físicas que proporcionen el máximo bienestar a las personas. En algunos casos especiales para procesos industriales, pueden incluso modificarse las condiciones químicas. Toman el aire de los ambientes, lo filtran, lo secan o humedecen, según convenga, lo enfrían o calientan, y lo impulsan nuevamente a la sala. Los elementos básicos son el compresor de refrigeración y el ventilador de impulsión, habiendo asimismo bombas de circulación de agua y otros elementos auxiliares.

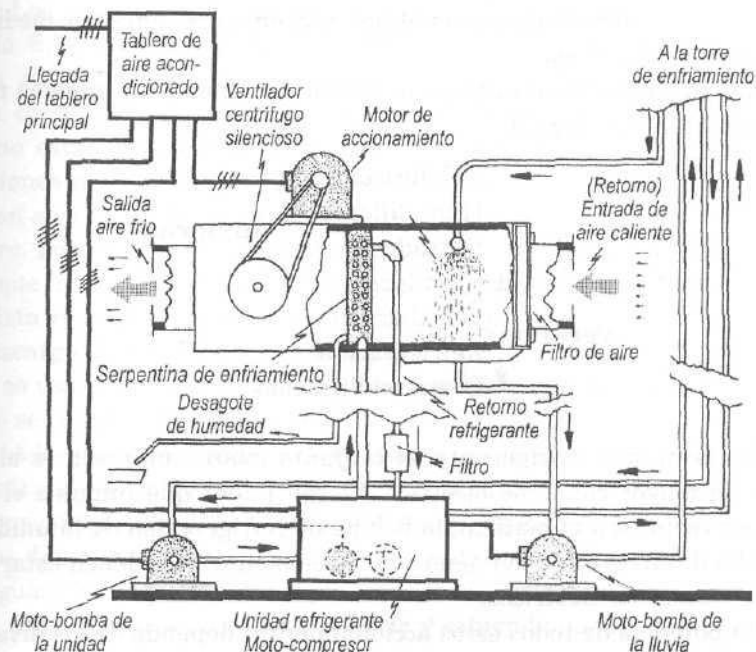


Figura N° 8.20
Esquema de un equipo de aire acondicionado central

En las pequeñas unidades para un solo ambiente, cuya potencia no sobrepasa de 2 CV no hacen falta estudios particulares. En las instalaciones de importancia requieren un estudio especial por personas experimentadas en la materia. La potencia solo puede proporcionarla esos especialistas, y depende de la índole de los locales y del clima en la región.

Las grandes instalaciones de aire acondicionado, para salas cinematográficas, supermercados, grandes edificios de oficinas, etc., tienen sistemas complejos.

En la Figura N° 8.20 mostramos una instalación típica y en la Figura N° 8.21 la torre de enfriamiento que

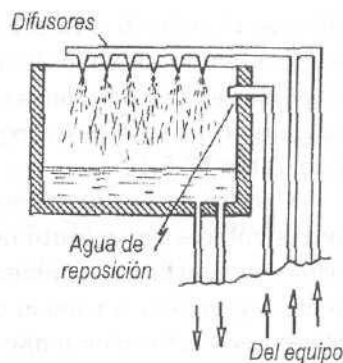


Figura N° 8.21
Esquema de una torre de enfriamiento

está en lugar adecuado y a la cual hay que enviarle agua por medio de un sistema de bombeo.

Las funciones de un equipo de aire acondicionado se pueden resumir en la siguiente forma:



En la unidad refrigerante, el conjunto moto-compresor, es el elemento de mayor consumo eléctrico. El ventilador que impulsa el aire hacia los recintos a climatizar, la bomba de refrigeración de la unidad y la bomba de circulación del agua son los elementos que deben estar provistos de motores eléctricos.

La potencia de todos estos accionamientos depende de las diversas condiciones de la instalación y su cálculo debe hacerlo un técnico en esa especialidad.

Ventilación

Otro aspecto de la fuerza motriz es la ventilación. El dato de partida es el volumen de aire a mover, y para ello se pueden seguir varios criterios. Uno de ellos es calcular la cantidad de calor a desalojar, y otro es el contenido máximo de anhídrido carbónico. Ambos caminos están detallados en publicaciones especializadas. Para proceder rápidamente, podemos utilizar valores experimentales cuyo resumen transcribimos en la Tabla N° 8.10.

Con los datos anteriores se conoce el caudal, que es la cantidad de metros cúbicos por minuto necesarios. Conviene aquí distinguir las dos formas de ventilar los ambientes: por extracción y por inyección. Actualmente hay mucha variedad de extractores reversibles. Para la primera solo es necesario seleccionar el extractor requerido, sobre la base de los caudales calculados, con ayuda de un catálogo comercial.

Los ventiladores pueden ser del tipo axial o radial, como se ilustra en el croquis de la Figura N° 8.22.

Los valores detallados en la Tabla 8.10 se refieren a extractores para corriente monofásica. Los hay para corriente trifásica. Estos aparatos no están preparados para vencer presiones a su salida, y simplemente toman aire de un ambiente y lo pasan a otro. Por ello los catálogos especifican que los valores dados en la pequeña lista resumen anterior, se refieren a descarga libre. El sistema a inyección se usa cuando se envía aire a un local a través de una tubería, que como se comprenderá tiene pérdidas por rozamiento.

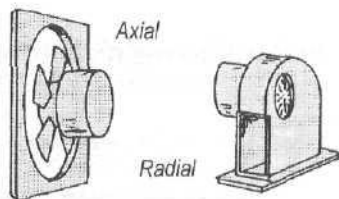


Figura N° 8.22
Electro ventiladores

A los efectos de poder determinar el diámetro necesario de la tubería para un determinado caudal, y las pérdidas de carga, la Tabla N° 8.11 nos proporciona, en función del caudal en metros cúbicos por minuto, los diámetros aconsejables y las pérdidas en milímetros de columna de agua por cada 100 metros de conducto.

Conociendo el largo de la tubería y sabiendo que las pérdidas de la tabla anterior son para 100 metros de la misma, se pueden calcular las pérdidas totales, y conociendo el caudal según los criterios anteriores, se determina la potencia del motor necesario.

$$N = \frac{Q \times H \times K}{R} = \frac{\text{metros}^3 \text{ minuto} \times \text{milímetro} \times 0,000215}{\text{rendimiento del ventilador}} \quad (8.21)$$

Siendo:

- N** potencia del motor de impulso, en CV
- R** rendimiento del ventilador. Se estima en 0,60 o menor
- Q** caudal de aire, en metros cúbicos por minuto
- H** presión de impulsión, en milímetros de columna de agua
- K** factor de conversión = 0,000215.

Para estas funciones pueden usarse los extractores antes mencionados, pero es preferible colocar ventiladores centrífugos, que se fabrican con caudales desde 20 a 900 metros cúbicos por minuto, y presiones de 3 a 120 *milímetros*.

TABLA N° 8.10.
RENOVACIONES DE AIRE SEGÚN LAS ACTIVIDADES Y LOS LOCALES

LOCAL	VOLUMEN DE AIRE POR PERSONA [m³/h]
Hospitales (según el ambiente)	60 a 150
Cines y teatros	60 a 90
Colegios	15 a 30
Laboratorios	50 a 80

LOCAL	RENOVACIONES POR HORA
Bibliotecas	4 a 7
Cocinas	12 a 16
Cuarto de baños	12 a 16
Comedores	6 a 10
Dormitorios	2 a 7
Negocios	6 a 12
Garajes	1 a 3
Oficinas	4 a 10
Salas de baile	6 a 10
Restaurantes y confiterías	10 a 16
Toilettes	10 a 16
Carpinterías	5 a 8
Establecimientos metalúrgicos	6 a 12
Fábricas de papel	6 a 10
Industria alimenticia	5 a 8
Fundiciones	5 a 10
Hilanderías	8 a 12
Laboratorios químicos	20 a 60
Laboratorios eléctricos y mecánicos	6 a 12
Lavaderos a vapor	22 a 35
Manufacturas de tabacos	12 a 30
Sala de máquinas	8 a 12
Tejedurías	6 a 10

TABLA N° 8.11.
VENTILACIÓN MÍNIMA REQUERIDA EN FUNCIÓN DEL NÚMERO
DE OCUPANTES SEGÚN LA LEY N° 19.587 DE HIGIENE Y SEGURIDAD
EN EL TRABAJO

VOLUMEN DEL LOCAL [m ³ / persona]	CAUDAL DE AIRE NECESARIO [m ³ por hora y por persona]	
	ACTIVIDAD SEDENTARIA	ACTIVIDAD MODERADA
3	43	65
6	29	43
9	21	31
12	15	23
15	12	18

Nota: estos valores corresponden a una persona.

