

APUNTES DE DIBUJO ELÉCTRICO

Asignatura: DIBUJO INDUSTRIAL

Semestre: 2º

GRADO EN ING. MECÁNICA

GRADO EN ING. ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

GRADO EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

CAPÍTULO 1. NORMAS DE CONSULTA

1.1. PANORAMA GENERAL DE LA NORMALIZACIÓN:

- 1.1.1. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO).
- 1.1.2. COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL (CEI).
- 1.1.3. COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN ELECTROTÉCNICA (CENELITE).
- 1.1.4. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y RACIONALIZACIÓN (AENOR).

1.2. SIMBOLOGÍA NORMALIZADA.

1.1. PANORAMA GENERAL DE LA NORMALIZACIÓN:

ÁMBITO	ÁREA		
	MUNDIAL	EUROPEA	ESPAÑOLA
General, con exclusión de electrotecnia	ISO	CEN	AENOR
Electrotecnia, incluidos equipos de telecomunicación	CEI	CENELEC	AENOR
Telecomunicaciones: redes e interconexión	CCITT/CEPT	ETSI/CEPT	D.G.T.
Tecnología de la información	JTC1	ITSTC	AENOR

En la tabla se indican los distintos organismos y entidades de normalización, indicando su ámbito de influencia y las áreas técnicas de que se ocupan. Cada entidad tiene sus propios grupos de trabajo encargados de elaborar las normas. Estos grupos en teoría están formados por los fabricantes, los consumidores, la Administración Pública, los centros de investigación, los profesionales y los expertos consultados por la comisión.

1.1.1. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO).

Es la federación internacional que une los distintos organismos nacionales de normalización. Su función consiste en la normalización propia de cada país o comunidad.

1.1.2. COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL (CEI).

Es el equivalente a ISO pero dedicado exclusivamente a temas de electrónica y electrotecnia.

1.1.3. COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN ELECTROTÉCNICA (CENELEC).

Está formado por los organismos nacionales de normalización de los países miembros de la Unión Europea. Su función consiste en publicar los siguientes documentos técnicos, una vez alcanzado el consenso entre los distintos miembros:

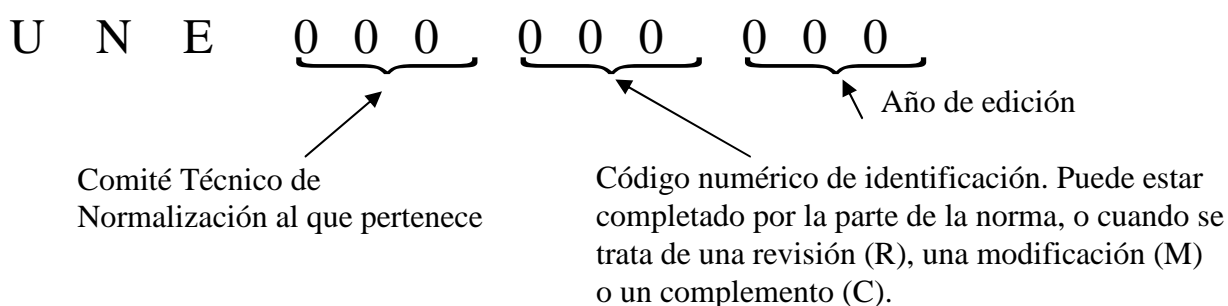
- a) EN: Norma Europea. Una vez aprobado debe ser adoptado íntegramente como norma nacional por cada país miembro y anula cualquier norma nacional que se encuentre en contradicción.
- b) ENV: Norma Europea Experimental. Es de libre cumplimiento. Se aplica de forma provisional en campos donde el grado de innovación lo exige y cuando existe una necesidad urgente de orientación.
- c) HD: Documento de Armonización. Una vez aprobado, obliga a la retirada de todas las normas nacionales que contengan divergencias técnicas.

1.1.4. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y RACIONALIZACIÓN (AENOR).

Es el organismo español de normalización. Su labor principal consiste en elaborar la norma española UNE. Prácticamente todo está normalizado, desde el color de los conductores, las dimensiones de las cajas de derivación, etc... hasta las condiciones de funcionamiento de los diversos aparatos.

Casi todas las normas UNE tienen su correspondencia con las internacionales, y en concreto con las ISO, CEI y EN.

El formato empleado por AENOR en la denominación de las normas UNE es el siguiente:



Ej.: UNE 1 026(1) 2R 83

Significa que pertenece al Comité Técnico de Normalización número 1, siendo la norma número 26 que publican, primera parte, segunda revisión del año 1983.

1.2. SIMBOLOGÍA NORMALIZADA.

Cada elemento empleado en los esquemas eléctricos tiene su correspondiente simbología normalizada, así como su identificación. La identificación consta básicamente de una o dos letras mayúsculas y un número. Las letras indican el tipo de elemento, de modo que por ejemplo a los motores se les denomina M, y el número sirve para distinguir elementos del mismo tipo, de modo que a los motores que haya en una instalación se les irá denominando M1, M2, M3... y así sucesivamente.

La norma española es la UNE 20004, y se parece bastante a la CEI correspondiente. En la práctica no hay tanta uniformidad como sería deseable.

A continuación se adjuntan como ejemplo un par de tablas con algunos símbolos y la identificación normalizada.

Tabla comparativa de los símbolos más usuales

Naturaleza de los símbolos gráficos	Normas europeas				Normas USA	
	Versión antigua (aún utilizada)		Versión nueva			
	Potencia	Mando	Potencia	Mando	Potencia	Mando
Contacto función cierre «C» (USA: N.O. "normalmente abierto")						
Contacto función apertura «A» (USA: N.C. "normalmente cerrado")						
Contacto retardado a la acción Temporizado al "trabajo"	«A»	«C»	«A»	«C»	«A» N.C.	«C» N.A.
Contacto retardado a la desconexión Temporizado al "reposo"	«A»	«C»	«A»	«C»	«A» N.C.	«C» N.A.
Los fusibles						
Los relés	Térmicos	Magnéticos	Térmicos	Magnéticos		
Las bobinas						
Los motores						
Los seccionadores						
Los disyuntores					Magnético	Magneto-térmico

Referenciado en un esquema desarrollado

Clasificación por letras de referenciado

Referenciado	Ejemplos
A Conjuntos, subconjuntos funcionales (de serie)	Amplificador de tubos o de transistores, amplificador magnético. Regulación de velocidad, autómata programable.
B Transductores de una magnitud no eléctrica en una magnitud eléctrica o viceversa.	Par termo-eléctrico, célula termo-eléctrica, célula fotoeléctrica, dinamómetro eléctrico, presostato, termostato, detector de proximidad.
C Condensadores.	
D Operadores binarios, dispositivos de temporización, dispositivos de memoria.	Operador combinador, línea de retardo, báscula biestable, báscula monoestable, registrador, memoria magnética
E Materiales diversos.	Alumbrado, calefacción, elementos no definidos en esta tabla.
F Dispositivos de protección.	Corta-circuito de fusible, limitador, pararrayos, relés de protección de máxima intensidad, de umbral de tensión.
G Generadores dispositivos de alimentación.	Generatriz, alternador, convertidor rotativo de frecuencia, batería, oscilador, oscilador de cuarzo.
H Dispositivos de señalización.	Avisadores luminosos y sonoros.
K Relés y contactores.	(en los equipos importantes utilizar KA y KM).
KA Contactores auxiliares, relés.	Contactores auxiliares temporizados, toda clase de relé.
KM Contactores principales.	
L Inductancias.	Bobina de inducción, bobina de bloqueo.
M Motores.	
N Subconjuntos (fuera de serie).	
P Instrumentos de medida, dispositivos de prueba.	Aparato indicador, aparato registrador, contador, conmutador horario.
Q Aparatos mecánicos de conexión para circuitos de potencia.	Disyuntor, seccionador.
R Resistencias.	Resistencia regulable, potenciómetro, reostato, shunt, termistancia.
S Aparatos mecánicos de conexión para circuitos de mando.	Auxiliares de mando manual, pulsadores, interruptores de posición, conmutador.
T Transformadores.	Transformadores de tensión, transformadores de intensidad.
U Moduladores, convertidores.	Discriminador, demodulador, convertidor de frecuencia, codificador, convertidor rectificador, ondulador autónomo.
V Tubos electrónicos, semi-conductores.	Tubo de vacío, tubo de gas, tubo de descarga, lámpara de descarga, diodo, transistor, tiristor, rectificador.
W Vías de transmisión, guías de ondas, antenas.	Conductor de reenvío, cable, juego de barras.
X Bornas, clavijas, zócalos.	Clavija y toma de conexión, clip, punta de prueba, regleta de bornas, salida para soldar.
Y Aparatos mecánicos accionados eléctricamente.	Freno, embrague, electro-válvula neumática, electroimán.
Z Cargas correctivas, transformadores diferenciales, filtros correctores, limitadores.	Equilibrador, corrector, filtro.

Todos los elementos que entran dentro de la composición de un equipo de automatismo están identificados por una letra (excepcionalmente dos) seguidos de un número y elegido en función de la naturaleza del elemento en el cuadro de arriba.

CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN

2.1. GENERACIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

2.1.1. RECEPTORES

2.1.2. CONSUMO DE POTENCIA

2.2. TENSIONES E INTENSIDADES

2.2.1. LIMITACIONES DE V

2.2.2. LIMITACIONES DE I

2.2.3. RECEPTORES. PUNTO DE UTILIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

2.2.4. GENERADORES.

2.2.5. TRANSPORTE

2.3. TRANSFORMADORES

2.4. CORRIENTE CONTINUA. CORRIENTE ALTERNA

2.5. CIRCUITOS EN BAJA TENSIÓN

2.6. PROTECCIONES

2.6.1. APARATOS DE PROTECCIÓN DE INSTALACIONES

2.6.2. SEGURIDAD PERSONAL

2.7. CIRCUITO COMPLETO

2.8. CIRCUITOS MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS

2.8.1. CIRCUITO MONOFÁSICO

2.8.2. CIRCUITOS TRIFÁSICOS

2.9. SISTEMAS TRIFÁSICOS. RESUMEN

2.9.1. ALIMENTACIÓN

2.9.2. RECEPCIÓN

2.9.3. POLARIDAD. APARATOS DE MANDO Y PROTECCIÓN

2.9.4. CONDUCTOR DE TIERRA

2.9.5. MANDO DE APERTURA Y CIERRE

2.9.6. MANDO A DISTANCIA

2.1. GENERACIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En este capítulo de introducción se van a repasar una serie de conceptos sobre generación, transporte y utilización de energía eléctrica, así como sobre los elementos de mando y protección de los receptores de dicha energía.

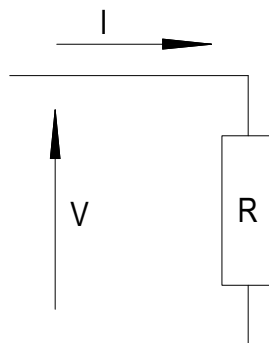
2.1.1. RECEPTORES

Receptores: aparatos eléctricos que consumen energía eléctrica y la transforman en:

- Energía mecánica (motores eléctricos)
- Energía calorífica (resistencias)
- Energía luminosa (luminarias)
- etc.

Por ejemplo cuando nosotros conectamos por medio de un interruptor:

- una lámpara: la energía eléctrica se transforma en energía luminosa
- una cocina eléctrica: la energía eléctrica se convierte en energía calorífica
- una lavadora: la energía eléctrica se convierte, por una parte en energía mecánica y por otra en energía calorífica.



Tipos de receptores:

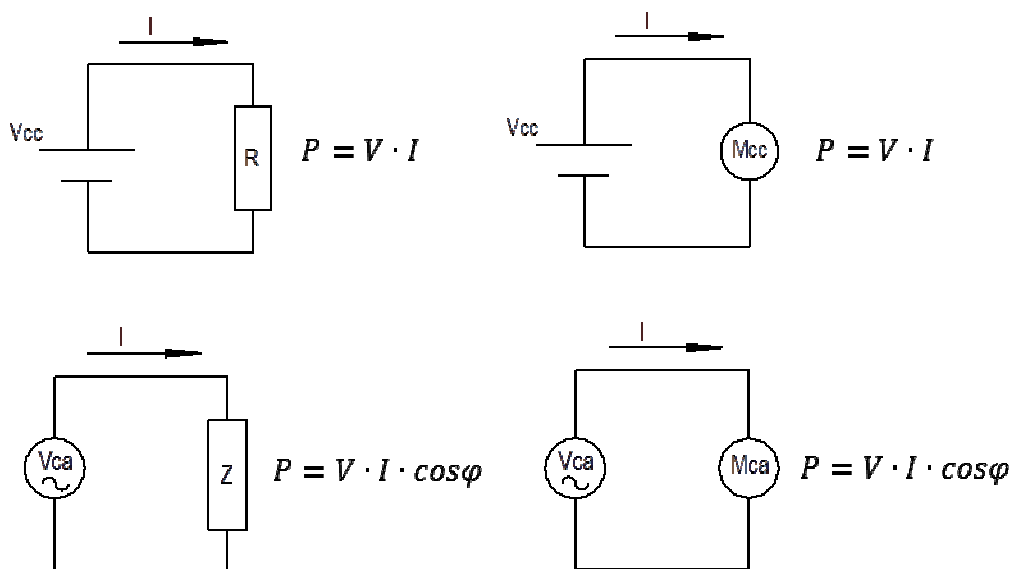
- Receptores de consumo constante. Por ejemplo:
 - resistencia de una plancha
 - consumo de una lámpara
- Receptores de consumo variable. Por ejemplo:
 - motores eléctricos:
 - o motor eléctrico de una lavadora: consumo de acuerdo con la carga de ropa.

- motor eléctrico de un ascensor: consumo de acuerdo con el nº de personas.

2.1.2. CONSUMO DE POTENCIA

La potencia y energía eléctricas consumidas por un receptor eléctrico vienen dadas por las expresiones generales, en corriente continua o alterna monofásica:

- Potencia: $P = V \cdot I$ ó $P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$
- Energía: $W = P \cdot t$



2.2. TENSIONES E INTENSIDADES

La energía eléctrica se consume en forma del producto $V \cdot I$

2.2.1. LIMITACIONES DE V

En los elementos receptores la tensión a utilizar tiene unos límites por seguridad personal.

Durante años se ha utilizado $V=127\text{ V}$

Actualmente se utiliza $V=220\text{ V}$ ó $V=380\text{ V}$.

En los circuitos de mando 220 V , 127 V ó 48 V .

2.2.2. LIMITACIONES DE I

Los conductores de transporte tienen una resistencia R.

En una resistencia se producen:

- pérdidas de potencia $R \cdot I^2$
- caída de tensión $V=R \cdot I$

Esto supone la necesidad de utilizar secciones elevadas conforme aumenta la intensidad I.

Interesa una intensidad baja. Se debe llegar a un compromiso entre V e I.

2.2.3. RECEPTORES. PUNTO DE UTILIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Predomina la razón de seguridad sobre la razón de disminución de pérdidas.

La máxima tensión de utilización es 380 V.

También se pueden utilizar 220 V. En instalaciones antiguas se usan 127 V.

Actualmente los aparatos electrodomésticos se fabrican para utilizarlos a 220V.

Las máquinas industriales trabajan a 380 ó 220 V.

Las longitudes de los conductores son pequeñas.

2.2.4. GENERADORES

La energía eléctrica se genera en aparatos o máquinas llamados **generadores**. Estos generadores pueden ser de diferentes tipos y constitución

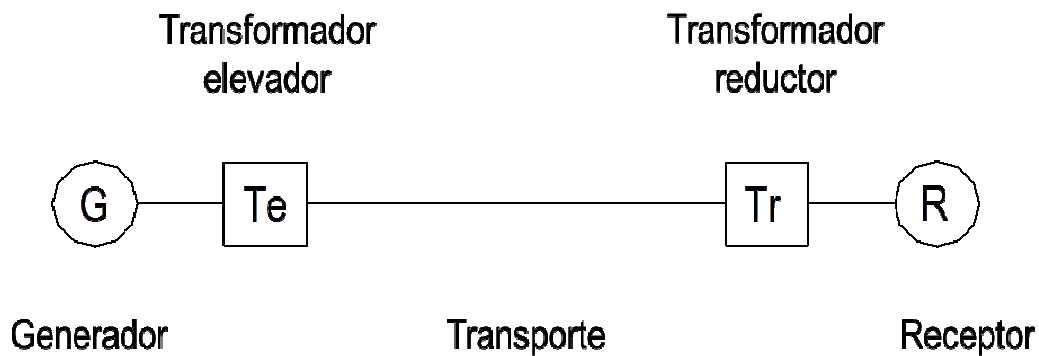
- Alternadores de corriente alterna.
- Dinamos de corriente continua.