TABLA N° 8.12.
VELOCIDAD, CAUDAL Y CONSUMO DE LOS VENTILADORES

VELOCIDAD [RPM]	CAUDAL [m ³ /h]	POTENCIA [W]
1.200	400	25
1.350	800	40
	1.900	80
1.400	3.800	200
	6.600	400
920	10.300	500

TABLA N° 8.13.
CAUDAL Y PÉRDIDAS DE LOS VENTILADORES

DIÁMETRO					
[mm]	102	150	203	254	305
[pulgadas]	4	6	8	10	12

TABLA N° 8.13. (continuación)

DIÁMETRO					
CAUDAL [m ³ /m]	3 - 9	3 - 25	6 - 55	11 - 115	15 - 170
PÉRDIDAS [%]	75 - 583	11 - 580	9 - 525	10 - 700	6 - 620

Otros consumos

Hay aplicaciones hogareñas que requieren motores pequeños que se conectan a la red común. Dichos aparatos toman muy poca potencia, y como guía damos los valores detallados en la Tabla N° 8.14. Como es lógico suponer, estos valores son aproximados.

Durante las obras de edificación, se instalan en forma provisoria o temporal distintos tipos de elementos. Por ejemplo, las máquinas para elaborar cemento de 200 litros, que consumen alrededor de 3 kW, y grúas de 1000 Kg que toman cerca de 5 kW. Las máquinas mezcladoras deben estimarse en un consumo eléctrico de 2 kW.

La RIEI determina con claridad la forma de ejecutar estas instalaciones provisionales para que ellas posean el grado de seguridad adecuado.

Con los datos recopilados en este capítulo, se tiene una guía para determinar la potencia que consumen diversos aparatos y sistemas.

Con estos datos resulta fácil dimensionar las líneas.

Si las distancias son cortas, se puede realizar directamente con la tabla de densidades admisibles, y si las mismas son largas se deberá considerar la caída de tensión que se pueda producir bajo carga en las líneas.

TABLA N° 8.14.
POTENCIA DE LOS ELECTRODOMÉSTICOS

APARATO	POTENCIA [W]
Acondicionador de aire tipo split. Frío solo. 4500 frigorías	
Unidad interior	60
Unidad exterior	1900
Acondicionador de aire tipo ventana. Frío solo. 3300 frigorías	1880
Acondicionador de aire tipo ventana. Frío solo. 1500 frigorías	1200

TABLA N° 8.14. (Continuación)

APARATO	POTENCIA [W]
Acondicionador de aire tipo ventana. Frío solo. 1800 frigorías	1320
Aspiradora	750
Cafetera	900
Calefón (12 l)	1200
Computadora	300
Cortadora de césped (3/4 CV)	550
Ducha	1200
Enceradora y lustradora	440
Equipo de audio con CD 60 W por canal	175
Estufa a cuarzo (dos velas)	1200
Estufa con circulador de aire	2500
Freezer (160 litros)	800
Freidora	2000
Heladera mediana con freezer	360
Heladera mediana sin freezer	200
Horno	1300
Horno microondas (calentando solamente)	800
Horno microondas (con bandeja doradora)	1200
Lavarropa automático	520
Lavarropa chico (5 kg)	240
Lavavajillas	1600
Licuada	200
Multi-procesadora	500
Plancha automática	1000
Plancha común	720
Secador de cabello con aire caliente	400
Seca-ropa	1600
Seca-ropa por centrifugado	240
Teléfono y fax	50

TABLA N° 8.14. (Continuación)

APARATO	POTENCIA [W]
Televisor a colores de 21"	84
Termo-tanque (60 l)	1500
Tostadora	520
Turbo-ventilador	100
Ventilador común (de pie)	90
Ventilador de techo	60
Video-grabadora	100

ILUMINACIÓN

ÍNDICE

9.01.	ACERCA DE LA ILUMINACIÓN Y LA ELECTRICIDAD
9.02.	NATURALEZA DE LA LUZ
9.03.	MAGNITUDES Y UNIDADES
9.04.	PARÁMETROS
9.05.	INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN
9.06.	SISTEMAS DE ILUMINACIÓN
9.07.	TECNOLOGÍA DE LA ILUMINACIÓN
9.08.	LUMINARIA
9.09.	LÁMPARAS
9.10.	EQUIPOS AUXILIARES Y ACCESORIOS DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN
9.11.	CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS
9.12.	ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA
9.13.	FIBRA ÓPTICA
9.14.	EL ALUMBRADO PÚBLICO
9.15.	OTROS TIPOS DE INSTALACIONES

9.01. ACERCA DE LA ILUMINACIÓN Y LA ELECTRICIDAD

La técnica de la iluminación es una verdadera especialidad dentro de la ingeniería eléctrica, y su interrelación la encontramos en los albores de la primera. La historia de la civilización muestra siempre al hombre tratando de superar los diversos escollos que la naturaleza le imponía y le impone. Uno, era el hecho que luego de que se ocultaba el sol, el desarrollo de cualquier actividad se le hacía muy difícil y aún imposible en algunos casos. Es así como los sabios e inventores de ese entonces se

lanzaron a la búsqueda de un sistema de iluminación artificial que pudiera salvar el obstáculo que significaba la ausencia de la luz. Luego de los primeros trabajos al respecto llegaron a la conclusión de que la iluminación artificial debería provenir de la electricidad, cosa que efectivamente sucede, como que también esos aparatos de laboratorios dejaran de ser tales y tuvieran aplicaciones prácticas y por ende masivas.

Es allí donde comienza un camino interrelacionado entre la electricidad y la **luminotecnia**. La aplicación de los por ese entonces, modernos sistemas de iluminación no estaban ni están los actuales, exentos de las apreciaciones estéticas. De esta forma hoy en día podemos decir que todo lo que esta relacionado con la iluminación tiene dos grandes componentes: una, la luminotecnia propiamente dicha y la otra, la estética. También es necesario destacar que dentro de la electrotecnia dedicada a la luminotecnia, se cuenta con una gran participación de la electrónica, la cual ha permitido logros que de otra manera serían imposibles.

Es por ello y por tratarse de un libro dedicado a las instalaciones eléctricas en general que, los conceptos que se exponen a continuación, solo deben tomarse como una guía del tema. Para el caso de los cálculos, también se dan elementos que permitan tener una aproximación sin pretender la exactitud que resultaría de un proyecto luminotécnico ni las consideraciones estéticas que inevitablemente deben tenerse en cuenta.

Por lo tanto, lo que sigue es, suficiente para algunos casos simples en que el proyectista no está sometido a un alto grado de exigencia. Por ello, comenzamos por hacer algunas indicaciones generales de interés.

Es importante señalar que la continua evolución tanto sea de las lámparas, como de las luminarias y sus equipos auxiliares, hacen casi imposible un seguimiento más o menos cercano de las últimas apariciones en el mercado de estos productos.

Ello ocurre, entre otras cosas, porque se trata de lograr un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica y también nuevos productos con renovadas estéticas.

9.02. NATURALEZA DE LA LUZ

La luz es una manifestación de la energía en forma de *radiaciones electromagnéticas*, capaces de afectar el sentido de la vista. Entendiendo como *radiación* a la transmisión de la energía a través del espacio formando el conjunto de ellas el espectro electromagnético.

La luz está dentro de la gama de las radiaciones visibles, existiendo otras que no lo son (ultravioletas e infrarrojas). La luz del día es blanca, pero en realidad está compuesta por un conjunto de radiaciones electromagnéticas. Estas ondas se miden por sus longitudes y dado sus valores en luminotecnia se emplea el **nanometro** que es un submúltiplo del metro. Es decir, $1 \text{ nanómetro} = 10^{-9} \text{ metro}$. Se abrevia *nm*.

El ojo humano presenta distinta sensibilidad de acuerdo con las longitudes de onda.

9.03. MAGNITUDES Y UNIDADES

El estudio de la luminotecnia y los fenómenos físicos que participan en ella, así como los efectos producidos por estos, han dado origen a una serie de magnitudes y por ende unidades. Las principales se enumeran a continuación. Existen otras que se utilizan en estudios más avanzados.

Flujo luminoso F

Se denomina de esta manera a la energía radiante emitida por una fuente de luz que afecta la sensibilidad del ojo durante un segundo. Su unidad es el **lumen**, cuyo símbolo es **lm**.

Rendimiento luminoso

También denominado como eficacia luminosa, permite relacionar la potencia eléctrica consumida por una fuente de luz y el flujo luminoso emitido.

Es la relación entre los **lm** emitidos y los **watt** consumidos y por lo tanto es de fundamental importancia a la hora de decidir sobre la fuente de luz a emplear. Se expresa en **lm / watt**.

Cantidad de luz

Se denomina cantidad de luz o energía luminosa al flujo luminoso emitido en la unidad de tiempo. Se expresa en **lumen por hora**. La expresión que la cuantifica es:

$$Q = F \cdot t = [\text{lumen}] \leftrightarrow [\text{hora}] \quad (9.01)$$

Permite evaluar a las fuentes luminosas a lo largo de su vida útil.

Intensidad luminosa

Siempre está referida a una determinada dirección. Por lo que la intensidad luminosa de una fuente de luz en una dirección dada es igual a la relación que hay entre el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido cualquiera cuyo eje coincida con la dirección considerada y el valor de dicho ángulo expresado en **estereorradianes**.

La intensidad luminosa tiene como unidad a la **candela** y su símbolo es **cd**. Se utiliza para determinar la intensidad luminosa en una determinada dirección.

Iluminancia

Iluminancia o iluminación de una superficie es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su extensión. La unidad es el **lux**, y su símbolo **lx**. La expresión de esta magnitud es:

$$E = \frac{F}{S} \quad (9.02)$$

La iluminancia se utiliza para expresar el nivel de iluminación de un lugar (puesto de trabajo, campo de deportes, calles, etc.).

A los fines de poder determinar el nivel de iluminancia de un lugar se emplea un instrumento llamado **luxómetro**, el cual expresa en escalas adecuadas el nivel de iluminación directamente en **lux**.

Luminancia

La luminancia de una superficie en una dirección determinada, es la relación entre la intensidad luminosa en dicha dirección y la superficie aparente (superficie vista por el observador situado en la misma dirección). Su unidad es la **candela por metro cuadrado** que se denomina **nit**.

La luminancia puede ser *directa* o *indirecta*, correspondiendo la primera a las *fuentes de luz* y la segunda a los *objetos iluminados*. La importancia de esta magnitud está relacionada con el efecto llamado *deslumbramiento*.

9.04. PARÁMETROS

Los sistemas de iluminación, como cualquier otro sistema tiene características que le son propias, así como hemos visto anteriormente, tienen sus propias magnitudes, de la misma forma podemos decir que también existen parámetros asociados particulares. A continuación enumeraremos a los generales, existiendo otros muy particulares que podrán ser consultados llegado el caso.

Introducción

Los sistemas de iluminación, como cualquier otro sistema tienen características que le son propias, así como hemos visto anteriormente, tienen sus propias magnitudes y parámetros asociados. A continuación enumeramos a los principales.

Color de la luz

El ojo humano tiene límites en cuanto a la sensibilidad de las radiaciones electromagnéticas que le llegan, fuera de las cuales no percibe ninguna clase de radiación. Ese espectro que lo sensibiliza está comprendido en una zona que se ubica entre los 390 nm y los 790 nm . Pero dentro de esta zona, la percepción no es para todas las radiaciones iguales. La mayor sensibilidad esta dada para una longitud de onda de 555 nm .

Estas longitudes de onda se corresponden con los distintos colores que percibe el ojo humano, así en el extremo inferior 390 nm lo identifica como el *color violeta*, 555 nm como *verde-amarillo* y en el otro extremo, 790 nm como el *rojo*.

Temperatura color

Se utiliza para definir el color de una fuente de luz. Se expresa en **grados Kelvin**, siendo su símbolo $^{\circ}\text{K}$.

Vida útil

Es un parámetro que viene determinado por la cantidad de horas de funcionamiento, en los cuales su valor nominal decae hasta un valor previsto. Su importancia esta dada a la hora en que hay que definir el tipo de lámpara a emplear.

Corriente de conexión

Las lámparas, como cualquier otro tipo de consumo al ser conectada a la instalación eléctrica, para su funcionamiento se establece durante un brevísimo lapso de tiempo una corriente mayor que la nominal la cual se denomina *corriente de conexión*. También como en los otros consumos se la mide en veces la nominal. Por ejemplo: una determinada lámpara tiene una corriente de conexión de cinco veces la nominal.

Esta corriente de conexión se denomina comúnmente "*pico de corriente*".

Cada tipo de lámpara (incandescente, fluorescente, etc.) tiene su propia y determinada corriente de conexión. La importancia de esta magnitud está dada por el hecho que ese "*pico de corriente*" inicial puede hacer actuar la protección del circuito al cual están conectada, para lo cual tiene mucho que ver no solo el tipo sino también la cantidad que se quiere conectar a la vez.

Índice de reproducción cromática

Se utiliza para poder comparar las características del color de los distintos tipos de fuentes de luz, y se lo simboliza con las letras **Ra**. El valor máximo que puede adquirir es 100, con lo cual se tiene una reproducción del color excelente.

También se utiliza la clasificación de la norma DIN 5035. La misma se refiere a grados de reproducción del color, para lo cual utiliza una denominación alfanumérica: 1, 1a, 1b, etc.

Temperatura de funcionamiento

Las lámparas son elementos que transforman la energía eléctrica en radiación electromagnética, de las cuales algunas pueden ser captadas por el ojo humano y otras no. Las que no pueden ser vistas se manifiestan en forma de calor. Dependiendo del tipo de constructivo este calor puede ser mas o menos importante el cual se transmite a su entorno (portalámpara, cables, soportes, etc.) y por lo tanto habrá que tenerlo presente en el momento de seleccionar los distintos elementos.

9.05. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Aspectos constructivos

Más allá de los aspectos constructivos de las instalaciones eléctricas, los cuales hemos venido tratando en los capítulos anteriores y cuyas pautas mínimas se establecen en la RIEI, es necesario señalar que esta última reglamentación en su Ítem 771.7 titulado "*Clasificación de las líneas*" y a la vez en el sub-ítem 771.7.6 titulado "*Clasificación de los circuitos*" establece los tipos y cantidades máximas de bocas que se destinan a la iluminación.

A su vez la Tabla 771.9.2, da el número mínimo de circuitos de las viviendas en función de los grados de electrificación.

Un parámetro de mucha importancia es la caída de tensión entre la acometida y el punto de utilización o sea la boca de alumbrado, ya que la misma no debe exceder el 3%.

Una tensión menor o mayor a la nominal afectan las características del flujo emitido así como el funcionamiento propiamente dicho de las lámparas.

Otro factor importante a tener en cuenta en la conexión de las luminarias, es la temperatura de funcionamiento, ya que la misma puede superar la admitida por los cables de uso común que están aislados en PVC. De ser así se debe recurrir a cables con aislamiento que permitan un funcionamiento a temperaturas más elevadas.

Aspectos funcionales

El funcionamiento de las luminarias como el de todo tipo de consumo, tiene su repercusión en la instalación eléctrica, es así como se puede apreciar que las lámparas incandescentes solo influyen cuando son conectadas ya que tienen una corriente de conexión elevada que puede afectar en los elementos de protección del circuito correspondiente.

En cambio las luminarias con lámparas de descarga y dado que necesitan de los balastos para su funcionamiento y que estos tienen un bajo factor de potencia, obligan a su corrección o compensación mediante la conexión apropiada de un condensador.

9.06. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Los sistemas de iluminación que son posibles de encontrar, más allá de los cada vez más específicos (trabajos con elementos de muchos detalles, cirugía, etc.), y atendiendo a sus ubicaciones con respecto a las edificaciones que los alojan, estos sistemas pueden ser de *interior* o *exterior*.

- Los de interior: comerciales, deportivos, emergencia, escape, hogareños, industriales y especiales.
- Los de exterior: decorativos, fundamentales, seguridad, viales así como también algunos de los anteriores que por sus características se hagan en exteriores.