Los generadores transforman en energía eléctrica otros tipos de energía:

- Centrales hidráulicas: Energía potencial de un salto de agua.
- Aerogeneradores: Energía cinética del viento.
- Centrales térmicas: Energía térmica de un combustible.
- Centrales nucleares: Energía de fisión de los materiales radioactivos.

La generación de energía eléctrica normalmente se realiza a tensiones intermedias:

- mayores que las de utilización
- menores que las de transporte.



2.2.5. TRANSPORTE

La energía eléctrica se transporta desde los generadores a los receptores a través de **conductores eléctricos**, cables eléctricos de cobre o aluminio.

Los conductores de transporte son de grandes longitudes y por tanto son los puntos donde se pueden generar mayores pérdidas. Debido a ello, el transporte hay que realizarlo a **V** elevada.

Se suelen utilizar tensiones de 13200 V, 36000 V, 66000 V, 120000 V y 220000 V en función de las distancias y de las potencias a transportar.

Lógicamente todas estas tensiones son peligrosas (mortales) para las personas y por tanto sólo se pueden utilizar en puntos no accesibles y con las convenientes protecciones:

- Líneas aéreas.
- Líneas subterráneas con los cables rodeados de material aislante.

2.3. TRANSFORMADORES

Para poder compaginar las dos exigencias (**V** de utilización baja, **I** de transporte baja) se recurre a transformadores.

Un **transformador** es un aparato eléctrico estático que tiene la capacidad de transformar las características de **V** y de **I** de una potencia (o energía eléctrica) sin consumir potencia (exceptuando las pérdidas intrínsecas de cada máquina eléctrica o mecánica).

2.4. CORRIENTE CONTINUA. CORRIENTE ALTERNA

La energía eléctrica se genera, se transporta y se consume de dos formas diferentes:

- **corriente continua**, cc, =
- **corriente alterna**, ca, \approx

Recordando:

- **Corriente continua**

- o receptor: resistencia

$$V = I \cdot R, \text{ luego } I = V / R$$

$$P = V \cdot I = R \cdot I^2$$

receptor: motor

$P = V \cdot I$, pero no se cumple que la potencia sea el producto de la resistencia por la intensidad al cuadrado, como en el caso anterior

- **Corriente alterna**

- o receptor: impedancia Z (R, L, C)

$$V = I \cdot Z, \text{ luego } I = V / Z$$

$$P = V \cdot I^2 = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

receptor: motor

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

La mayor parte de los circuitos de consumo de energía eléctrica son de corriente alterna.

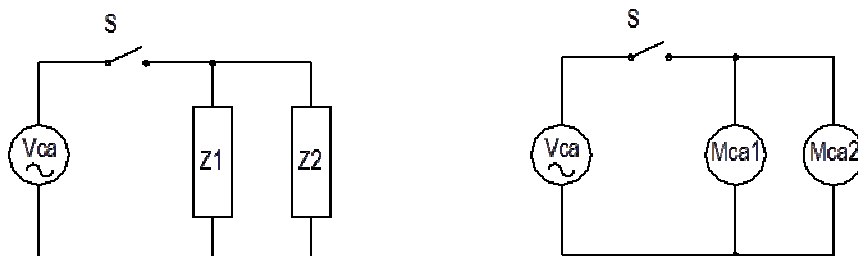
Encontraremos circuitos de corriente continua en aparatos de escaso consumo y en aparatos de mando.

Cualquiera que sea el aparato representado debemos considerar que siempre en su interior existe un conductor eléctrico por donde se cierra el circuito. Es el caso por ejemplo de un motor.

En el caso de los aparatos de mando y de protección de un circuito, ese circuito interno puede estar abierto o cerrado según las condiciones del circuito y, por tanto, deja pasar o no deja pasar corriente.

En el primer caso, el circuito está cerrado y el aparato receptor funciona. En el segundo caso, el circuito está abierto y el aparato receptor no funciona.

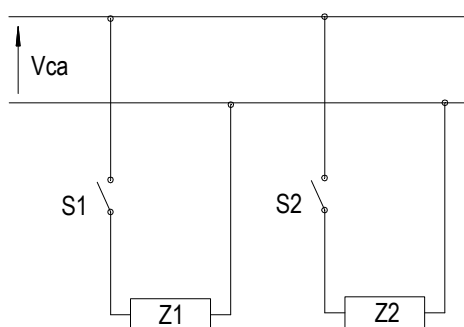
2.5. CIRCUITOS EN BAJA TENSIÓN



Tendremos un generador G , una o varias impedancias (Z en general, motores en particular) y un elemento de mando S :

- Mando abierto-Circuito abierto: no hay consumo de energía eléctrica.
- Mando cerrado-Circuito cerrado: sí hay consumo de energía eléctrica.

Normalmente el generador está distante del punto de uso y para nosotros el generador es un conjunto de dos conductores hasta donde llega la tensión generada en el generador, o bien dos puntos que definen los extremos de esos conductores.



2.6. PROTECCIONES

El transporte eléctrico se realiza por medio de conductores eléctricos por donde circula una intensidad I .

Los conductores tienen una resistencia y por tanto en ellos se generan unas pérdidas por efecto Joule ($R \cdot I^2$) que se convierten en calor.

Los receptores internamente también tienen conductores eléctricos donde se genera calor de la forma $R \cdot I^2$ (entre otras).

Los conductores se diseñan para soportar una intensidad I_n , llamada **intensidad nominal**.

Si por cualquier causa la intensidad sobrepasa a la nominal los conductores se queman en un tiempo más o menos corto, según el valor de esta intensidad. Si el valor de la I sobrepasa el valor de I_n en pocos amperios, tardará más tiempo en quemarse que si lo supera en muchos amperios.

Si el incremento es muy grande, tenemos un cortocircuito y el conductor se quema rápidamente.

En previsión de que se produzca este caso, es necesario intercalar en las líneas de conductores elementos de protección que cuando detecten un incremento de intensidad salten, abriendo el circuito, en un tiempo inferior al necesario para quemarse.

Dentro de estos aparatos de protección podemos distinguir:

- **Protección contra sobrecargas o sobreintensidades**, es decir, contra sobreintensidades ligeramente superiores a la nominal, como por ejemplo: $(1.1 \div 5)I_n$. Normalmente son aparatos que saltan por calentamiento:
 - o Relés térmicos
 - o En algunos casos, fusibles
 - o Magnetotérmicos
- **Protección contra cortocircuitos. Se producen intensidades muy superiores a la nominal, como por ejemplo $5 I_n$, $10 I_n$, $100 I_n$**

La protección se realiza con aparatos que abren el circuito magnéticamente, magnetotérmicos, o que abren el circuito porque funde algún elemento intermedio, fusibles.

2.6.1. APARATOS DE PROTECCIÓN DE INSTALACIONES

- Relé térmico: protege contra sobrecargas.
- Fusible: Protege contra cortocircuitos.
- Relé o interruptor magnetotérmico: protege contra sobrecargas y contra cortocircuitos.

2.6.2. SEGURIDAD PERSONAL

Las instalaciones eléctricas están constituidas por conductores sometidos a tensión y por máquinas con devanado eléctrico, también sometidas a tensión.

Tanto los conductores como los devanados de las máquinas han de ser inaccesibles a las personas para evitar accidentes. La inaccesibilidad de los conductores se consigue:

- a) Por su altura y posición: Líneas aéreas de Alta y Media tensión.

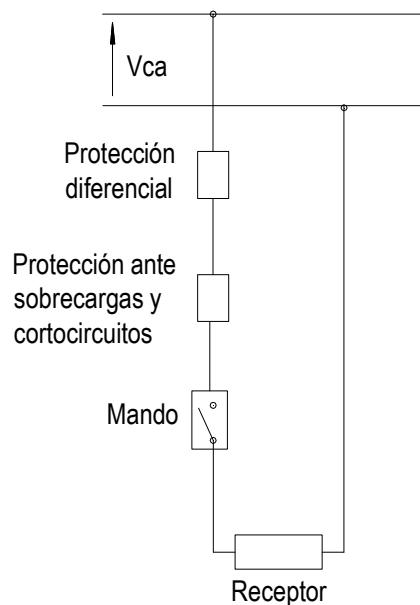
b) Porque van protegidas por una capa de aislante, actualmente de materiales plásticos.

Los circuitos eléctricos de las máquinas van aislados y están siempre dentro de una carcasa que puede ser metálica, plástica, etc.

En caso de defecto del aislante, las personas que trabajan con la máquina podrían verse sometidas a una tensión peligrosa para su salud. Por tanto los circuitos eléctricos van protegidos contra esta eventualidad con unos aparatos integrados en ellos llamados:

- Relé diferencial
- Interruptor diferencial

2.7. CIRCUITO COMPLETO



NOTA: se están representando las protecciones de forma genérica. En cada circuito concreto se elegirán las protecciones adecuadas y se representarán según el símbolo correspondiente según sean fusibles, magnetotérmicos, etc.

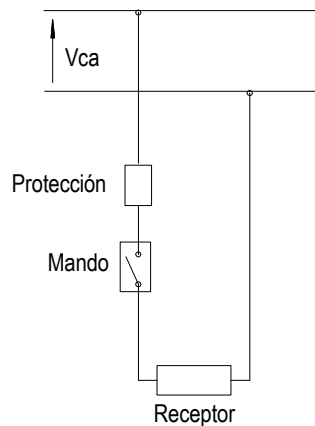
2.8. CIRCUITOS MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS

En corriente alterna hay dos formas fundamentales de utilización de energía eléctrica y por tanto dan lugar a dos formas fundamentales de circuitos:

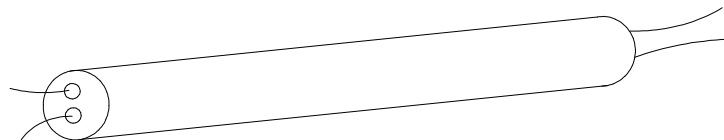
- **circuitos monofásicos**
- **circuitos trifásicos**

2.8.1. CIRCUITO MONOFÁSICO

Existe un generador de tensión alterna V con dos polos o bornes desde donde alimentamos al receptor, que también tiene dos polos o bornes de salida de su circuito interno, así como los elementos de mando.



El conductor de alimentación tiene una rama de ida y una de retorno. Normalmente ambas ramas están dentro de un mismo cable pero aisladas entre sí.



Los elementos de mando y protección se intercalan en uno de los dos ramales, por ejemplo en el de ida. Si nosotros activamos el elemento de mando, abrimos o cerramos el circuito en un punto.

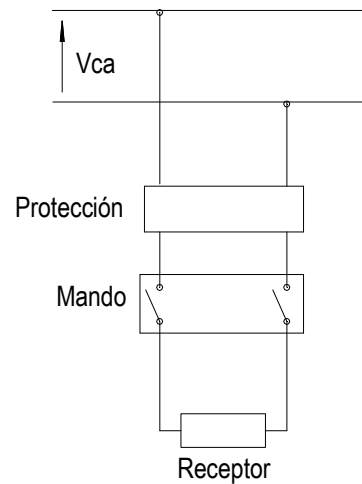
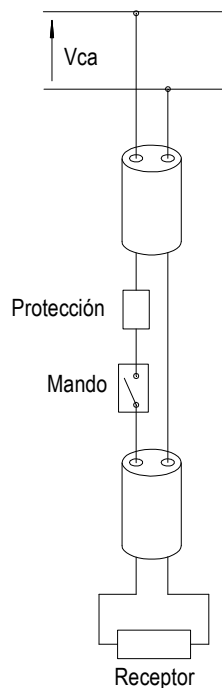
Sucede lo mismo con los aparatos de protección:

- Al abrir el circuito el receptor deja de funcionar.
- Al cerrar el circuito el receptor funciona.

Son aparatos de mando y protección **monopolares** (ver figura de la izquierda).

A pesar de que el circuito está interrumpido y el aparato receptor no funciona, éste sigue unido por el otro ramal a la fuente de tensión y, si estamos realizando algún trabajo con él, puede ser peligroso.

Por eso es frecuente utilizar aparatos bipolares que cortan o cierran el circuito en los ramales de alimentación (ver figura de la derecha).



2.8.2. CIRCUITOS TRIFÁSICOS

En nuestras casas todos los aparatos eléctricos que utilizamos son monofásicos. En las industrias la mayor parte de las máquinas de consumo son trifásicas.

El circuito trifásico o la máquina trifásica es el resultado de combinar convenientemente tres corrientes monofásicas.

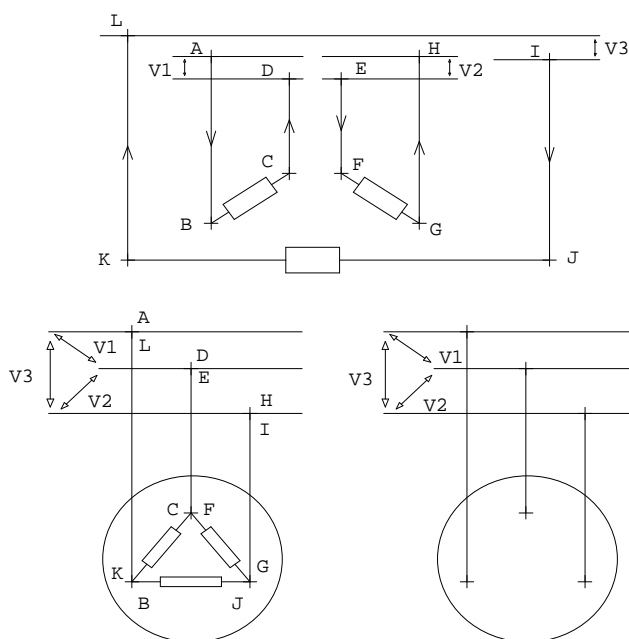
El objetivo es conseguir la potencia de tres circuitos en un tamaño de máquina más pequeña, prácticamente en el mismo tamaño de máquina que utilizaríamos para la potencia de un solo circuito.

En el caso del transporte sucede lo mismo.

Simplificando al máximo el concepto, podemos decir que un sistema trifásico es equivalente a tres sistemas monofásicos en los que nos ahorramos alguno de los conductores.

a) Utilizamos el conductor de ida de un circuito como conductor de retorno del otro.

En cuanto al elemento receptor los tres circuitos están integrados en una sola máquina.



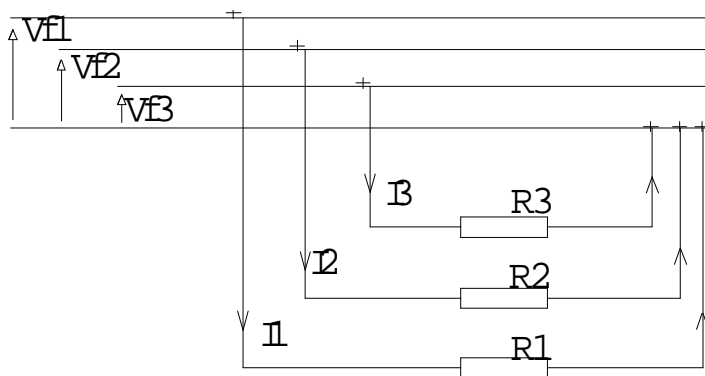
Tenemos un receptor conectado en **triángulo, Δ** . Dentro del receptor hay tres circuitos. Los tres circuitos están sometidos a tres tensiones: V_1 , V_2 y V_3 , cuyos valores eficaces son iguales, pero dado que son tensiones alternas, además de los valores eficaces hay que considerar los ángulos de desfase.