Como puede apreciarse el espectro es muy grande en ambos casos, por lo que, una vez ubicado el lector y atento a lo enunciado nos introducirá en los conceptos básicos.

9.07. TECNOLOGÍA DE LA ILUMINACIÓN

Los fenómenos físicos, sus relaciones, las leyes que lo rigen presentan un grado de complejidad tal, que es por ello que podemos hablar de la luminotecnia como una verdadera especialidad y dado que este libro, tal como lo anticipáramos, pretende dar una idea del tema, es que luego de haber enunciado ciertos principios, relaciones y sistemas, que necesariamente deben ser conocidas para poder al menos interpretar y evaluar ciertos aspectos que hace a la iluminación, es que nos abocaremos a la tecnología que se emplea en esos sistemas.

Para ello a continuación pasaremos a ver los diversos componentes con los que se cuenta para poder desarrollar un sistema de iluminación, mas allá del tipo que se trate.

Esta tecnología, independientemente de las nuevas formas constructivas que tienen en el presente y las que podrán adoptar, se ve materializada en *lámparas, luminarias, equipos auxiliares y elementos para el montaje* de estos.

9.08. LUMINARIAS

Definición

El Comité Internacional de Alumbrado ha definido a las luminarias como: "aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los accesorios necesarios para fijarlas, protegerlas y conectarla al circuito de alimentación".

Existen dos tipos fundamentales de luminarias de acuerdo a su empleo: las de *interior* y las de *exterior* o *intemperie*. A su vez, cada uno de estos dos tipos admiten otras subdivisiones de acuerdo a su función, tipo de lámpara, etc.

Características de las luminarias

Las luminarias se identifican y caracterizan por las llamadas **curvas de distribución luminosa**, como la que vemos en las Figuras N° 9.01 y 9.02. Se trata de representaciones gráficas proyectadas sobre un plano, de los valores de la **intensidad luminosa** medida en **candelas**, conforme los diversos ángulos bajo los cuales la luminaria emite luz. Tomando todos los extremos de los vectores que parten de la luminaria, podemos construir esas curvas de distribución luminosa. Si examinamos los catálogos comerciales de los fabricantes de luminarias, veremos que se indica esta misma

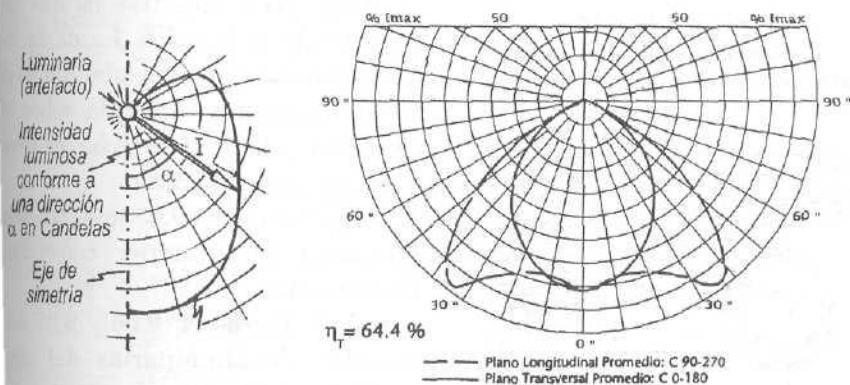


Figura N° 9.01 (izq.) y 9.02 (der.)
Curvas de distribución luminosa



Figura N° 9.03
Distribución luminosa
de las distintas luminarias

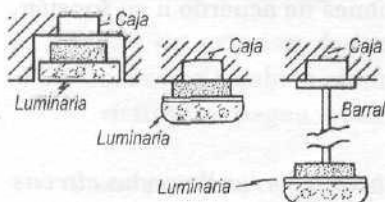


Figura N° 9.04
Formas de instalación
de distintas luminarias



Figura N° 9.05
Luminarias con lámparas
fluorescentes para interiores

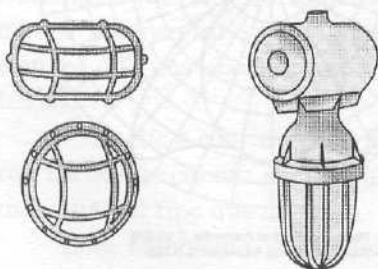


Figura N° 9.06 y 9.07
Luminarias anti-explosivas

curva, conforme diversos ángulos posibles o interesantes.

La curva de distribución luminosa sirve para conocer la forma en que la luminaria emite luz. En la Figura N° 9.03 tenemos tres tipos. El de la izquierda es una luminaria que emite luz con preferencia en una dirección -hacia abajo- y podría corresponder a un proyector o a una lámpara concentradora, como las que ofrece el comercio. En la Figura N° 9.03, el gráfico del centro pertenece a una luminaria que emite luz en forma expandida hacia los lados y será muy interesante para iluminar calles y carreteras. El de la derecha, en cambio emite luz en una sola dirección, siendo apto para muchas tareas industriales, lugares abiertos, avenidas, etc.

Las luminarias de uso en interior pueden ser de muy diversas formas y estilos, pero en la Figura N° 9.04 apreciamos tres formas corrientes de instalarlos. La de la izquierda es totalmente embutida en el techo, la segunda aplicada sobre el cielorraso y la de la derecha, es para una luminaria colgante.

La Figura N° 9.05 muestra una luminaria para interior, con tubos fluorescentes.

Las figuras N° 9.06 y 9.07 nos muestra dos luminarias del tipo estancas o para exteriores antiexplosivas. En un caso fijada a la pared y en el otro de colgar.

En cambio la Figura N° 9.08 y 9.09 nos enseña dos modelos de luminaria para iluminación vial y las Figuras N° 9.10, 9.11 y 9.12 muestra proyectores de distintas concentraciones y lámparas.

También es bueno repasar los diversos tipos de iluminación que existen. En la Figura N° 9.16 tenemos una síntesis de los mismos, en que el dibujo superior nos muestra un esquema de la luminaria y debajo de cada uno, la curva de distribución luminosa que le corresponde. Se puede apreciar que a la izquierda tenemos el caso de la luz directa, que proyecta en una dirección dada. Es interesante para trabajos industriales, en grandes naves de fábricas, galpones o depósitos. Este tipo de iluminación permite lograr sombras definidas en los objetos, facilitando su identificación, forma y color. Hacia la derecha, tenemos los dos casos diametralmente opuestos, ya que la luz indirecta y las gargantas luminosas, proyectan la luz hacia arriba y la que llegará a los planos de trabajo, lo hace por medio de los techos y paredes que las reflejan. En este tipo de iluminación, los objetos, casi no proyectan sombras, produciendo en general, una sensación de confort para los lugares de estar y circulación.



Figura N° 9.08
Luminaria para iluminación
vial para montar en una
columna

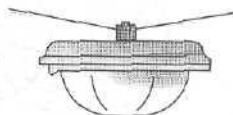


Figura N° 9.09
Luminaria para iluminación
vial que se monta
suspendida

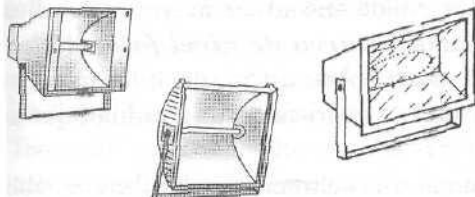


Figura N° 9.10, 9.11 y 9.12
Luminarias tipo reflectores



Figura N° 9.13
Luminaria para grandes
alturas

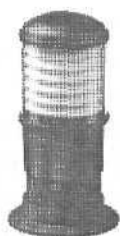


Figura N° 9.14
Luminaria decorativa



Figura N° 9.15
Luminaria estanca
para piscina

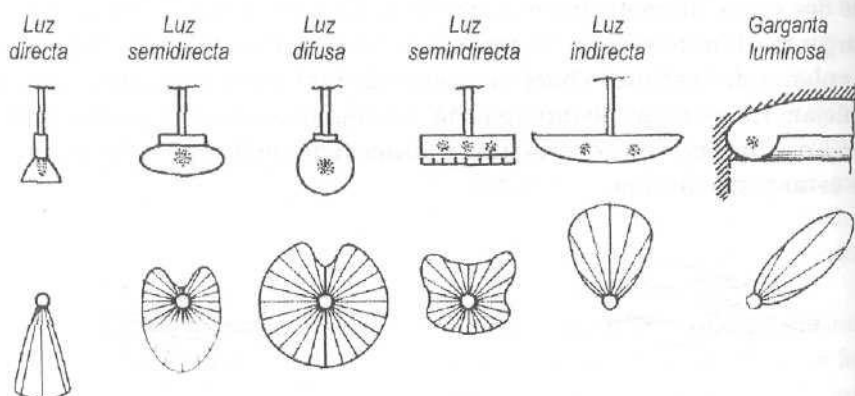


Figura N° 9.16
Distintos tipos de luminarias y sus respectivas
curvas de distribución

Los casos intermedios sirven para soluciones diversas y en los tratados de luminotecnía el lector puede encontrar mayores detalles. Otro aspecto interesante es la llamada *curva de nivel fotométrico*. El efecto que una luminaria produce sobre un plano iluminado, se mide por la *iluminancia*, valor que se expresa en una unidad que se llama *lux*.

Si en la Figura N° 9.17 tomamos una columna de alumbrado público, con una curva de distribución luminosa como se indica arriba, a la derecha. La luz llega a cada punto del piso y produce sus efectos luminosos de acuerdo a la intensidad luminosa en la dirección considerada y

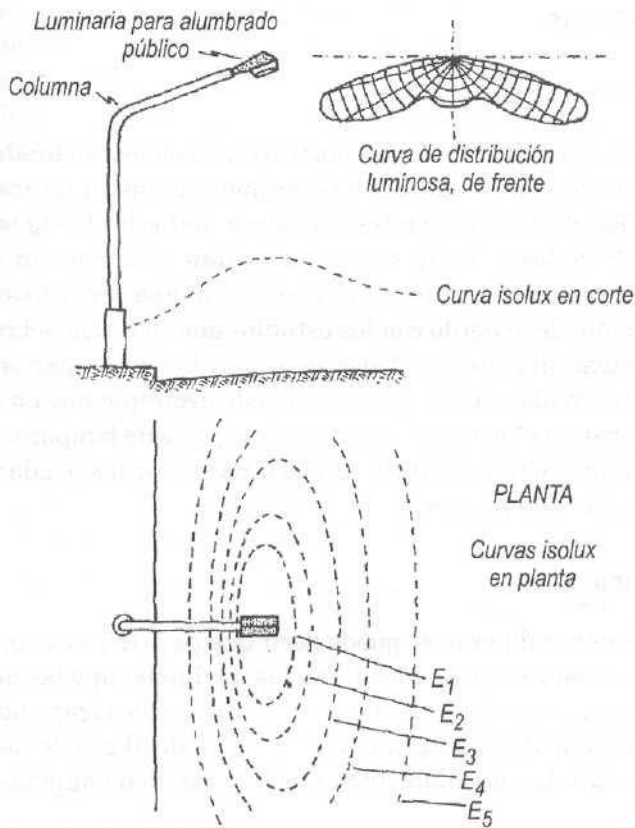


Figura N° 9.17

Curvas isolux de una luminaria exterior montada sobre una columna

en forma inversa al cuadrado de la distancia entre el punto en cuestión y la luminaria. Esto se desarrolla en la teoría de la Física o en los tratados de luminotecnía.

Asignado a cada punto iluminado un valor en lux, se puede trazar las llamadas **curvas Isolux** o **curvas de igual valor de iluminación**. Tomando para todos los planos verticales posibles, se puede imaginar una superficie en el espacio. Uniendo los puntos de igual valor de iluminación en lux, se trazan las curvas Isolux. Estas curvas permiten apreciar la **regularidad de la iluminación**, asunto que en trabajos de mucha exigencia, se estipula en el contrato.

9.09. LÁMPARAS

Introducción

Son las fuentes de la luz y constituyen el elemento fundamental de los sistemas de alumbrado. Desde la primera lámpara incandescente la preocupación de los fabricantes ha sido y de hecho lo sigue siendo, el rendimiento de las mismas, o sea, que emitan la mayor cantidad de luz con un mínimo consumo de energía eléctrica. Esa preocupación, ha ido en crecimiento de acuerdo con los estudios que se hacen sobre las reservas energéticas del mundo. Consecuencia de las investigaciones y de los distintos desarrollos tecnológicos, se puede decir que hoy en día se pueden encontrar en el mercado innumerables tipos de lámparas, que inclusive y a simple vista no resulta tan fácil reconocer las bondades o particularidades de las mismas.

Clasificación

Fundamentalmente se puede decir que de acuerdo a sus principios de funcionamiento, existen dos tipos: las de *filamento* y las de *descarga*. Dentro de cada uno de estos tipos se puede hacer otras subdivisiones. Por ejemplo dentro de las primeras y de acuerdo al gas de llenado podemos distinguir las de filamento común y las denominadas *lámparas halógenas*.

Si hacemos referencia al consumo, podríamos clasificar a las lámparas como de *consumo normal* y las de *bajo consumo*. Dentro de estas elementales clasificaciones es posible hacer otras, que pueden estar relacionadas con distintas apreciaciones respecto de su construcción y/o funcionamiento. Es así que, dada la extensión del tema en este libro solo daremos una visión general de las características de las mismas.

Lámparas Incandescentes

- **Principio de funcionamiento**

Se basan en la radiación visible que es emitida por un filamento metálico en estado incandescente debido al paso de una corriente por él.

- **Forma constructiva**

Exteriormente se puede distinguir el bulbo y el casquillo, los cuales adquieren distintas formas y tipos. En su interior tienen el soporte

del filamento; el filamento propiamente dicho y un gas de relleno. Los filamentos pueden adquirir distintas formas constructivas.

- **Gas de relleno**

Se utiliza un gas denominado inerte, para que la temperatura del filamento pueda ser mayor y consecuentemente una mayor emisión de luz con un menor desgaste. Los gases comúnmente utilizados son el argón y nitrógeno, pero puede variar de acuerdo al tipo de lámpara y a la tecnología propia de cada fabricante.

- **Ampolla**

Además de las del tipo común, se encuentran las decorativas, como las velas, gotas, etc. En cuanto al tipo de vidrio con que están construidas se pueden encontrar: claras, perladas, luz de día, etc. (ver la Figura N° 9.18).

Por otra parte, de acuerdo a su terminación superficial pueden ser: acabado mate, opalinas, coloreadas y espejadas.

- **Filamento**

Se utiliza el tungsteno (o wolframio) por su alta temperatura de fusión y un bajo grado de evaporación lo cual permite una mayor temperatura de trabajo. Existen los denominados filamentos comunes y los reforzados, para lámparas de 25, 40 y 60 watt.

- **Casquillo**

Pueden ser con rosca Edison, con bayoneta o con espigas. Las lámparas comunes y para potencias comprendidas entre los 25 y 200 W tienen casquillo tipo Edison E27 y para las mayores Edison E30 o Goliat. Existiendo una amplia gama de tipos especiales de acuerdo a la aplicación, tensión, etc.

- **Tensiones**

De acuerdo a las aplicaciones se fabrican en un amplio rango, por ejemplo: desde los 12 V para automotores, pasando por otras tensiones hasta las de 220 volt.

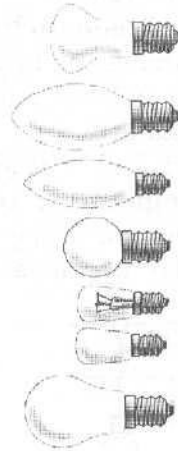


Figura N° 9.18
Distintas formas constructivas de las lámparas incandescentes

- **Potencia**

Se encuentran en potencias de: 15, 25, 40, 60, 75, 100, 150, 200, 300, 500, 750 y 1000 watt.

- **Flujo**

El flujo que emiten estas lámparas es el indicado en la tabla 9.5 (lámparas de 220 V).

- **Rendimiento luminoso**

Es variable con la potencia, y va desde 9 lm/W para lámparas de 25 W hasta 19 lm/W para las de 1000 W.

- **Vida útil**

La vida útil es de aproximadamente 1000 horas.

- **Temperatura color e índice de reproducción**

Tienen una temperatura color de 2900 °K, resultando ser de las denominadas "luz cálida" (el sol 6000 °K). La radiación emitida cubre todo el espectro visible lo cual le otorga el máximo valor: Ra = 100 ó grado I.