Los sistemas trifásicos se diseñan para que las tensiones estén desfasadas un tercio de periodo. Su representación vectorial sería:

1	_____	$V_{12}=V \angle 0^\circ$
2	_____	$V_{23}=V \angle -120^\circ$
3	_____	$V_{31}=V \angle -240^\circ = V \angle +120^\circ$

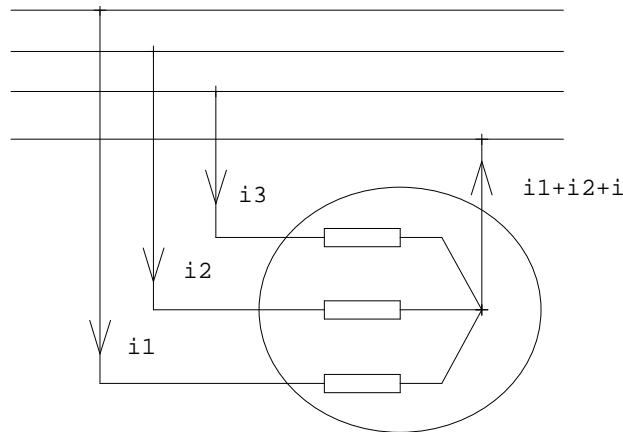
Las intensidades tienen las mismas propiedades, iguales entre sí pero desfasadas 120° eléctricos.

b) Utilizamos un solo conductor de retorno para los tres circuitos



Tenemos tres receptores R_1 , R_2 y R_3 alimentados desde tres fuentes de tensión V_{f1} , V_{f2} y V_{f3} , tensiones iguales en valor eficaz pero desfasadas 120° eléctricos.

Unimos los tres conductores de retorno y utilizamos un solo conductor de retorno.



Pasamos de 6 conductores a 4. Además, si los tres receptores son iguales, tendremos $I_1=I_2=I_3$, pero desfasadas 120° , y por tanto $\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 = 0$, podríamos suprimir el conductor de retorno.

Tenemos un solo receptor en tres circuitos conectados en **estrella**, Y, y alimentado por tres o cuatro conductores.

2.9. SISTEMAS TRIFÁSICOS. RESUMEN

Un sistema trifásico está alimentado por tres conductores de fase a los que vamos a llamar L_1 , L_2 , L_3 (ó R , S , T ó 1 , 2 , 3), entre los que se generan tres tensiones V_1 , V_2 , V_3 iguales en valor eficaz $V_1=V_2=V_3$ y desfasadas 120° eléctricos: $V_1=V_{/0^\circ}$, $V_2=V_{/-120^\circ}$, $V_3=V_{/-240^\circ}=V_{/+120^\circ}$.

A estas tensiones se les denomina **tensiones compuestas** o **tensiones entre fases**.

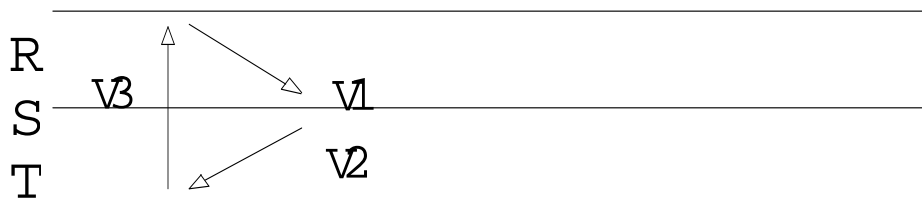
Puede existir un cuarto conductor común llamado **neutro**, N.

A las tres fases con las que cada conductor está a una tensión V , de forma que las tres sean iguales en valor eficaz V_{f1} , V_{f2} , V_{f3} y desfasadas también 120° entre sí, las llamaremos **tensiones de fase**.

La relación de las tensiones compuestas o entre fases y la de fases es:

$$V = \sqrt{3} V_f$$

En definitiva, en una conducción trifásica de 3 hilos tenemos tres tensiones V_1 , V_2 , V_3 compuestas de valor eficaz V y desfasadas entre sí 120° eléctricos.



En un sistema de 4 hilos tenemos tres tensiones de fase V_{f1} , V_{f2} , V_{f3} de valor eficaz V_f el mismo para las tres y desfasadas entre sí 120° eléctricos.

La relación entre los valores eficaces V y V_f es $V = \sqrt{3} V_f$

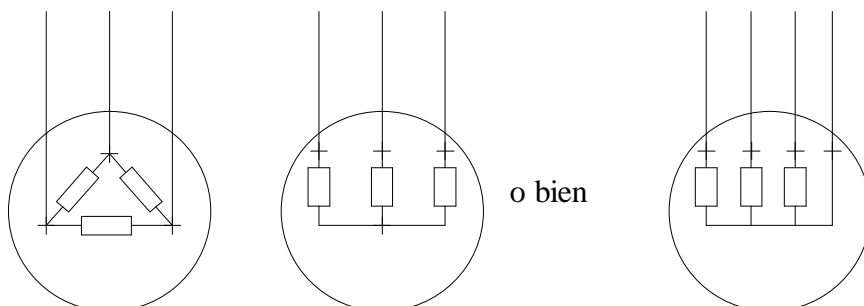
2.9.1. ALIMENTACIÓN

L_1 R	_____
L_2 S	_____
L_3 T	_____
N	_____

En sistemas trifásicos puede ser a tres hilos L_1 , L_2 , L_3 (R, S, T) o a cuatro hilos L_1 , L_2 , L_3 , N ó R, S, T, N.

2.9.2. RECEPCIÓN

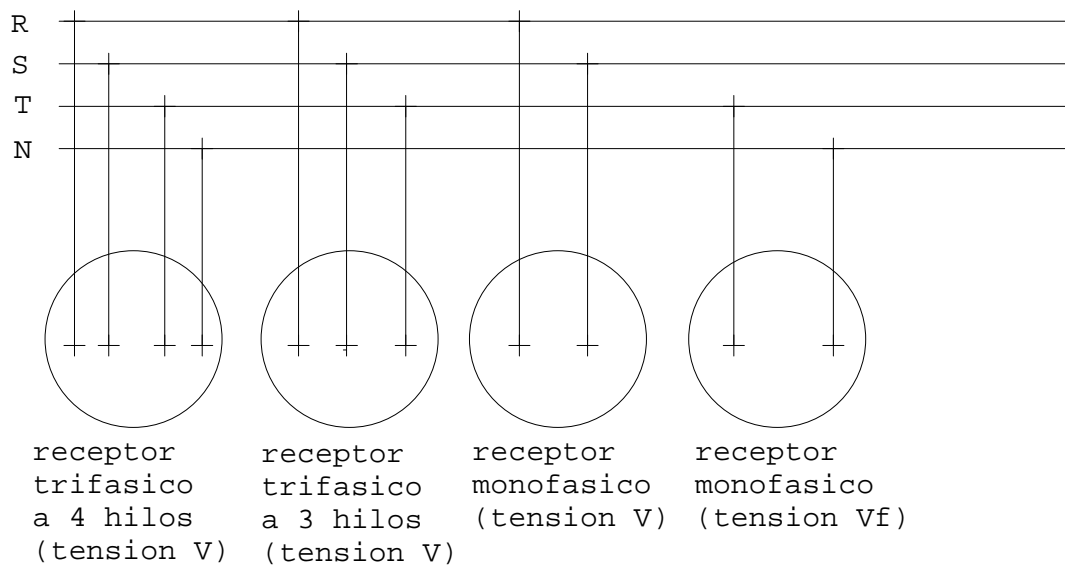
El receptor trifásico puede ser a tres hilos conectados en Δ o en Y, o a cuatro hilos conectado en Y.



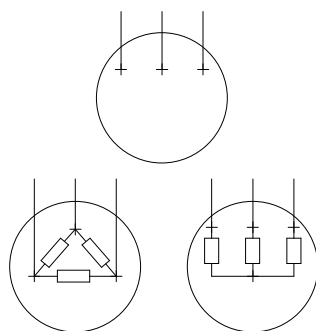
Es bastante normal que el sistema de alimentación sea de 4 hilos R, S, T, N y que los aparatos trifásicos receptores, ya sean en Δ o en Y, sean solo de 3 hilos.

Normalmente el cuarto hilo del sistema de alimentación se utiliza para receptores monofásicos con tensión más pequeña.

Desde un sistema trifásico a tres o cuatro hilos se pueden alimentar receptores monofásicos.



El receptor a tres hilos puede ser Δ o Y. Normalmente es indiferente salvo en algún caso de regulación de motores.



La tensión que define al receptor y al sistema trifásico es V.

La tensión que define al receptor monofásico es V o V_f según cual sea la conexión.

En un sistema trifásico a cuatro hilos de tensión V se pueden conectar:

- Receptores trifásicos Δ o Y, tensión V.

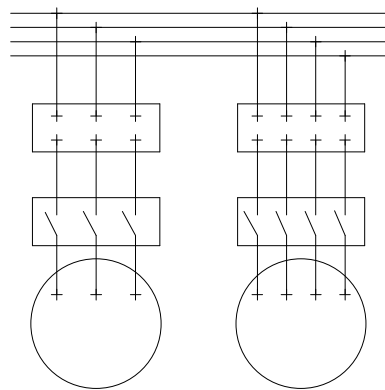
- Receptores monofásicos, tensión V (entre fases).
- Receptores monofásicos, tensión V_f (entre fase y neutro).

Tensiones normales de utilización de un sistema son:

- $V=380\text{ V}$ $V_f=220\text{ V}$
- $V=220\text{ V}$ $V_f=127\text{ V}$

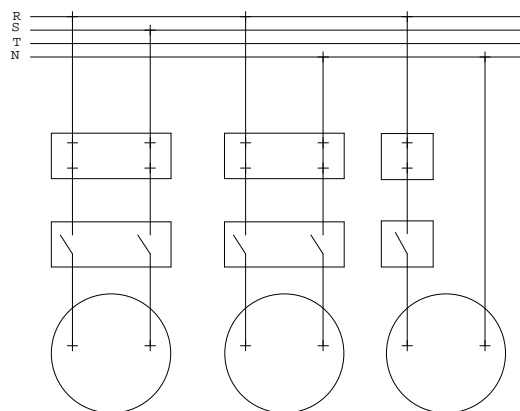
2.9.3. POLARIDAD. APARATOS DE MANDO Y PROTECCIÓN

Los aparatos de mando y protección deben de cortar todos los conductores de alimentación de los receptores trifásicos. Por tanto han de ser tripolares (los más usuales) o tetrapolares.



En el caso de receptor monofásico de tensión V , es decir, conectado entre fases, también hay que cortar los dos conductores y por tanto ha de ser bipolar.

En el caso de receptor monofásico de tensión V_f entre fase y neutro pueden ser monopolares o bipolares, pero es conveniente que sean bipolares.



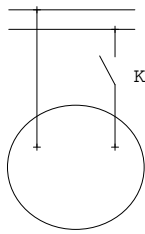
2.9.4. CONDUCTOR DE TIERRA

Las instalaciones eléctricas deben de protegerse, además de con interruptores o relés diferenciales, con conexiones a tierra que se realizan mediante unión de las carcasas metálicas a tierra por medio de conductores eléctricos sin interrupciones.

Así pues, en los circuitos eléctricos nos podemos encontrar con un conductor más, conductor de tierra, además de los correspondientes a:

- circuito monofásico
- circuito trifásico a tres hilos
- circuito trifásico a cuatro hilos

2.9.5. MANDO DE APERTURA Y CIERRE



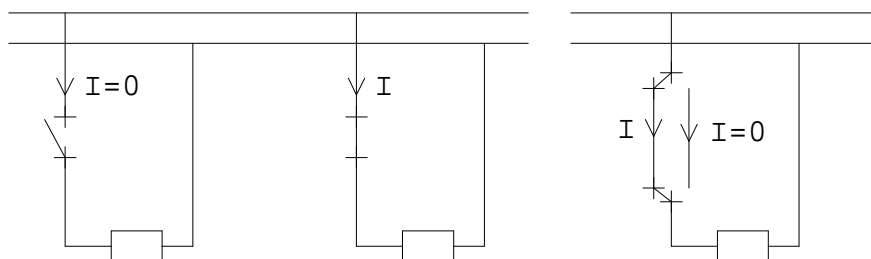
El mando de circuito puede hacerse con un interruptor que pueda abrirse y cerrarse normalmente.

Fundamentalmente tenemos un tipo de mando que es el interruptor.

El interruptor tiene dos posiciones:

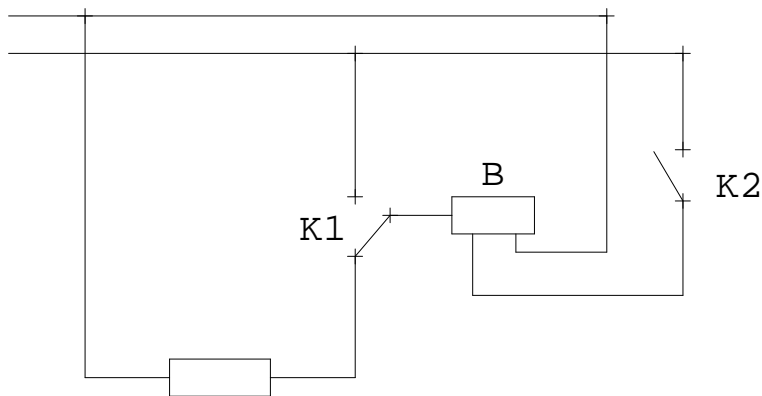
- cierre del circuito
- apertura del circuito

Estos interruptores pueden ser un poco más complicados, de forma que en una posición abran un circuito y cierren otro y a la inversa, o dos circuitos. Se llaman conmutadores.



2.9.6. MANDO A DISTANCIA

En muchas instalaciones eléctricas, el interruptor de mando se controla a distancia activando magnéticamente una bobina que cierra o abre el circuito.



El contacto o interruptor K1, se abre o cierra con la bobina B según esté o no activada.

A su vez la bobina B se activa a distancia mediante un segundo contacto, pulsador o interruptor K2. Si es un contacto, es que depende a su vez de otro accionador. Normalmente es un interruptor o un pulsador. El pulsador es manual y no tiene enclavamiento, es decir, cuando se deja de pulsar vuelve a su posición de reposo, que puede ser normalmente abierto o normalmente cerrado:

- Pulsador normalmente abierto. Tiene siempre el circuito abierto salvo cuando lo pulsamos.
- Pulsador normalmente cerrado. Tiene siempre el circuito cerrado salvo cuando lo pulsamos.

Un interruptor se caracteriza por tener enclavamiento, de modo que cuando se pulsa permanece en su nueva posición y solo vuelve a la de reposo cuando se pulsa de nuevo. Los interruptores pueden ser activados manualmente o mediante un mecanismo mecánico, neumático, hidráulico, etc. En algunos casos se utilizan los finales de carrera, que son accionadores que abren o cierran un circuito automáticamente cuando un elemento móvil (una puerta, por ejemplo) hace tope en ellos.

En los esquemas se representan por separado:

- Un circuito de potencia que comprende el receptor principal.
- Un circuito de mando que alimenta las bobinas del o de los relés de maniobra.

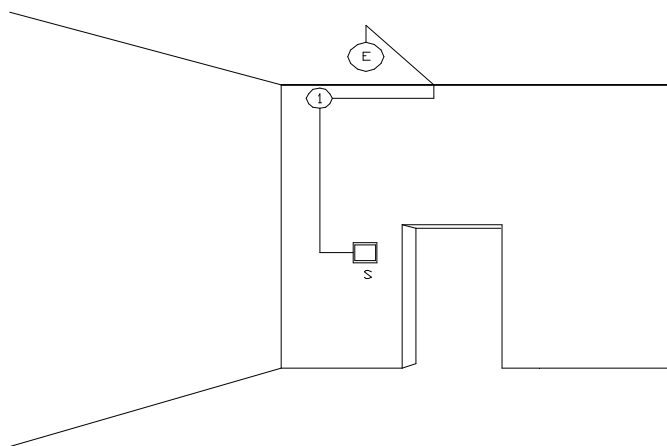
CAPÍTULO 3. ESQUEMAS ELÉCTRICOS

- 3.1. ESQUEMA FUNCIONAL
- 3.2. ESQUEMA DE CIRCUITO O DE CONEXIONES
- 3.3. ESQUEMA MULTIFILAR
- 3.4. ESQUEMA UNIFILAR
- 3.5. ESQUEMA O PLANO DE LA INSTALACIÓN

ESQUEMAS ELÉCTRICOS

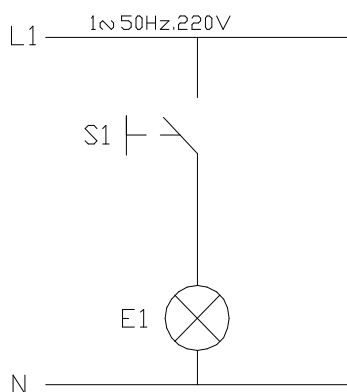
Según normas UNE, se entiende por esquemas la representación que muestra cómo se conectan y se relacionan entre sí las diferentes partes de una red, de una instalación, de un conjunto de aparatos o de un aparato.

Veamos sobre un ejemplo los tipos de esquemas eléctricos que nos podemos encontrar. La instalación eléctrica de una habitación consiste en un único punto de luz E accionado por un interruptor S.