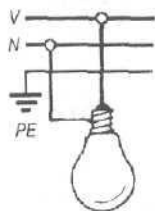


Figura N° 9.19
Conexión de una lámpara incandescente

- **Conexión**

Las lámparas incandescentes se conectan directamente a la red, como en la Figura N° 9.19.

- **Atenuación del flujo luminoso**

No hay restricciones para reducir el flujo luminoso, pero, con un menor flujo tiene una menor temperatura color, o sea una menor eficiencia luminosa pero una vida útil más larga. El límite inferior de la tensión que se puede aplicar es el 50%.

TABLA N° 9.01.

FLUJO EMITIDO POR LAS LÁMPARAS INCANDESCENTES

POTENCIA [W]	FLUJO [LM]	POTENCIA [W]	FLUJO [LM]
25	215	150	2.100
40	420	200	3.000
60	720	300	4.900
75	950	500	8.300
100	1.350	1000	18.500

- **Influencia de la temperatura ambiente**

Prácticamente no tiene.

- **Aplicaciones**

La gran variedad de formas constructivas y de potencias hace que sus aplicaciones sean casi imposibles de enumerar.

- **Formas constructivas de las lámparas en general**

Existen los más diversos tipos constructivos, cada una de las cuales presenta una particularidad lo cual permite hacer variadas aplicaciones, sobre todo aquellas que tienen sus aplicaciones con fines decorativos. Continuando con la tónica de este libro recomendamos que cuando se tenga que hacer un uso específico se consulte con los manuales respectivos. De todas maneras podemos decir que básicamente encontramos dos grandes tipos de lámparas desde el punto de vista de su uso: las decorativas y las que se emplean en las luminarias denominadas reflectores.

Desde el punto de vista de la tensión de alimentación podemos encontrar: para 220 V directo, o sea sin necesidad de equipo auxiliar o transformador, y de baja tensión (6, 12, 24, 55 y 110 V).

Lámparas para 220 V

- *Lámparas para 220 V.*
- *Potencias:* 25, 40, 60, 100, 150 y 250 W.
- *Flujo luminoso:* desde los 250 a 4.000 lm.
- *Vida útil:* entre 1500 y 3000 horas.
- *Casquillos:* es aquí en donde encontramos una amplia variedad. Desde los clásico y comunes a rosca (E27), pasando por los del tipo "bayoneta", "miñón" (E14) a los que se usan en los reflectores.
- *Ampollas:* algo ovoidales, cilíndricas, troncocónicas, y algunas otras. Señalándose algunas que tienen el reflector incorporado o son parte de la ampolla.
- *Tipo de luz:* blanca brillante con una temperatura color de aproximadamente 2.900 – 3.000 °K .
- *Uso:* Se emplean fundamentalmente para lograr efectos decorativos u ornamentales.
- *Equipo auxiliar:* No es necesario.

Lámparas para baja tensión

- *Potencias:* 5, 10, 20, 35, 50, 65, 75, 90 y 100 W.
- *Tensiones:* 6, 12, 24, 55 y 110 V.

- *Flujo luminoso*: desde los 60 a los 1900 lm
- *Vida útil*: entre 2.000 a 4.000 horas.
- *Casquillos*: se utilizan los denominados "doble pines" de diversas medidas (G4; GY6, 35; G53; etc.) así como también los del tipo "bayoneta".
- *Ampollas*: cilíndricas, pero fundamentalmente las troncocónicas por tener el reflector incorporado.
- *Tipo de luz*: blanca brillante con una temperatura color de aproximadamente 2.900 - 3.000 °K.
- *Uso*: Se usan para sistemas de iluminación del tipo ornamental (vidrieras, museos, locales comerciales, etc.).
- *Equipo auxiliar*: utilizan equipos del tipo electrónicos, o auto-transformadores.

Características particulares

En general y para cualquier tipo de lámpara se puede decir que:

- La brillantez de la luz emitida permite realzar los colores y crear efectos atractivos.
- Que sus menores dimensiones facilitan el trabajo de los decoradores.
- Tienen una vida útil mayor que las lámparas incandescentes.
- Presentan un buen rendimiento (lumen/watt).

Así como otras características que serían largas de detallar.

Lámparas fluorescentes

A continuación se tratarán las lámparas fluorescentes comunes. Las compactas se verán más adelante.

Son lámparas del tipo de descarga y las que mayores aplicaciones tienen luego de las incandescentes.

Los avances logrados en la fabricación de este tipo de lámpara, al igual que los obtenidos en los equipos auxiliares de las mismas, han hecho que se obtenga una buena relación costo-prestación tal que ello hace que se mantenga la utilización de las mismas a pesar de los nuevos tipos de lámparas que se desarrollan.

Clasificación

En este tipo de lámparas se han producido nuevos desarrollos, siempre basados en obtener un mejor rendimiento o una mejor eficacia luminosa. Es así que hay un grupo de ellas que se denominan de bajo consumo de las cuales nos ocuparemos oportunamente.

Si hacemos referencia al consumo, podríamos clasificar a las lámparas como de consumo normal y las de bajo consumo. Dentro de estas elementales clasificaciones es posible hacer otras subdivisiones, que pueden estar relacionadas con distintas apreciaciones.

Principio de funcionamiento

Los tubos fluorescentes necesitan de un equipo auxiliar para su arranque y funcionamiento. El circuito de la Figura N° 9.20 representa una lámpara fluorescente común. Las Figuras N° 9.21 y 9.22 son otros circuitos para estas lámparas. El llamado *balasto*, denominado popularmente como *reactancia* puede ser electromagnético o bien electrónico. El arrancador conforme la Figura N° 9.23 es un mecanismo automático (pudiéndose encontrar también los del tipo electrónico). Al aplicar la tensión, esta también queda aplicada a extremos de unas laminillas, dentro de una ampolla con gas inerte, por ejemplo Argón. Se produce así un destello o descarga luminosa en ese pequeño dispositivo, lo que origina calor y la laminilla bimetálica se calienta y se curva, tocando a la otra. Se cierra así el circuito de los electrodos, los que se calientan y emiten electrones. Cuando los efluvios dejan de existir, las laminillas se enfrían, separándose. Al hacerlo, se corta la corriente y en el balasto se produce una sobre tensión de inducción, que origina un arco eléctrico dentro del tubo. Ese arco es de luz ultravioleta, que el ojo humano no ve, pero esa radiación, al pasar por los polvos fluorescentes que recubren la parte interior del tubo, se transforma en luz visible.



Figura N° 9.20
Circuito de una lámpara fluorescente

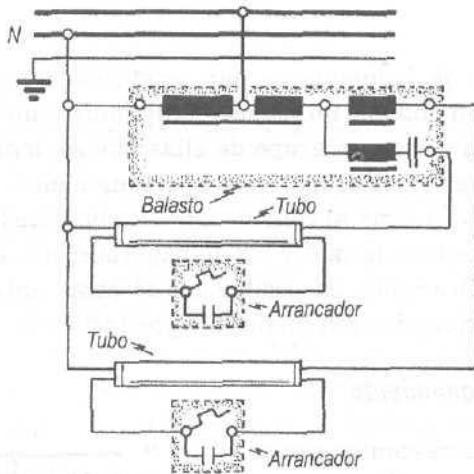


Figura N° 9.21
Circuito de dos lámparas fluorescentes

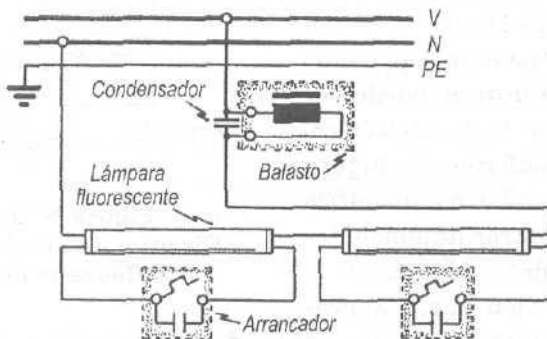


Figura N° 9.22
Circuito de dos lámparas fluorescentes con un solo balasto

El tipo y color de esa luz, depende del tipo de polvo fluorescente empleado y de su composición química. Una vez iniciado el arco en el tubo, la tensión que resta en el arrancador, es insuficiente como para hacerlo arrancar nuevamente. Se aprecia así que el tubo fluorescente tiene, en cada uno de sus extremos, un filamento calefactor, parecido al de una lámpara común incandescente, cada uno con sus espigas de con-

xión. Por ello, repitiendo lo dicho más arriba, al aplicar tensión al circuito, esa tensión también queda aplicada a las laminillas del arrancador, porque el circuito queda completado a través de esos filamentos, que emiten electrones por efecto de su temperatura y facilitan la puesta en marcha del tubo. Una vez lograda la corriente directamente de electrodo a electrodo (de extremo a extremo), la corriente de calefacción ya no es necesaria y concluyó la misión del arrancador. Una vez en marcha normal (concluido el arranque), el tubo fluorescente queda en serie con el balasto (reactancia inductiva con hierro o electrónico). Esta inductancia toma una cierta potencia que hay que adicionar a la del tubo, para tener la potencia total que toma el equipo. Esa potencia puede llegar al 30%.

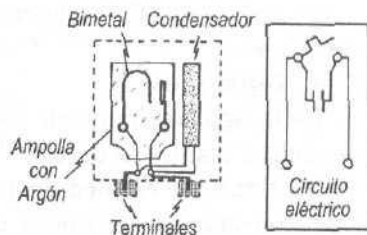


Figura N° 9.23
Arrancador de una lámpara fluorescente

Construcción y componentes

- **Gas de relleno**

En el interior de este tipo de lámpara se puede encontrar una mezcla de vapor de mercurio y gas inerte.

- **Ampolla**

Las ampollas pueden ser rectas, circulares y en forma de "U" para las comunes, en cambio para las del tipo compacto las formas son más variadas.

Las lámparas rectas o más comunes se fabrican en distintos diámetros: 16, 26 y 39 mm.

- **Filamento**

El o los filamentos de este tipo de lámparas tienen una misión distinta a la de las lámparas incandescentes, tal como se ha descrito en el título principio de funcionamiento.

- **Casquillo**

Las lámparas fluorescentes rectas tienen en cada uno de sus extremos dos espigas (G13) para su conexión. Las circulares (G10g) y en forma de "U" (2G13-92) también tienen casquillo de cuatro espigas.

En el caso de las denominadas compactas o de bajo consumo en cambio la variedad es más grande ya que se encuentra desde las clásicas

cas roscas Edison (E27), de dos (con variaciones) y cuatro espigas (distintos tipos).

- **Tensiones**

Este tipo de lámpara requiere de un equipo auxiliar para ser conectada a las líneas de 220 V; 50 Hz.

Mediante el empleo de un convertidor-elevador adecuado se las puede conectar a tensiones de corriente continua (embarcaciones, vehículos, etc.).

- **Potencia**

Las lámparas fluorescentes tubulares rectas se fabrican para potencias comprendidas entre los 9 y 110 W. Las circulares y en forma de "U" con potencias de: 22, 32, 40 y 65 W. Las lámparas fluorescentes compactas o de bajo consumo tienen potencias comprendidas entre los 3 y los 29 W.

- **Color**

El color de estas lámparas se establece de acuerdo a la composición del material fluorescente con que se recubre el interior del bulbo, convirtiendo de esta manera la radiación ultravioleta que se genera en su interior.

- **Temperatura color**

Las lámparas fluorescentes pueden hallarse en colores varios a los cuales se le asocia la correspondiente temperatura color la cual puede variar entre los 2700 y los 6500 °K. Es así que la IEC ha fijado como referencia los valores dados en la Tabla N° 9.02.

En el mercado es posible encontrar otras denominaciones.

- **Reproducción de color**

Decíamos en el título anterior que la forma de calificar a este tipo de lámpara de acuerdo a la forma de reproducir los colores esta dado por el recubrimiento interior del bulbo. Estos recubrimientos son pro-

TABLA N° 9.02.

TEMPERATURA COLOR DE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES

COLOR	TEMPERATURA COLOR [°K]	COLOR	TEMPERATURA COLOR [°K]
Blanco cálido	3.000	Blanco frío	4.200
Blanco	3.500	Luz de día	6.500

TABLA N° 9.03.
 ÍNDICES DE REPRODUCCIÓN DE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES

COLOR	TEMPERATURA DE COLOR [°K]	ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN [RA]
Blanco cálido	3.000	50
Blanco	3.500	75
Blanco frío	4.200	62
Luz de día	6.500	75

ductos de los distintos desarrollos tecnológicos que realizan los fabricantes. Es por ello que a continuación se dará en forma orientativa los índices de lámparas estándar que se pueden obtener en el mercado local. Existen otros tipos de lámparas que presentan valores distintos, ya que dependen de los diferentes modelos que ofrecen las principales fábricas.

No se indican los correspondientes a aquellas lámparas de color continuación dichas (amarillas, verde, etc.).

En el mercado es posible encontrar otros colores los cuales tienen sus propias temperaturas color e índice de reproducción cromática, para lo cual habrá que consultar los catálogos de cada una de ellas.

- **Flujo**

El flujo luminoso emitido por las lámparas depende de su color y potencia si la tensión de alimentación es la nominal así como la temperatura ambiente sea la indicada para cada tipo. El flujo varía con las horas de uso, las cifras características pueden estar dadas para el flujo inicial o para el flujo luego de una cierta cantidad de horas de funcionamiento.

En la siguiente página, damos una tabla orientativa del flujo emitido por lámparas de distintas potencias y distintos colores.

- **Rendimiento luminoso**

Se encuentra entre los 35 y 90 lm/W, según el color.

- **Vida útil**

La duración de las lámparas fluorescentes es sensiblemente mayor que las incandescentes, ya que alcanzan las 7500 horas de funcionamiento en los modelos comunes y mucho más en modelos especiales.

TABLA N° 9.04.

POTENCIA NOMINAL [W]	COLOR	FLUJO LUMINOSO [lm]	POTENCIA NOMINAL [W]	COLOR	FLUJO LUMINOSO [lm]
18	Cálido	1350	36	Cálido	3350
	Tropical	1350		Tropical	3350
	Níveo	1350		Níveo	3350
	Luz día	1300		Luz día	3250
30	Cálido	2450	58	Cálido	5200
	Tropical	2450		Tropical	5200
	Níveo	2450		Níveo	5200
	Luz día	2300		Luz día	5000

TABLA N° 9.05.

POTENCIAS, COLOR Y FLUJO LUMINOSO DE LÁMPARAS
FLUORESCENTES DE ENCENDIDO RÁPIDO

ENCENDIDO RÁPIDO					
POTENCIA NOMINAL [W]	COLOR	FLUJO LUMINOSO [lm]	POTENCIA NOMINAL [W]	COLOR	FLUJO LUMINOSO [lm]
40	Blanco Níveo	3100	65	Blanco Níveo	4950
40	Luz día	2600	65	Luz día	4100

Sobre estas lámparas influye la temperatura ambiente y trabajan con un factor de potencia bastante bajo. Es por esta última causa que se fabrican equipos con adecuados elementos para mejorar el factor de potencia.

- **Conexión**

Estas lámparas tal como lo explicásemos anteriormente necesitan de un equipo auxiliar. Las conexiones se muestran en la Figura N° 9.11.

En la práctica se han desarrollado numerosos circuitos para las lámparas fluorescentes.

- **Atenuación del flujo luminoso**

La variación del flujo emitido por este tipo de lámparas se puede obtener mediante el empleo de balastos electrónicos denominados

“dimerizables”. Estos permiten regular el flujo luminoso entre el 100% y un 1% para lo cual es necesario una línea de bajo voltaje (entre 1 y 10 V de corriente continua) al cual se conecta un elemento que permita realizar esta variación.

Esta variación se puede realizar mediante un regulador continuo en forma manual o bien mediante un sensor de luz, el cual realizará las variaciones. Estos sistemas que permiten la variación del flujo se utilizan en aulas, salas de conferencia, estudios de TV, para confort o bien para lograr un ahorro de energía eléctrica si se colocan sensores que interactúen con la luz diurna.

- **Influencia de la temperatura ambiente**

Las lámparas comunes están diseñadas para una temperatura de 20°C, el aumento de la misma influye sobre la presión del gas de llenado reduciendo el flujo.

- **Aplicaciones**

Dada la variedad constructiva de estas lámparas su campo de aplicación en los sistemas de iluminación generales es muy extendido.