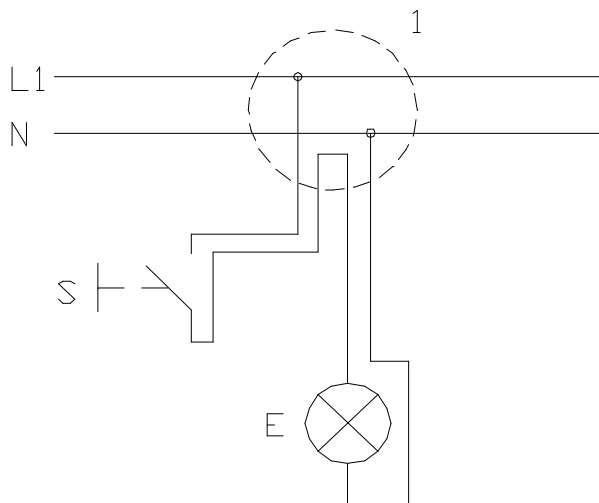
La habitación está alimentada por una línea interior monofásica de 220 V que llega a la caja de registro1.

3.1.- ESQUEMA FUNCIONAL



El esquema funcional es un dibujo simple cuyo objetivo es hacer comprender el principio de funcionamiento; no es necesario representar todas las conexiones. Si pulsamos S1 se cierra el circuito y la lámpara luce.

3.2.- ESQUEMA DE CIRCUITO O DE CONEXIONES



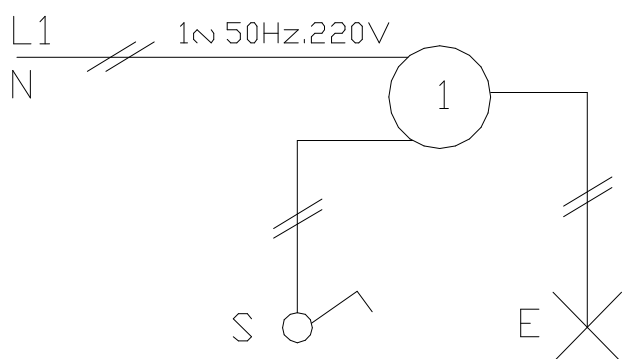
Es el esquema explicativo, cuyo fin es conocer todos los detalles de funcionamiento. Se representan todas las conexiones eléctricas mediante los símbolos correspondientes para un mejor conocimiento del esquema.

3.3.- ESQUEMA MULTIFILAR

Los dos esquemas anteriores son multifilares, es decir, que cada conductor es representado por una línea particular.

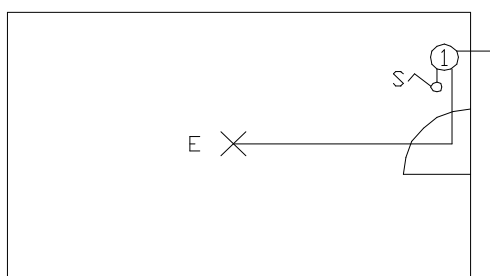
3.4.- ESQUEMA UNIFILAR

Es un esquema simplificado en el que dos o más conductores que están “juntos” se representan por un trazo único. El estar “juntos” quiere decir que forman parte de la misma canalización o que van lanzados por dentro del mismo tubo de protección.



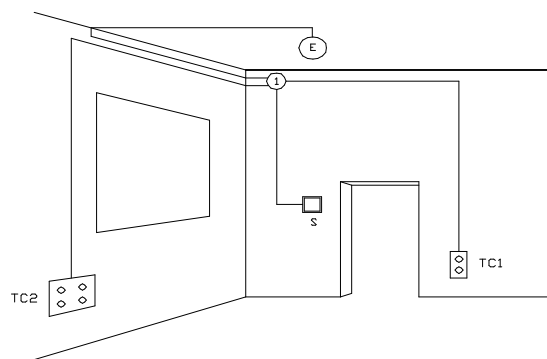
3.5.- ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN

La vista en planta de la perspectiva inicial nos da el plano de la instalación, que es el habitualmente utilizado en proyectos de electrificación. En estos planos se suele representar en planta el esquema unifilar.

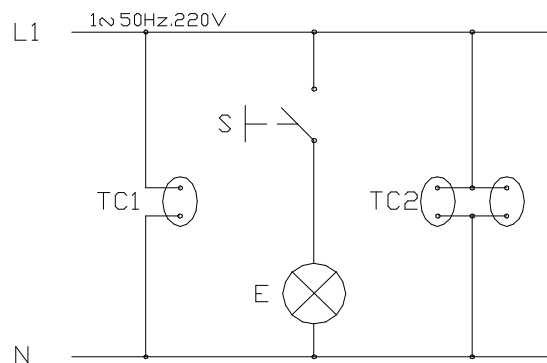


EJERCICIO 1

La instalación eléctrica de una habitación consiste en un punto de luz E, accionado por un interruptor S, y en dos tomas de corriente TC1 y TC2, ésta última doble. Este conjunto está alimentado por una sola línea interior monofásica de 220 V que llega a la caja de registro 1. La instalación lleva conductor de protección para la lámpara.

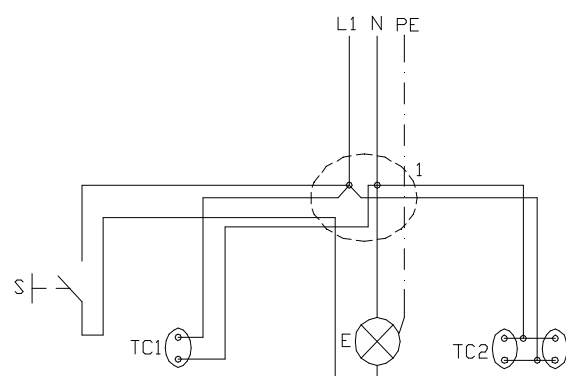


I.- ESQUEMA FUNCIONAL

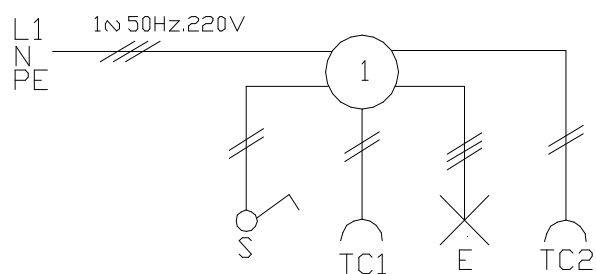


El conductor de protección (amarillo y verde) puede no figurar en el esquema funcional.

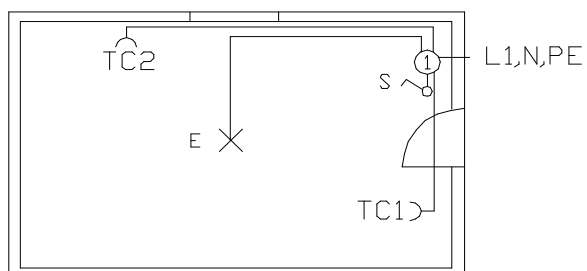
II.- ESQUEMA DE CIRCUITO O DE CONEXIONES



IV.- ESQUEMA UNIFILAR

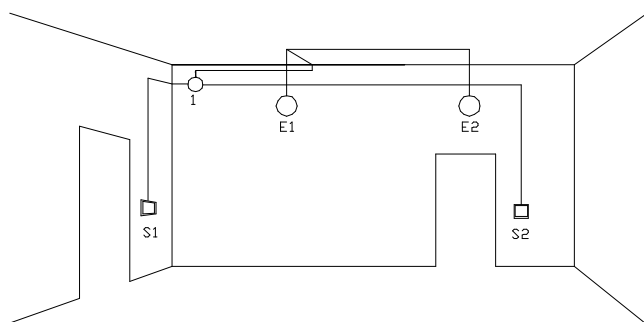


V.- PLANO DE LA INSTALACIÓN

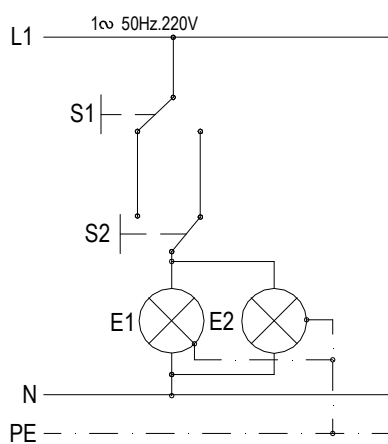


EJERCICIO 2

Dos lámparas gobernadas desde dos puntos diferentes.

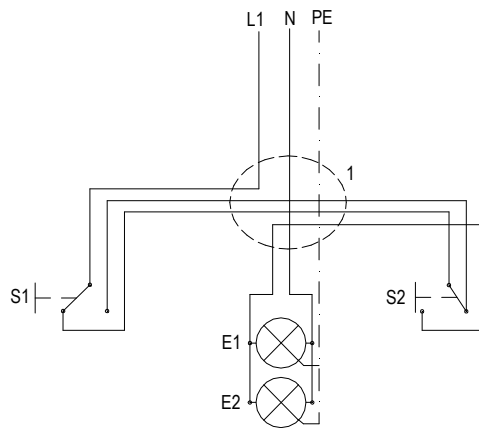


I.- ESQUEMA FUNCIONAL

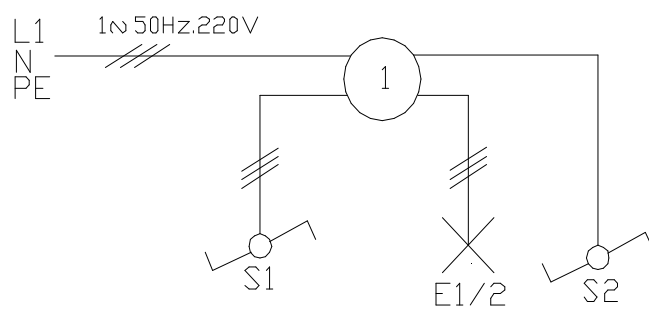


S1, S2: conmutador de vaivén (dos posiciones)

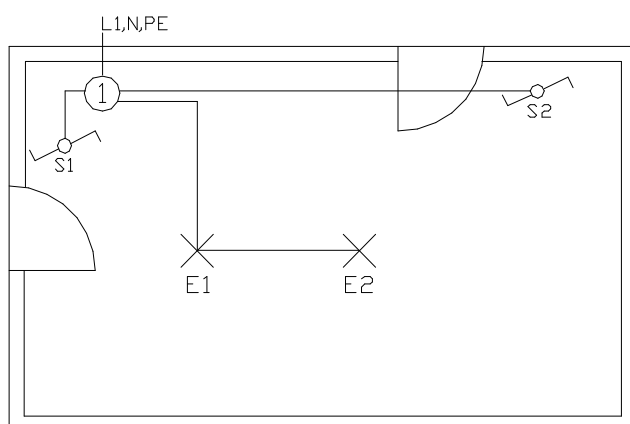
II.- ESQUEMA DE CIRCUITO O DE CONEXIONES



IV.- ESQUEMA UNIFILAR



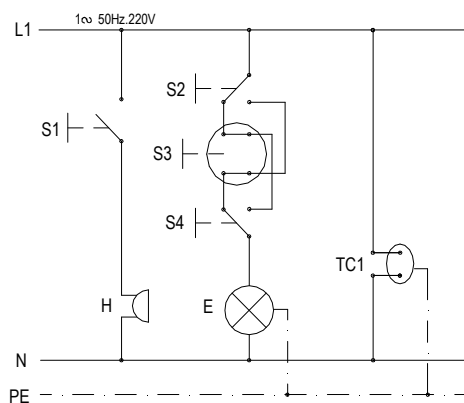
V.- PLANO DE LA INSTALACIÓN



EJERCICIO 3

Lámpara conmutada desde tres puntos, zumbador por pulsador y toma de corriente con protección. Se pide esquema funcional, de circuito y unifilar.

I.- ESQUEMA FUNCIONAL

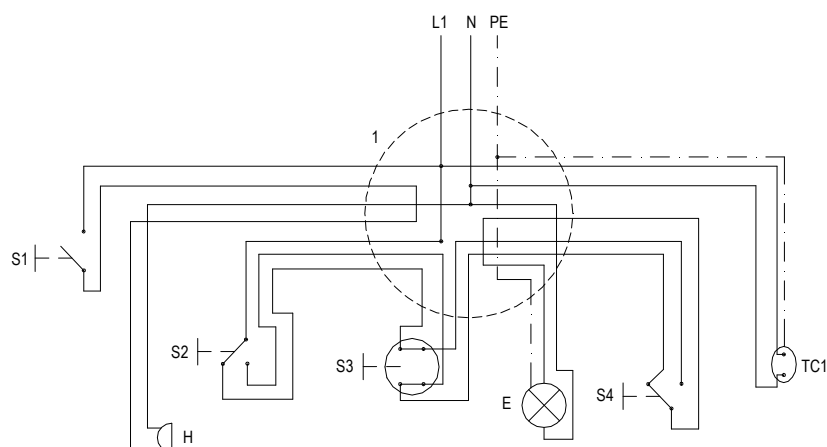


S1: pulsador

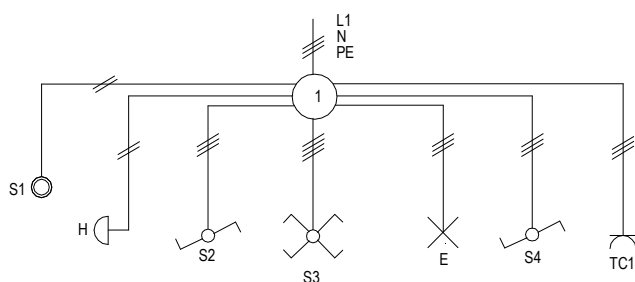
S2, S4: conmutador de vaivén

S3: conmutador de cruce (dos posiciones)

II.- ESQUEMA DE CIRCUITO O DE CONEXIONES



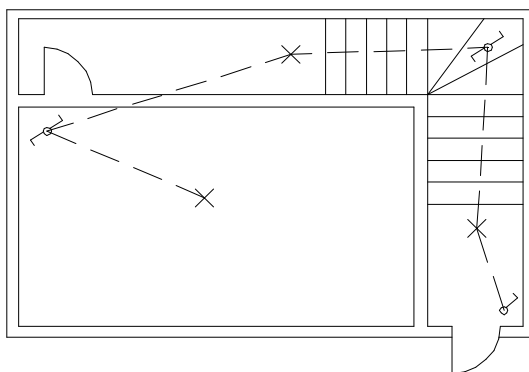
IV.- ESQUEMA UNIFILAR



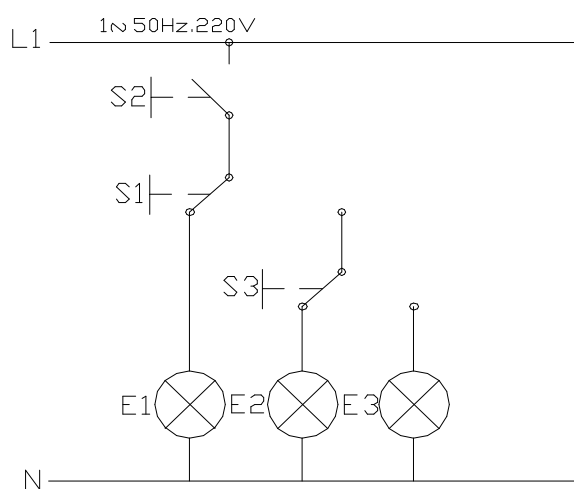
EJERCICIO 4

Alumbrado de sótano. Se pretende interrumpir un circuito y establecer otro por medio de un mismo aparato.

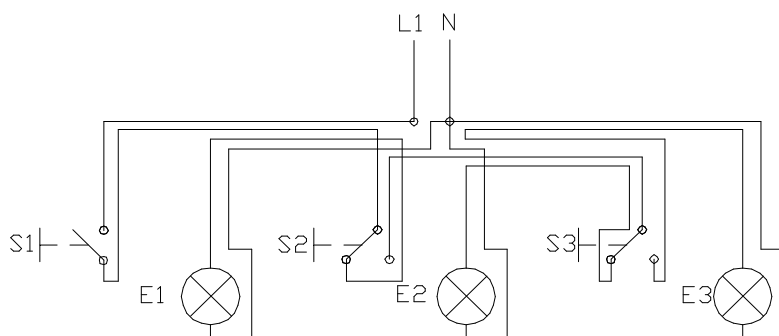
Dibuja los esquemas a partir del plano dado.



I.- ESQUEMA FUNCIONAL

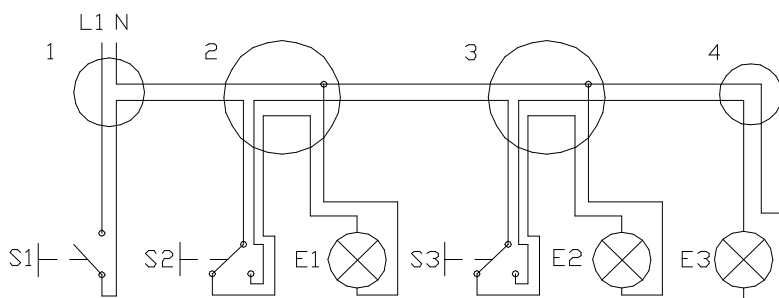


II.- ESQUEMA DE CIRCUITO O DE CONEXIONES



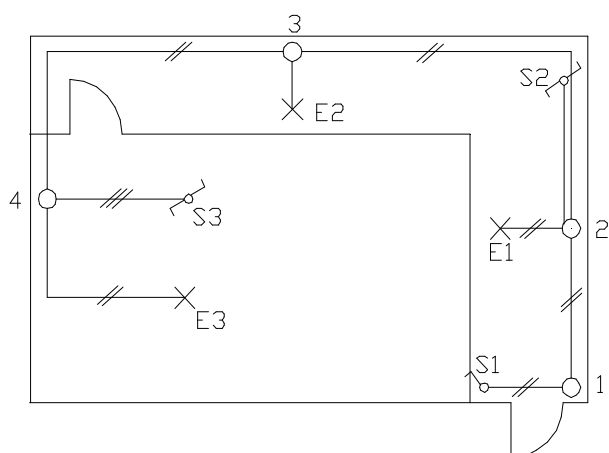
(con una sola caja de derivación)

II.- ESQUEMA DE CIRCUITO O DE CONEXIONES



(cuatro cajas de derivación)

IV.- ESQUEMA UNIFILAR



CAPÍTULO 4. ESQUEMAS ELÉCTRICOS EN EDIFICACIONES

4.1.- INSTALACIONES DE ENLACE

- 4.1.1.- INTRODUCCIÓN
- 4.1.2.- INSTALACIONES DE ENLACE EN EDIFICIOS PARA VIVIENDAS
- 4.1.3.- ACOMETIDA
- 4.1.4.- CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN
- 4.1.5.- LÍNEA REPARTIDORA
- 4.1.6.- DERIVACIONES INDIVIDUALES
- 4.1.7.- CONTADORES
- 4.1.8.- PUESTA A TIERRA

4.2.- ELECTRIFICACIÓN DEL INTERIOR

- 4.2.1.- CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN
- 4.2.2.- DIAGRAMAS DE DISTRIBUCIÓN.
- 4.2.3.- CANALIZACIONES
- 4.2.4.- EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN
- 4.2.5.- INSTALACIÓN CONVENCIONAL E INSTALACIÓN RAMIFICADA

4.1.- INSTALACIONES DE ENLACE

4.1.1- INTRODUCCIÓN

Las instalaciones de baja tensión (<1000V) están sometidas al Reglamento de Baja Tensión (RBT).

Este reglamento clasifica los lugares de consumo en cinco grupos:

- edificios destinados principalmente a viviendas
- edificios comerciales o de oficinas
- edificios públicos (teatros, cines,...)
- edificios destinados a una industria específica
- edificios destinados a una concentración de industrias

Se comenzará con los edificios destinados a viviendas (los esquemas eléctricos pueden ser válidos para otro tipo de edificios siempre que el reglamento no imponga restricciones particulares).

4.1.2.- INSTALACIONES DE ENLACE EN EDIFICIOS PARA VIVIENDAS

La conexión entre la red de distribución pública y el cuadro de cada vivienda o local se realiza a través de la “instalación de enlace”.

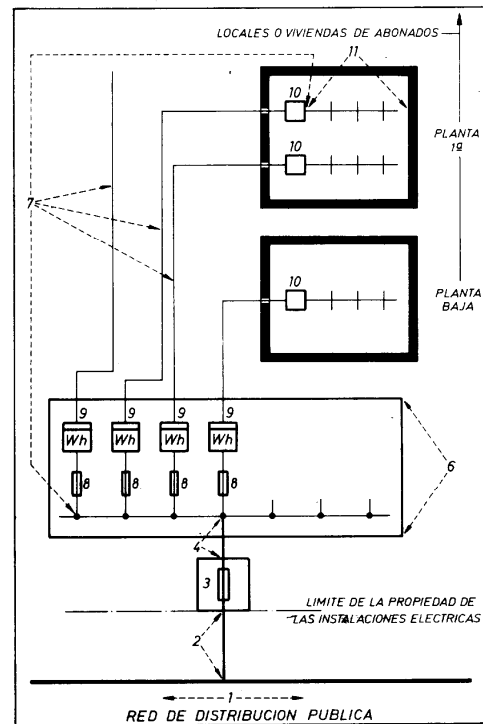
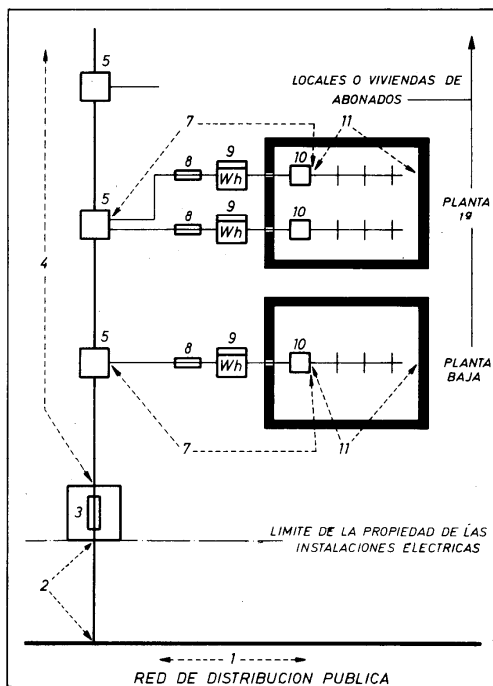
Dicha instalación consta de:

- acometida
- caja general de protección
- línea repartidora
- derivación individual

De la línea repartidora parten las diferentes derivaciones individuales, que contienen sus correspondientes protecciones y cuadros de distribución.

Según la disposición de los contadores una instalación de enlace se ajusta a esquemas diferentes, si bien las Normas Técnicas de edificación y las diversas Normas Particulares de las Empresas Distribuidoras dan solamente por válida la instalación de contadores concentrados en un punto.

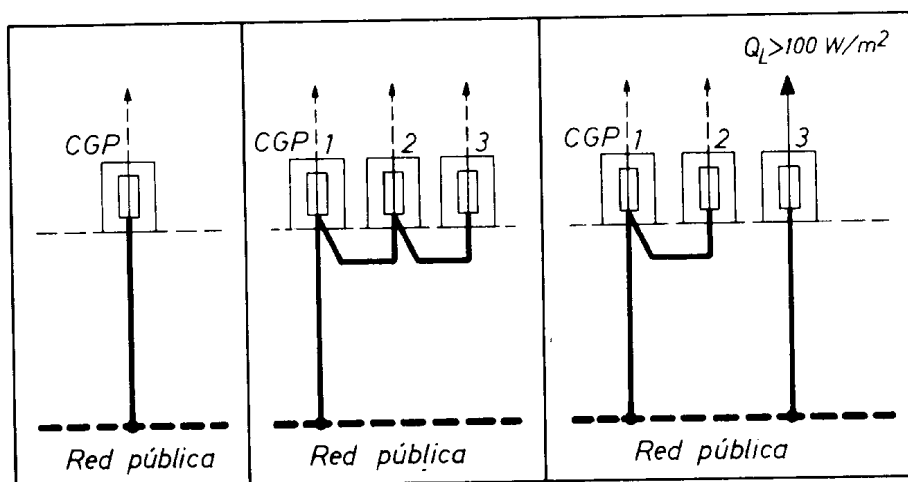
- 1- Red de distribución pública.
- 2- Acometida.
- 3- Caja general de protección.
- 4- Línea repartidora.
- 5- Caja de derivación.
- 6- Centralización de contadores.
- 7- Derivaciones individuales.
- 8- Fusibles de seguridad.
- 9- Contadores individuales.
- 10- Interruptor automático.
- 11- Instalación interior.



4.1.3.- ACOMETIDA

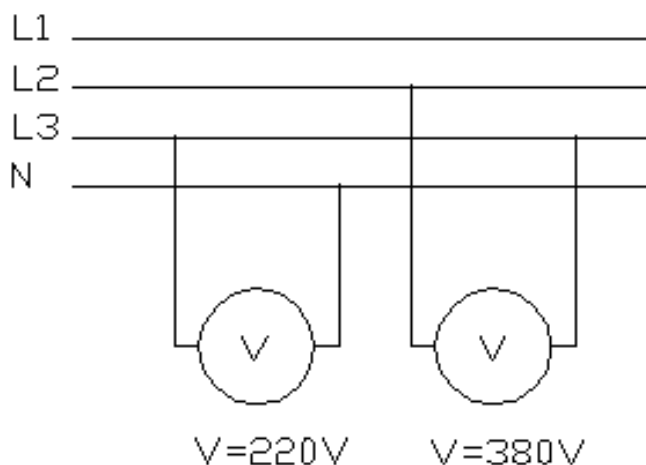
Es la parte de la instalación comprendida entre la red de distribución pública y la caja o las cajas generales de protección.

Un edificio de viviendas tiene normalmente una acometida por portal. Sin embargo, puede existir una segunda acometida si hay una demanda de potencia que requiere un suministro separado (locales de alto consumo, construcción de un levante, fuerte ampliación en la demanda de potencia de un abonado,...). En cualquier caso, una misma acometida puede alimentar varias Cajas Generales de Protección (C.G.P.).

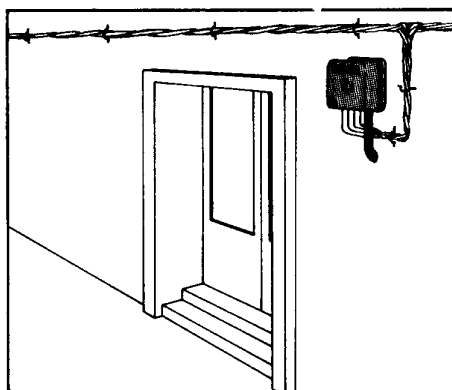


Salvo en suministros monofásicos para pequeñas potencias, las acometidas son siempre trifásicas y tienen 4 conductores:

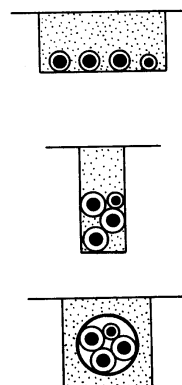
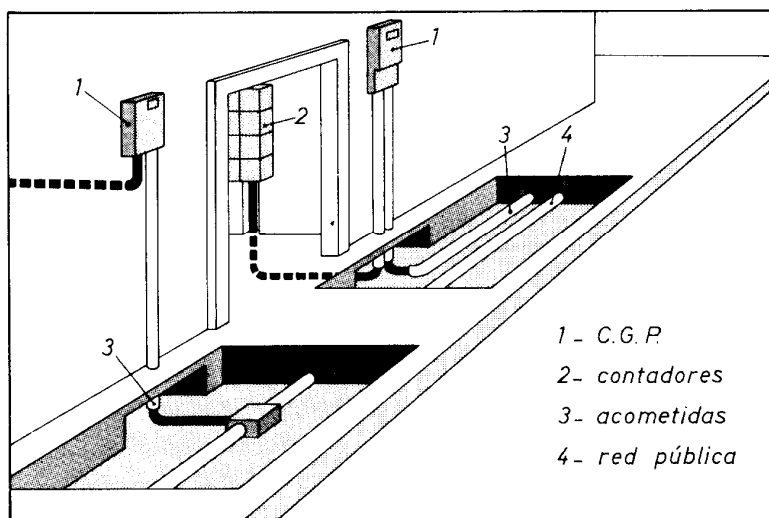
- 3 conductores activos (fases)
- 1 conductor neutro



En acometidas aéreas con conductores aislados, el sistema más normal consiste en el tendido de conductores trenzados en haz sobre fachadas y postes. En este caso los conductores son casi siempre de aluminio y recubiertos de material aislante.

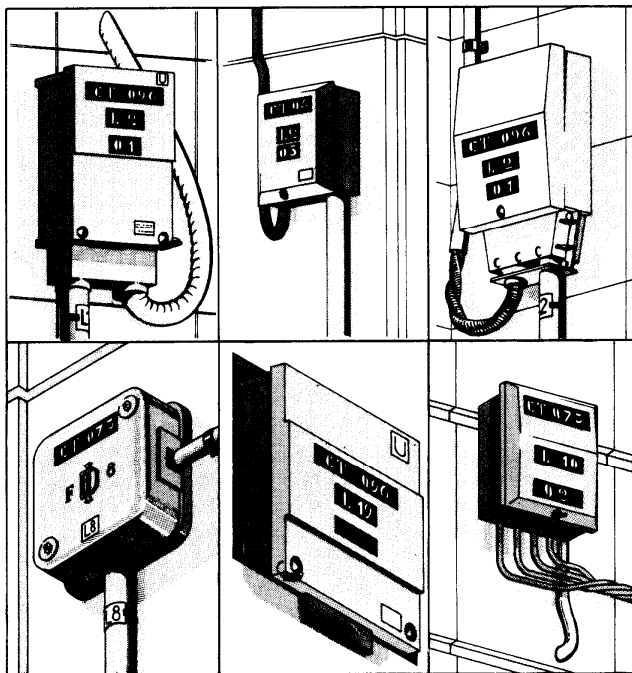


En acometidas subterráneas los conductores son aislados. Se instalarán en el fondo de zanjas abiertas a lo largo de las vías públicas y, siempre que sea posible, en aceras. Los conductores usados en este tipo de acometidas son de aluminio con un recubrimiento aislante de goma.

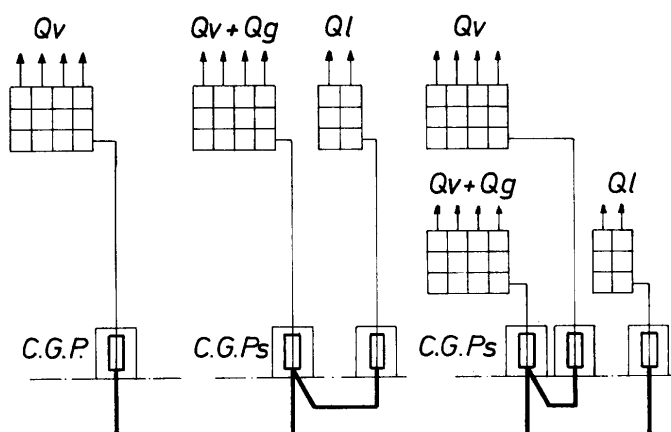


4.1.4.- CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN

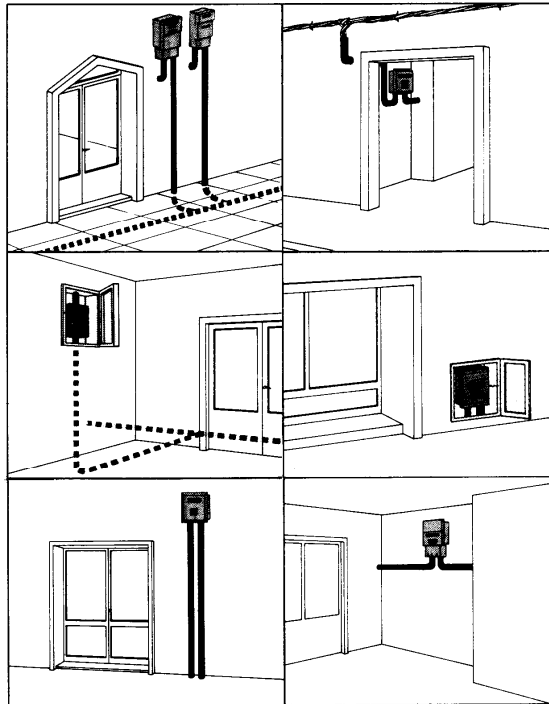
Contienen los fusibles que protegen la línea repartidora. Cada fusible protegerá un conductor activo (fase), existiendo para el conductor neutro un borne de conexión. Si la caja es metálica existirá otro borne para su puesta a tierra.