Lámparas Halógenas

Son lámparas con filamento de tungsteno o wolframio, que tienen una combinación de gases en su interior, siendo su forma constructiva

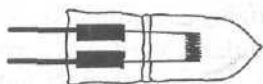


Figura N° 9.24
Lámpara halógena bi-pin

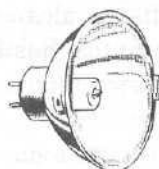


Figura N° 9.25
Lámpara dicroica
convencional

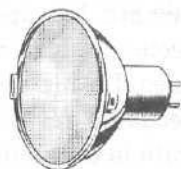


Figura N° 9.26
Lámpara dicroica
con vidrio

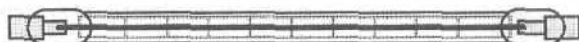


Figura N° 9.27
Lámpara halógena para reflector

distinta al las de filamento común. En esta combinación de gases utilizados para su llenado predominan los que se denominan halógenos (flúor, cloro, bromo y yodo), de allí deriva su nombre.

El funcionamiento particular de estas lámparas es que el gas de relleno se combina con los vapores del filamento recomponiéndolo, procesos que se realiza cíclicamente. Las ventajas que presentan este tipo de lámpara son: menores dimensiones, mayor rendimiento luminoso, mayor temperatura, mayor duración y constancia en el flujo luminoso a lo largo del tiempo.

Lámparas de Vapor de Mercurio

Introducción

Son lámparas del tipo de descarga. Tienen muchísimas aplicaciones, pudiéndose decir que se ha universalizado su utilización.

Descripción

- **Principio de funcionamiento**

Las lámparas a vapor de mercurio tienen interiormente, un electrodo de trabajo y uno de arranque. Este último ioniza el gas argón pero la corriente tiene un valor pequeño y causa la vaporización del mercurio. Luego la corriente principal pasa de un electrodo de trabajo a otro y aumenta la vaporización hasta alcanzar la condición de trabajo. El encendido dura unos 15 minutos, hasta alcanzar las condiciones normales. La luz del arco eléctrico interior es azulada verdosa, pero con adecuados revestimientos, se logran colores de uso práctico. El balasto limita la corriente, dado que como todas las lámparas de arco, a medida que toman la temperatura de servicio, disminuyen su resistencia interior y es menester un elemento limitador en serie.



Figura N° 9.28
Lámparas de vapor
de mercurio

- **Forma constructiva**

Tienen una ampolla elipsoidal (ver Figura N° 9.28) que sirve de soporte y aislante térmico al tubo de descarga. Contando con electrodos: de encendido (conectado con una resistencia) y principal. La ampolla se encuentra recubierta en su parte

interior con una sustancia fluorescente, que se activa con la radiación ultravioleta del arco para emitir su luz característica.

- **Gas de relleno**

Se encuentra entre la ampolla y el tubo de descarga y es neutro a presión inferior a la atmosférica para evitar que se formen arcos entre las partes metálicas del interior de la ampolla.

- **Ampolla**

Se pueden encontrar dos tipos de ampollas, la elipsoidal y la reflectora.

- **Casquillo**

De acuerdo a la potencia los casquillos son E27 y E40

- **Tensiones**

Son lámparas que necesitan equipo auxiliar y se pueden conectar a 220 V; 50 Hz.

- **Potencia**

Estas lámparas se fabrican en potencias de: 55, 90, 125, 250, 400, 700, 1.000 y 2.000 watt.

- **Rendimiento luminoso**

Se encuentra entre los 35 y 92 lm/ W.

- **Flujo**

El flujo que emiten lámparas de forma elipsoidal y consideradas estándar se indica en la Tabla N° 9.6.

- **Vida útil**

La vida útil promedio para estas lámparas es de 16.000 (50, 90, 125 y 250 W) y de 12.000 (700, 1.000 y 2.000 W) horas.

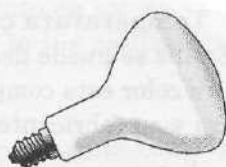


Figura N° 9.29
Lámpara tipo reflectora

TABLA N° 9.06.

POTENCIA Y FLUJO DE LAS LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

POTENCIA [W]	FLUJO [lm]	POTENCIA [W]	FLUJO [lm]
50	2.000	400	22.000
80	4.000	700	38.500
125	6.500	1.000	58.000
250	13.000	2.000	125.000

• Temperatura color e índice de reproducción

Su luz se puede decir es blanco neutro o blanco luz de día. La temperatura color esta comprendida entre 4.500 y 3.500 °K según el tipo de lámpara y su fabricante. El índice de reproducción de color varía entre

49 y 50 dependiendo del tipo de lámpara. Grado de reproducción 1 ó 3.

• Conexión

Estas lámparas tal como lo explicásemos anteriormente necesitan de un equipo auxiliar, las conexiones se muestran en la Figura N° 9.30.

• Influencia de la temperatura ambiente

Prácticamente no tiene.

• Aplicaciones

Se emplean tanto en luminarias para interiores como para exteriores, en ambos casos en el caso de grandes áreas. Por ejemplo: industrias, depósitos, calles, avenidas, etc.

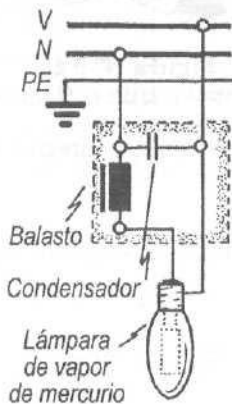


Figura N° 9.30
Circuito de una lámpara
de vapor de mercurio

Lámparas de Sodio

Es una lámpara que por su principio de funcionamiento se la puede encontrar dentro de las del tipo de descarga. Son lámparas de muy buen rendimiento luminoso, lo cual ha hecho que sus aplicaciones se fuesen difundiendo con el correr de los años. Los tipos de lámparas son dos, y se denominan: de *sodio a baja presión* y de *sodio a alta presión*.

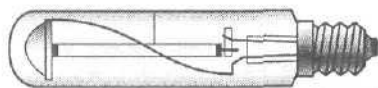


Figura N° 9.31
Lámpara de vapor de sodio
de alta presión

Dada la importancia del empleo de estas lámparas haremos un tratamiento por separado de cada una de ellas.

Lámparas de sodio a alta presión

Es uno de los tipos de lámparas de mayor eficiencia y larga vida útil que se fabrican. Este tipo de lámpara surge como una conse-

cuencia de las características del funcionamiento de las de baja presión. Ellas presentan una mejor tonalidad de la luz emitida que las anteriores.

- **Principio de funcionamiento**

Al elevar la presión se obtiene una luz que cuenta con espectro cuya composición hace que se obtenga una luz de color blanco que permite el discernimiento de todos los colores. La luz es producida por el paso de la corriente eléctrica a través del vapor de sodio, lo cual se produce en un tubo de cerámica.

Estas lámparas requieren un tiempo que oscila entre los tres y cuatro minutos para lograr su completo encendido.

- **Forma constructiva**

Esta lámpara cuenta con un casquillo, que puede tener distintas formas y una ampolla. Dentro de la misma se encuentra el tubo de cerámica en cuyo interior se produce el flujo de corriente a través del vapor de sodio generado a partir de dos electrodos de tungsteno. Todo esto montado en convenientes soportes. Existen diversos tipos constructivos que presentan variaciones cromáticas del haz emitido.

- **Gas de relleno**

Se emplean sodio, mercurio y un gas noble (xenón o argón) a los fines de corregir el color.

- **Ampolla**

Puede ser tipo cilíndrico o bien elipsoidal.

- **Filamento**

Son dos filamentos que forman los electrodos en los cuales se produce la descarga.

- **Casquillo**

Se proveen con casquillos del tipo: PG12, E27 y E40.

- **Tensiones**

La tensión de encendido es mas elevada que las de baja presión y va desde los 3 a los 5 kV aproximadamente, según el tipo, lo cual hace que sea necesario elevar el nivel de tensión si se alimenta con la red pública de 220 V. Las variaciones de la tensión tienen una influencia importante en el comportamiento luminoso y eléctrico.

- **Potencia**

Este tipo de lámparas se provee en potencias de: 250, 400 y 1.000 W.

- **Flujo**

El flujo emitido por estas lámparas se da en la Tabla Nº 9.09.