En edificios de tamaño pequeño o mediano, lo normal es que exista una sola C.G.P. En cualquier caso habrá tantas cajas como líneas repartidoras. El número de estas viene determinado por la intensidad máxima que puede circular por ellas. Cada línea repartidora suministra tensión a una centralización de contadores.



Los puntos de colocación de las C.G.P. se fijan de acuerdo entre el constructor del edificio, propietario o abonado y la empresa distribuidora. El lugar escogido será de tránsito general y acceso libre y fácil, lo más alejado de otras instalaciones como agua, gas, teléfono, etc. Son lugares preferentes las fachadas y el interior de los portales.



El tipo de la caja lo escoge la empresa distribuidora de entre los homologados en sus Normas. Todas las empresas distribuidoras admiten como de obligado cumplimiento que sus cajas sean de material aislante y respondan a la recomendación UNESA 1403. La caja siempre será precintable y tendrá un grado de protección que corresponda a su lugar de instalación.

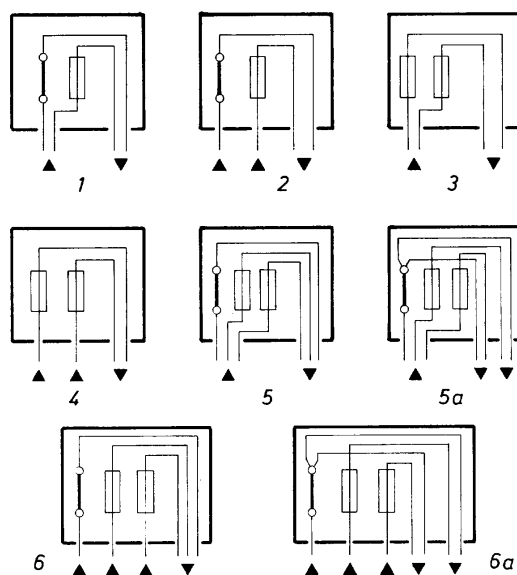
La designación de una C.G.P. se realiza con la sigla C.P. (caja de protección) seguida de:

- un número que indica el tamaño
- una letra: E, para montaje exterior
Y, para montaje interior
- la letra U, si la caja tiene un orificio de entrada para cada conductor de la acometida
- una barra inclinada y un número que indica el número de abonados, si hay más de uno.

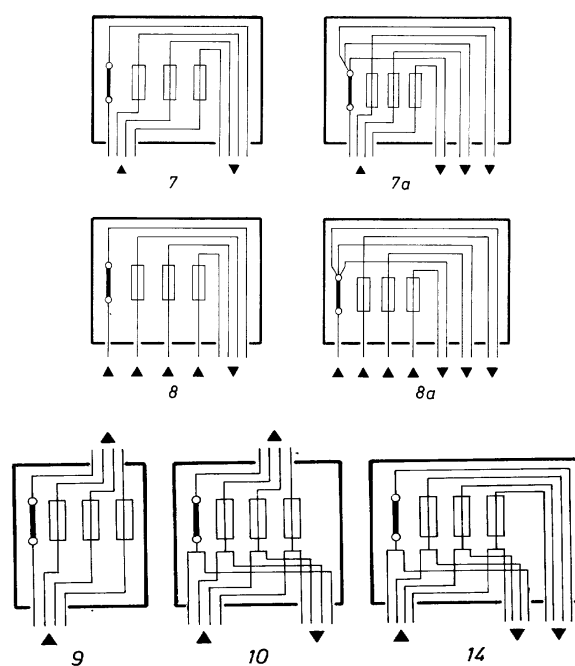
Ejemplo: CP1-EU
CP2-I/8

Esquemas de diferentes Cajas Generales de Protección:

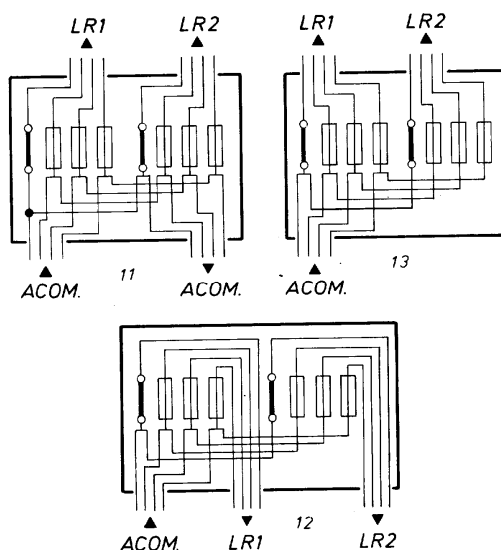
a.- Acometidas monofásicas



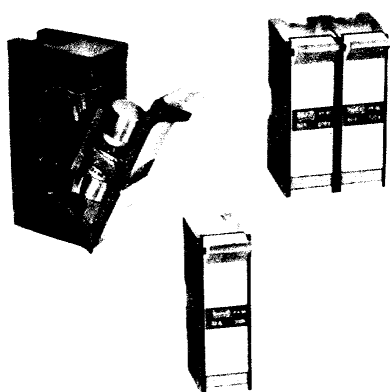
b.- Acometidas trifásicas



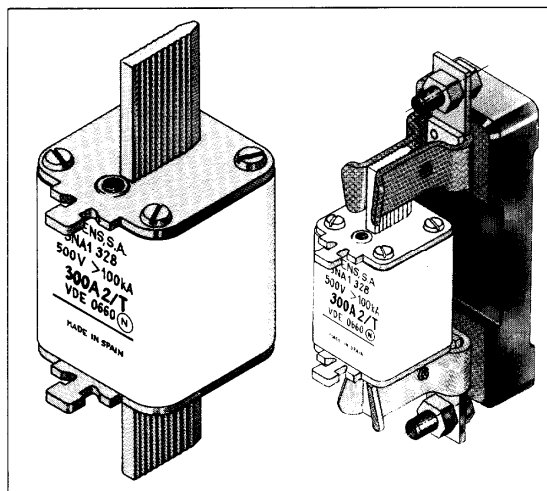
c.- Cajas Generales de Protección dobles



Los fusibles empleados y sus bases correspondientes tendrán el calibre que corresponda a la línea repartidora que protegen, cortando el suministro a los conductores de esta antes de que la intensidad supere la máxima admisible.



Fusibles cilíndricos alojados en portafusibles seccionables y maniobrables individualmente.



Fusible de cuchilla acoplado a presión a su zócalo.

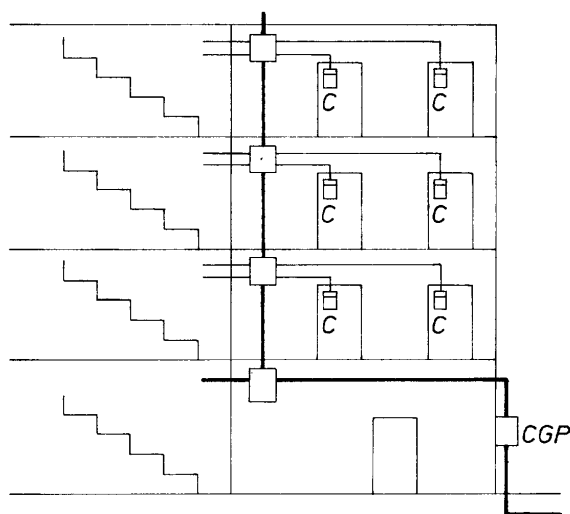
4.1.5.- LÍNEA REPARTIDORA

Enlaza la C.G.P. con las derivaciones individuales a los contadores.

Si los contadores están en las distintas plantas del edificio, la línea repartidora se instalará siguiendo la caja de la escalera.

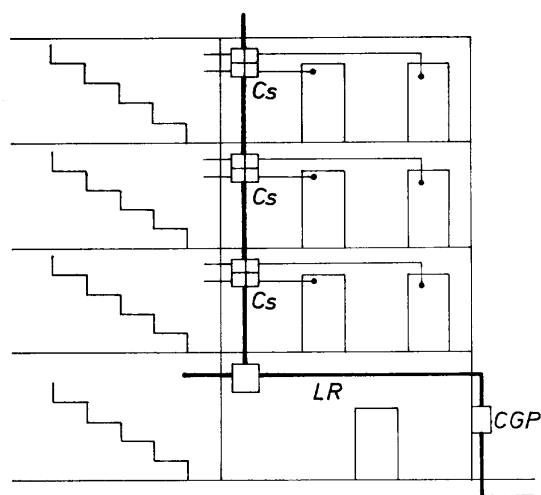
a.- Contadores colocados individualmente

En los rellanos de entrada a las viviendas se dispondrán cajas de derivación precintables, de las cuales partirán las derivaciones individuales a cada contador.

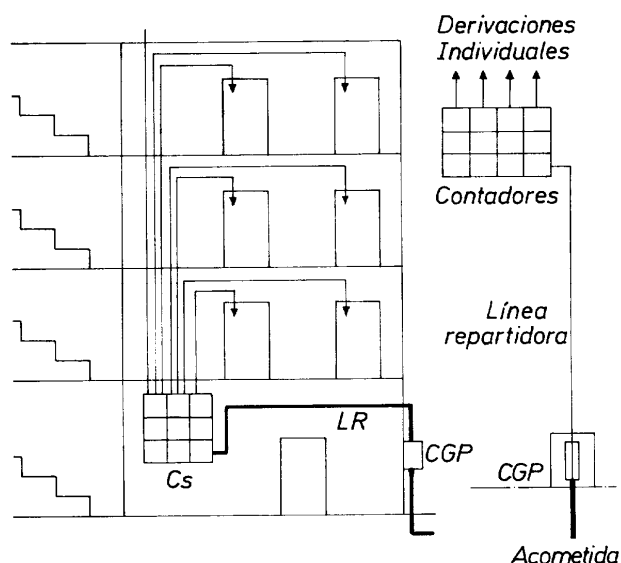


b.- Contadores concentrados por plantas

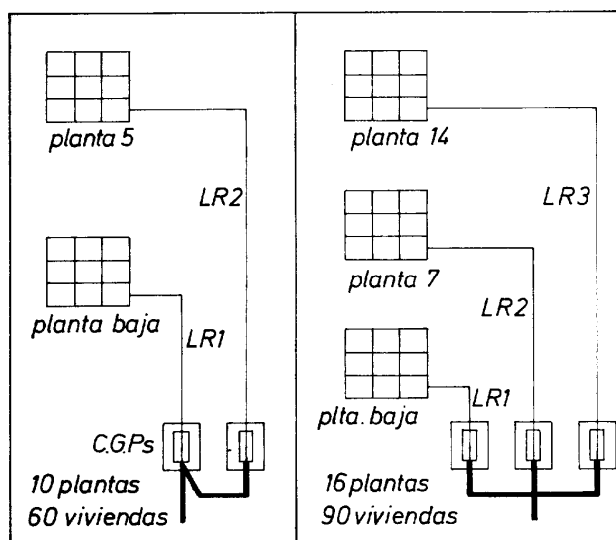
En cada planta, una derivación de la línea repartidora alimenta el pequeño armario precintado que contiene los contadores correspondientes.



La línea repartidora que alimenta una única centralización de contadores es la disposición aceptada actualmente por la totalidad de las empresas distribuidoras.



Normalmente las empresas distribuidoras fijan en 250A la intensidad máxima que debe atravesar una Línea Repartidora. Si el edificio es grande existirán dos o más Líneas Repartidoras que alimentarán centralizaciones de contadores situados en plantas intermedias. En cualquier caso, cada Línea Repartidora alimentará su correspondiente centralización de contadores y no tendrá ninguna interconexión con las otras.



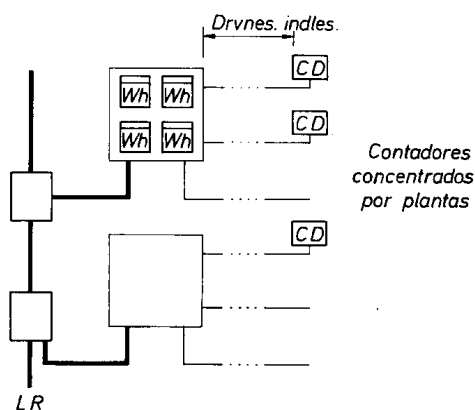
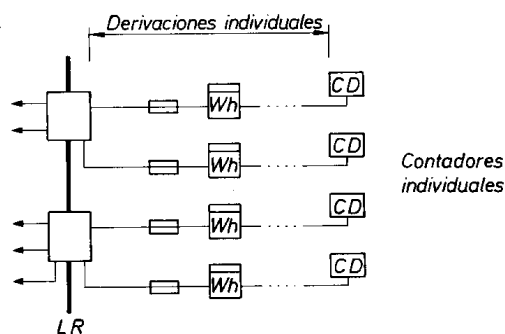
Los conductores de la Línea Repartidora serán de cobre. Si la Línea es trifásica, el reparto de la carga se hará del modo más equilibrado posible entre las tres fases. Cuando una Línea Repartidora alimenta una centralización de contadores, la sección de sus conductores será constante en todo su recorrido.

Las dos formas más frecuentes de instalación son las siguientes: conductores alojados dentro de un tubo de protección o conductores al aire apoyados en bandejas o soportes diversos. El R.B.T. menciona las siguientes posibilidades:

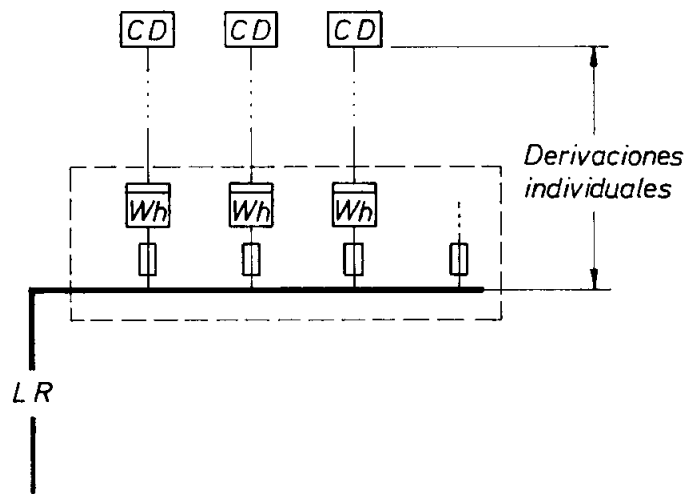
- conductores aislados en el interior de tubos empotrados
- conductores aislados en el interior de tubos de montaje superficial
- canalizaciones prefabricadas
- conductores aislados, con cubierta metálica y en montaje superficial
- conductores aislados en el interior de canales protectores de material plástico.

4.1.6.- DERIVACIONES INDIVIDUALES

Enlazan el contador o contadores de cada abonado con sus dispositivos de mando y protección, es decir, con sus cuadros de distribución.



El sistema más habitual para la instalación de las derivaciones individuales consiste en alojar sus conductores dentro de tubos protectores y llevarlos todos juntos por una canaladura que siga la caja de escaleras. En cada planta se desviarán hacia sus correspondientes viviendas.



El R.B.T. admite, no obstante, para las derivaciones individuales los mismos tipos de instalación que para las líneas repartidoras.

Una derivación individual será trifásica cuando en la vivienda, servicios o locales existan receptores trifásicos y así se demande expresamente. Como norma general las derivaciones son trifásicas para potencias contratadas superiores a 13.2 ó 13.8 kw.

Muchas veces acompaña a la derivación individual otro cable que es la derivación de la línea principal de tierra. Este es un conductor que enlaza la barra de tierra de la centralización de contadores con la borna de tierra de los cuadros de distribución de los abonados, y se le considera también parte integrante de la derivación individual a la que acompaña. Así nos podemos encontrar un plano en el que ponga, al lado del conductor correspondiente de una derivación monofásica $3 \times 6 \text{ mm}^2$ (3 cables: fase + fase/neutro + tierra de sección 6 mm^2 cada uno), o al lado de una trifásica $4 \times 10 + 1 \times 6 \text{ mm}^2$ (4 cables de 10 mm^2 : 3 fases y neutro + 1 cable de 6 mm^2 : tierra).

El color del aislamiento de los conductores de una derivación individual es:

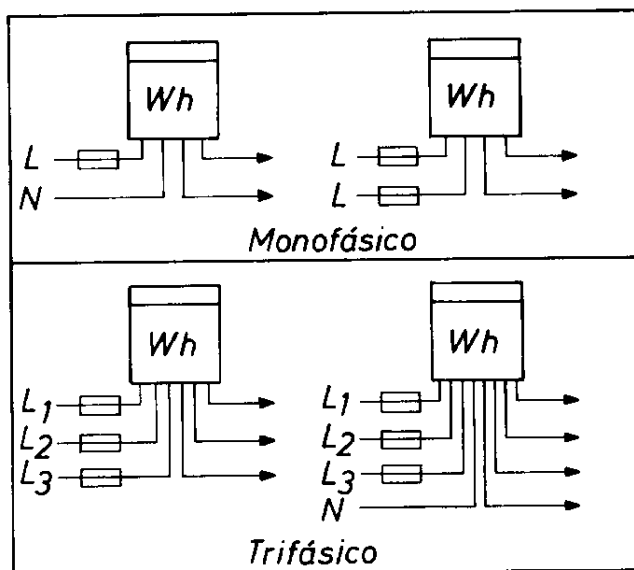
- fases (L1, L2, L3): negro/marrón/gris
- neutro (N): azul claro
- tierra (PE): amarillo-verde

4.1.7.- CONTADORES

Son aparatos destinados a medir el consumo de energía eléctrica de los usuarios o abonados.

A la entrada se pone un fusible por cada conductor de fase que llegue al contador. podemos tener por tanto diferentes tipos de instalación.

- Contador a dos hilos (derivación monofásica)
- Contador a tres hilos (derivación trifásica sin neutro)
- Contador a cuatro hilos (derivación trifásica con neutro)



Un contador se elige en función de:

- el número de conductores de su derivación individual
- la intensidad nominal de la derivación individual, que a efectos de elección del contador es lo que corresponde a la potencia de contrato.

Ejemplos de designación de un contador:

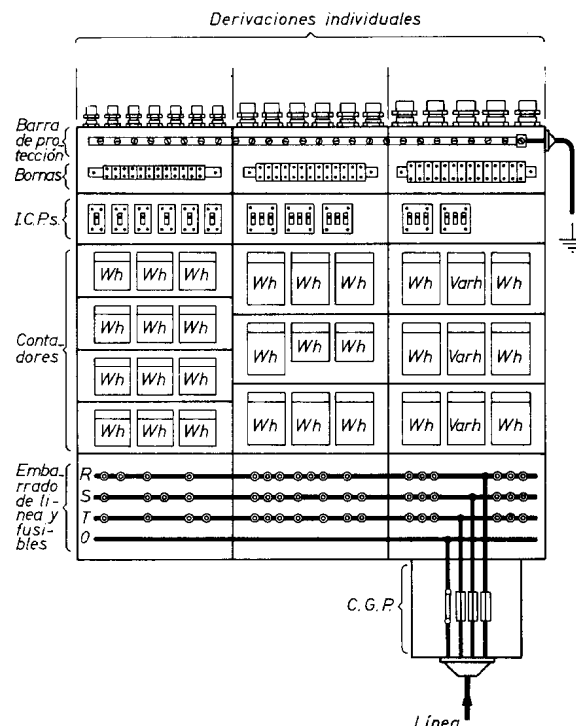
- monofásico 2 hilos: 127V, 10A
- monofásico 2 hilos: 220V, 10A
- trifásico 3 hilos: 3×220V, 15A
- trifásico 4 hilos: 3×220(380)V, 20A

Si la instalación de un abonado es individual, el contador se colocará en un sitio inmediato a la puerta de entrada del abonado, dentro o fuera de su vivienda o local, a una altura entre 1.50 y 1.80 m y con un mínimo de 1.10 m hasta la pared opuesta.

Si los contadores están concentrados en un punto, y el número de contadores no supera los 16, el espacio destinado podrá ser una parte de paso común, cerca del portal de la calle, con un mínimo de 1.10 m entre el contador más saliente y la pared de enfrente. Si se supera esta cifra habrá un local exclusivo para ellos.

El sistema usado por la mayoría de las empresas distribuidoras para agrupar los contadores es la centralización, que suele consistir en conjuntos modulares con envolvente aislante, que contienen fusibles de seguridad, contadores y diversos elementos de conexionado. Puede contener contadores de viviendas, servicios generales y locales comerciales.

Habitualmente la C.G.P. está en la fachada o interior del portal y los I.C.P.'s están en el interior de viviendas y locales, junto a sus cuadros de distribución.



El local que aloja la concentración de contadores no ha de ser húmedo, estará suficientemente ventilado e iluminado, y si la cota del suelo es inferior o igual a la de los pasillos tendrá sumidero de desagüe. Podrá tener una o varias centralizaciones y su uso será exclusivo para ellas.

Para suministros con potencia de contrato de más de 15kw podemos encontrar un contador de energía reactiva junto al de activa. Para más de 50 kw su colocación es obligatoria.

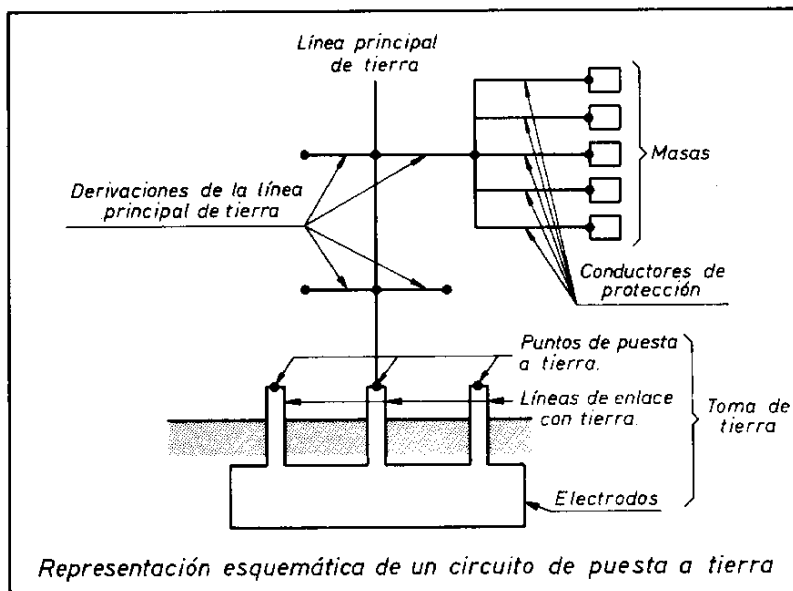
4.1.8.- PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra es la unión directa entre ciertos elementos o partes de la instalación de un edificio y uno o varios “electrodos” enterrados en el suelo, con el objeto de limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar en un momento dado las masas metálicas.

Para evitar que la corriente pase por la persona tenemos:

- un interruptor diferencial
- red de tierra

Las partes de un sistema de puesta a tierra son:

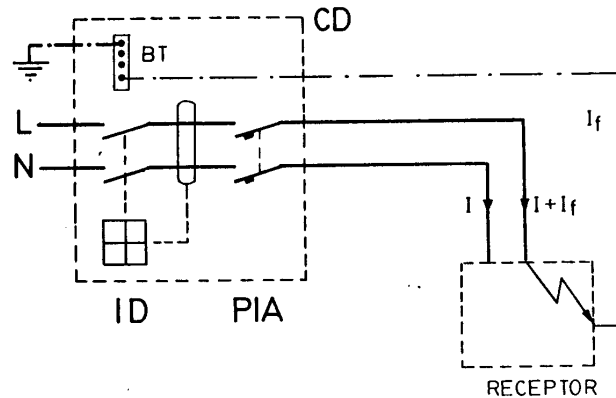


Los elementos que se conectan a los puntos de puesta a tierra son:

- a.- pararrayos
- b.- antenas colectivas
- c.- cualquier masa metálica importante que sea accesible como tuberías metálicas, calderas, depósitos, etc.
- d.- guías metálicas de ascensores y montacargas
- e.- tierras de construcción
- f.- conductores de protección de las instalaciones interiores de viviendas, locales y servicios generales.

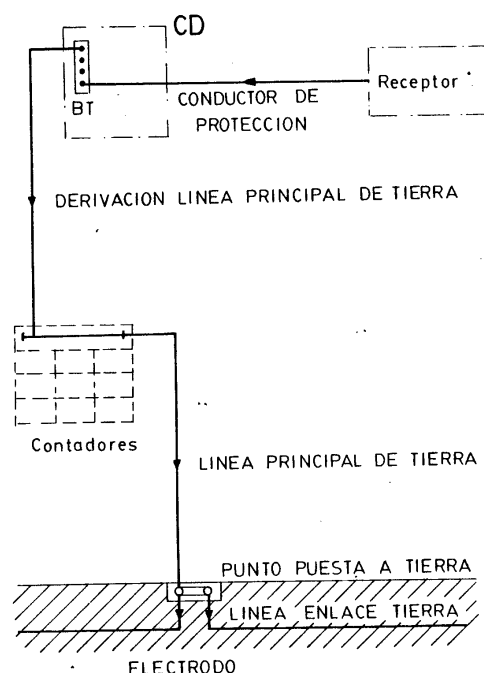
El funcionamiento de la instalación será el siguiente:

Cuando un receptor con masas eléctricas provoca una corriente de fuga por un problema de aislamiento, el interruptor diferencial detecta el desequilibrio y corta la tensión de suministro.



La intensidad de fuga circulará por el conductor de protección y llegará hasta el electrodo a través de todo el circuito de tierra mientras no se produce el corte del suministro por el diferencial.

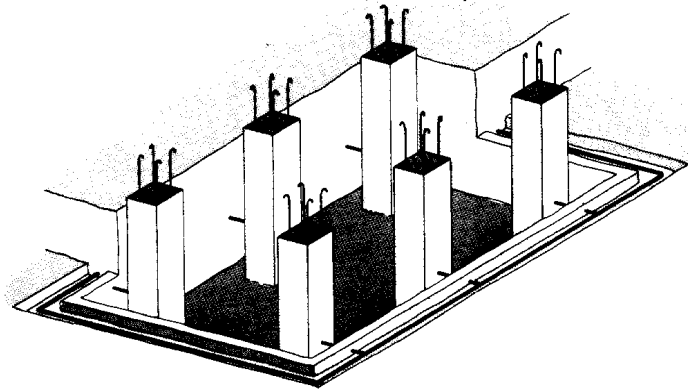
En el circuito de tierra no habrá fusibles ni protecciones y la sección de sus conductores deberá permitir el paso a tierra de corrientes de defecto (fugas) y de descargas atmosféricas.



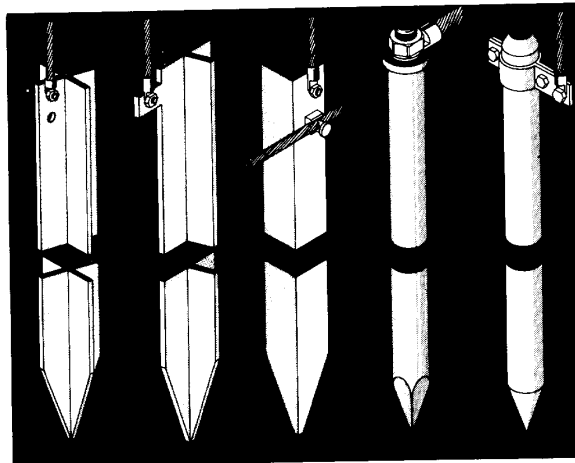
El electrodo es una masa metálica enterrada en el terreno y en buen contacto con él. Pueden ser:

- Naturales: redes extensas de conducciones metálicas enterradas, cubiertas de plomo de cables eléctricos enterrados, pilares metálicos de los edificios...
- Artificiales: colocados exclusivamente para la puesta a tierra:

a.- Anillo: conductor desnudo que se coloca enterrado siguiendo el perímetro del edificio. La sección mínima es de 35 mm^2 para el caso del Cu desnudo y la profundidad 50 cm. A este anillo se soldarán las bases de las estructuras metálicas y las armaduras de muros y soportes de hormigón.

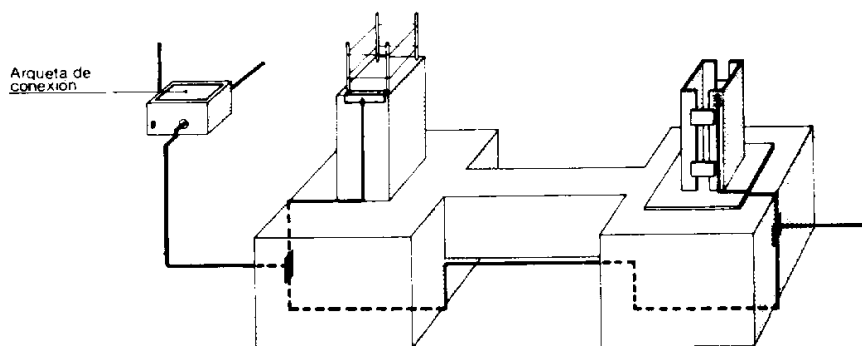


b.- Picas verticales que pueden ser tubos de acero galvanizados, perfiles de acero dulce galvanizado y barras de Cu o acero. La longitud mínima de tales picas será de 2 m. Puede haber una o varias.



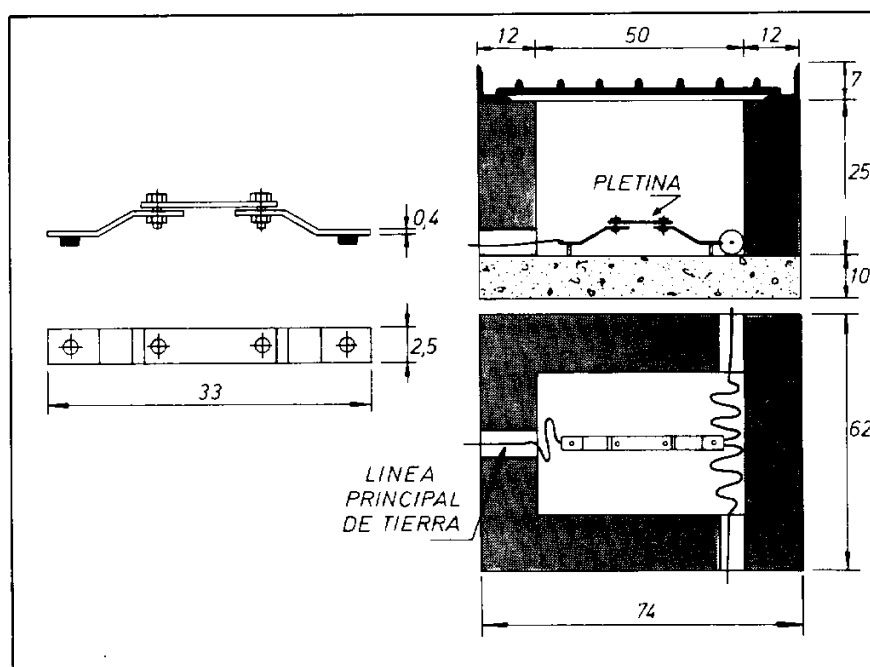
c.- Placas enterradas de posición vertical. Puede haber una o varias.

Las líneas de enlace con tierra están también enterradas y unen el o los electrodos existentes con los puntos de puesta a tierra. Estos puntos ya están situados fuera del suelo y consisten en placas, bornas, etc. alojadas en arquetas de ladrillos con tapa de hormigón.

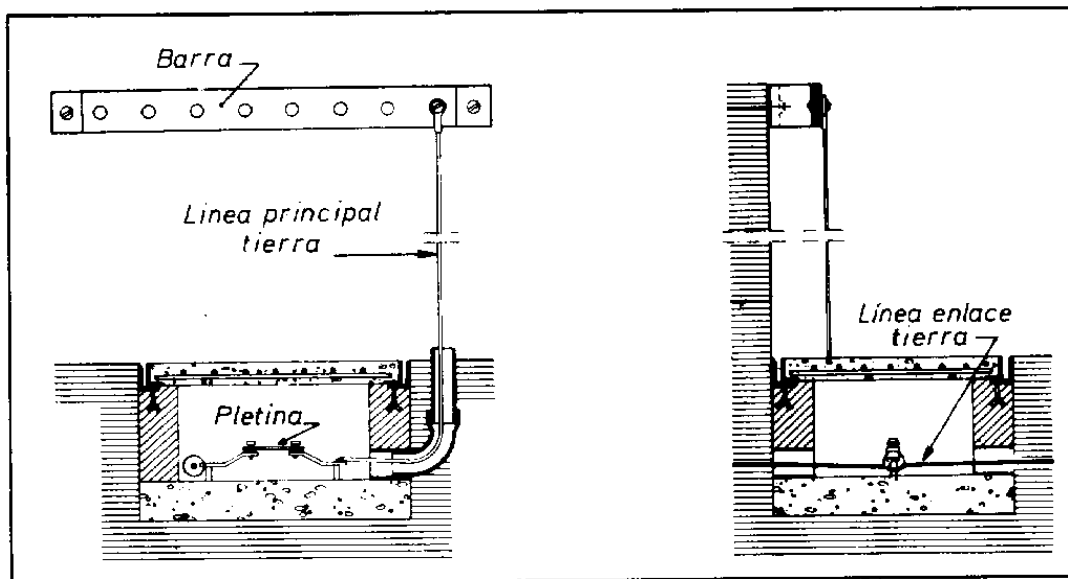


Existirá un número suficiente de puntos de puesta a tierra, convenientemente distribuidos. En los planos estos puntos se suelen representar:

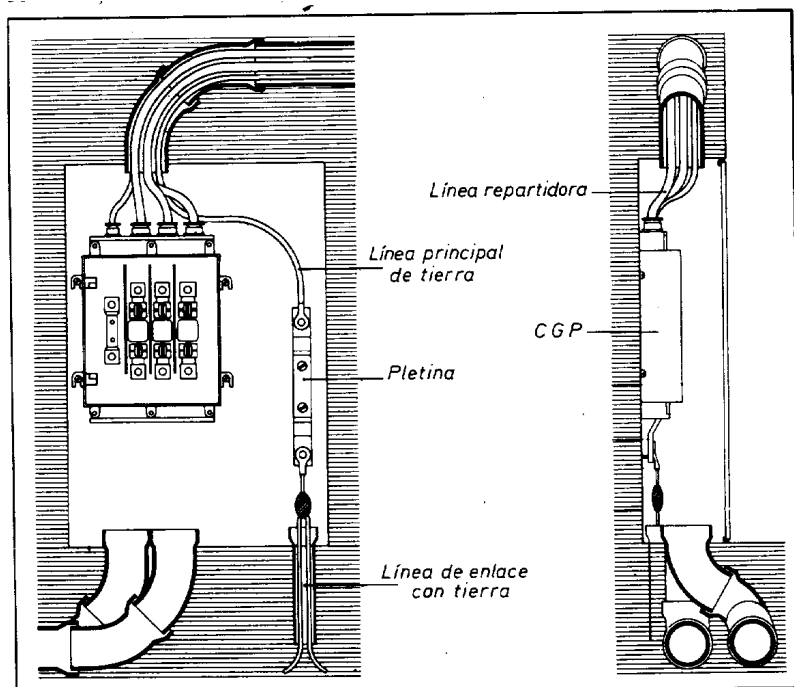
La placa de conexión habitual del punto de puesta a tierra es una pletina de Cu recubierta de cadmio, con apoyos de material aislante.



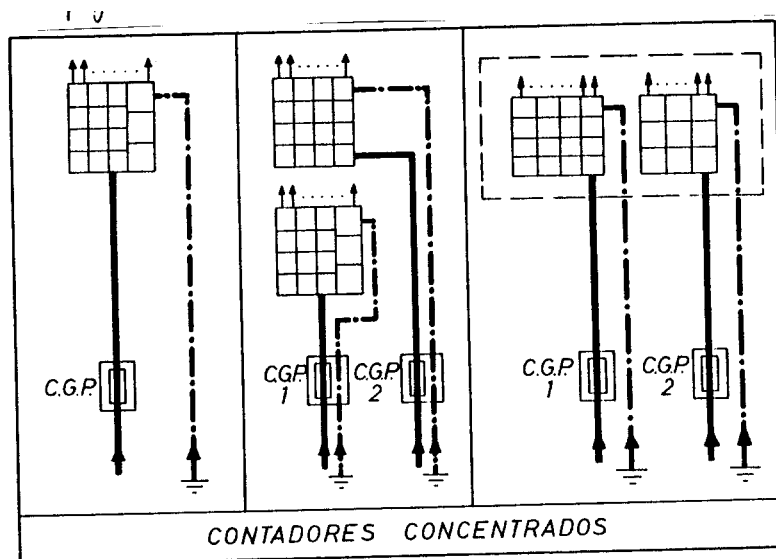
De la pletina parte hacia la izquierda una línea principal de tierra hacia una barra metálica (en sótano o similar) a la que se conectarán diversas masas metálicas.



A veces la pletina del punto de puesta a tierra se encuentra en el núcleo de la C.G.P. En este caso, la línea principal de tierra que arranca de ella se dirige a la barra de tierra de la centralización de contadores.



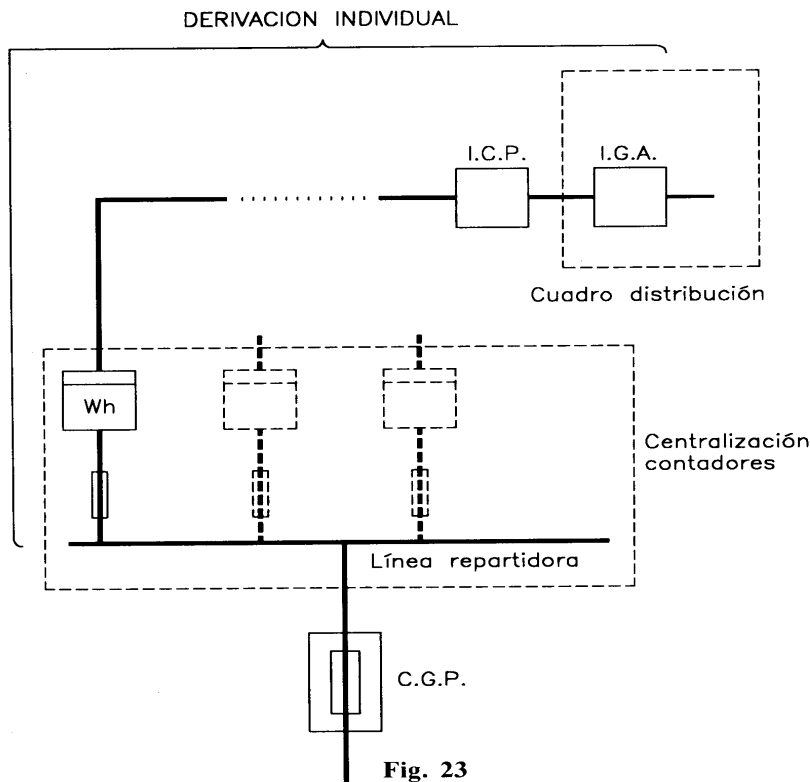
Posibles configuraciones:



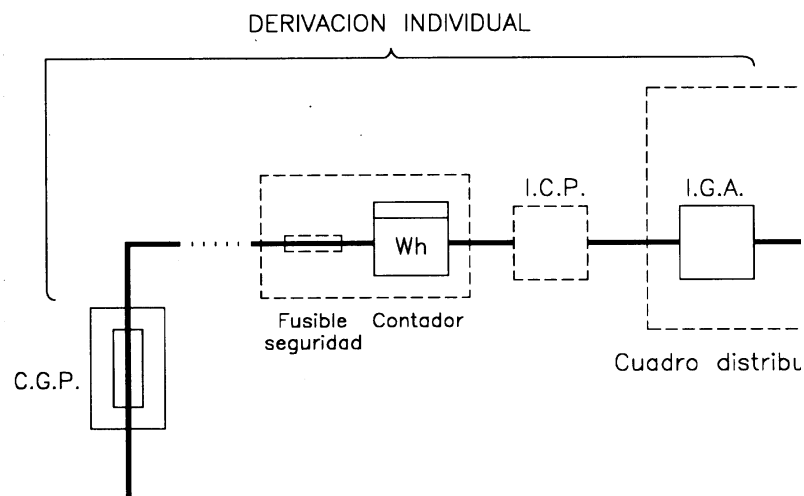
4.2.- ELECTRIFICACIÓN DEL INTERIOR

4.2.1.- CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

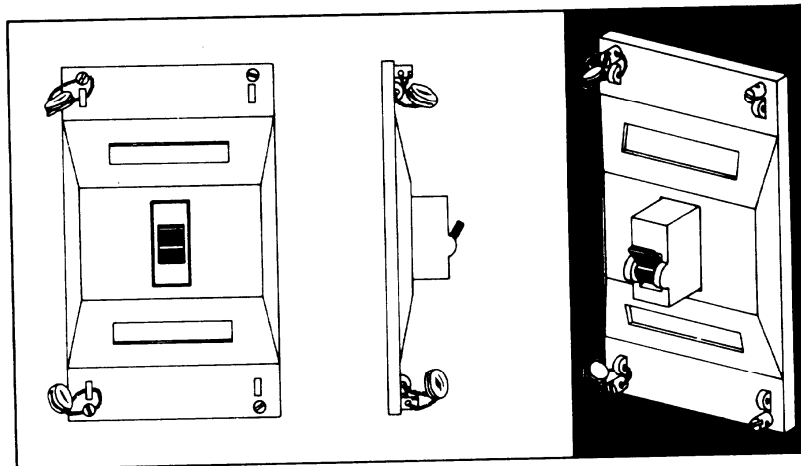
Si el equipo contador de una instalación está colocado en una centralización, junto a los de otros locales, viviendas o servicios generales, la derivación individual arranca de los fusibles del embarrado de ésta. Cuando esta derivación individual llega al interior del local del abonado lo primero que vemos es el interruptor de control de potencia o I.C.P., y a continuación el cuadro general de distribución.



Si, debido a su superficie ($>300 \text{ m}^2$) o a su potencia ($>30 \text{ kW}$), un local requiere una instalación de enlace exclusiva, la derivación individual enlaza la caja general de protección o C.G.P. con el cuadro general de distribución. En este caso no existe la línea repartidora y pueden no existir los fusibles de seguridad, ya que su función la hacen los de la caja general de protección. Así mismo, puede no existir interruptor de control de potencia.

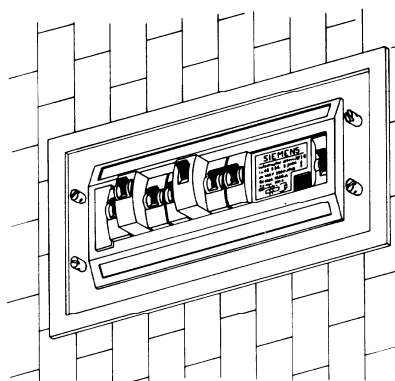


Cada abonado hace un contrato con la empresa suministradora que determina la potencia máxima que se puede consumir. La potencia a contratar para una vivienda se calculará sumando las potencias de los electrodomésticos de gran consumo que vayan a trabajar simultáneamente, sin tener en cuenta los pequeños. Para que la potencia consumida de una vivienda no rebase la potencia contratada, se pone un interruptor de control de potencia o I.C.P.

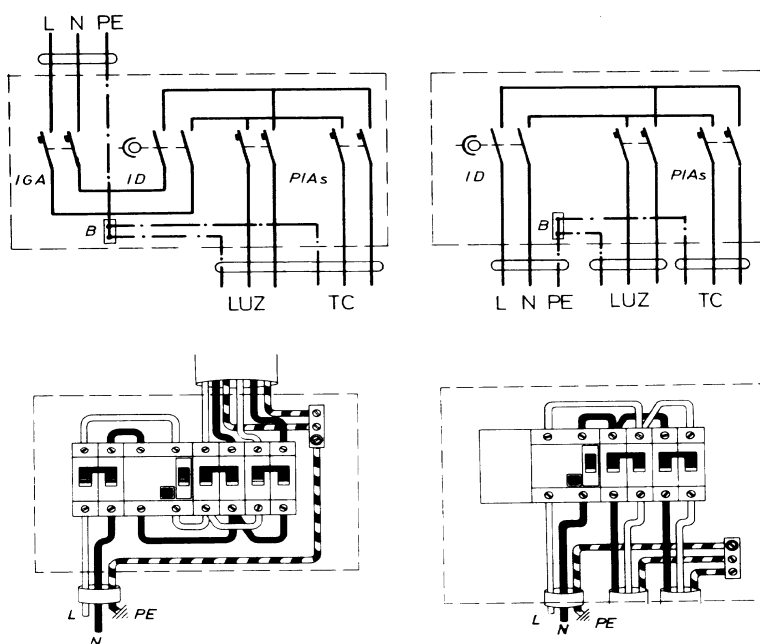


Se trata de un interruptor automático con disparo por sobreintensidad. Su función, sin embargo, no consiste en proteger la instalación interior, sino que es un aparato de medida y control. La caja que contiene el ICP está precintada y colocada en un nicho en la pared, cercano al cuadro de distribución. Si la potencia contratada es tal que la intensidad nominal que circula es mayor de 63 A. En ese caso se pone un contador con maxímetro, el cual no abre el circuito pero distingue los kW*h consumidos por encima del máximo contratado, y la compañía los factura a un precio mayor.

Según el reglamento de B.T., en el origen de toda instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación de la misma, se colocará un cuadro de distribución de donde partirán los circuitos interiores. En dicho cuadro de distribución se instalará un interruptor general automático o I.G.A. que permita su accionamiento manual y que esté dotado de dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. En este mismo cuadro se instalarán los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores o pequeños interruptores automáticos (P.I.A.) y un interruptor diferencial destinado a la protección contra contactos indirectos.

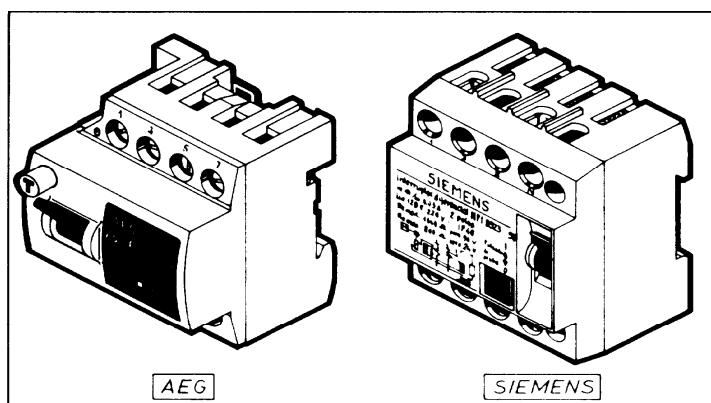


Uno de los casos más sencillos es el de una vivienda con distribución en monofásico:



Cuando cada circuito interior está alojado en su propio tubo protector, puede prescindirse del interruptor general automático. En este caso la desconexión general se realizará con el mando manual del interruptor diferencial.

El interruptor diferencial desconecta automáticamente los conductores activos que alimentan a los PIAs cuando en algún circuito interior se produce alguna corriente de defecto, es decir, una derivación a tierra. Esta derivación puede producirse, por ejemplo, en algún electrodoméstico, cuando sus conductores pierden aislamiento. Ello acarrea peligro para las personas y riesgo de incendio.



En el cuadro general de distribución hay que poner un borne para la conexión de los conductores de protección de la instalación, con la derivación de la línea principal de tierra. De este borne (B o de tierra) parten los conductores de protección de cada circuito interior. El conductor que llega hasta B está unido a la tierra del edificio.

Los PIAs son pequeños interruptores automáticos que:

1. protegen a todos los conductores menos al de protección,
2. protegen frente a sobrecargas y cortocircuitos,
3. pueden conectarse y desconectarse en carga.

4.2.2.- DIAGRAMAS DE DISTRIBUCIÓN

Cuando se trata de instalaciones eléctricas de mucha extensión (edificaciones con varias viviendas y locales comerciales, naves industriales, etc.) resulta conveniente trazar previamente un diagrama de distribución (llamado también esquema de distribución). Este esquema reúne todos los circuitos en paralelo y sus cargas respectivas, lo que permite un estudio general previo para, a partir del mismo, determinar todos los puntos de paso por paredes, suelos, etc., así como los esquemas de realización de las instalaciones parciales.

Un diagrama de distribución expresa resumidamente los siguientes datos:

- valor de la energía total conectada
- valores parciales de las cargas conectadas
- número y disposición de los circuitos
- calibre de los elementos de protección en todos los circuitos
- longitudes y secciones de los conductores que constituyen los circuitos
- tipo de instalación y número de conductores
- forma de montaje de los conductores

Estos diagramas vienen a ser equivalentes a los esquemas unifilares de las instalaciones.

Ejemplo: diagrama de distribución de un edificio de dos plantas que comprende:

- planta baja: local comercial
- planta primera: dos viviendas

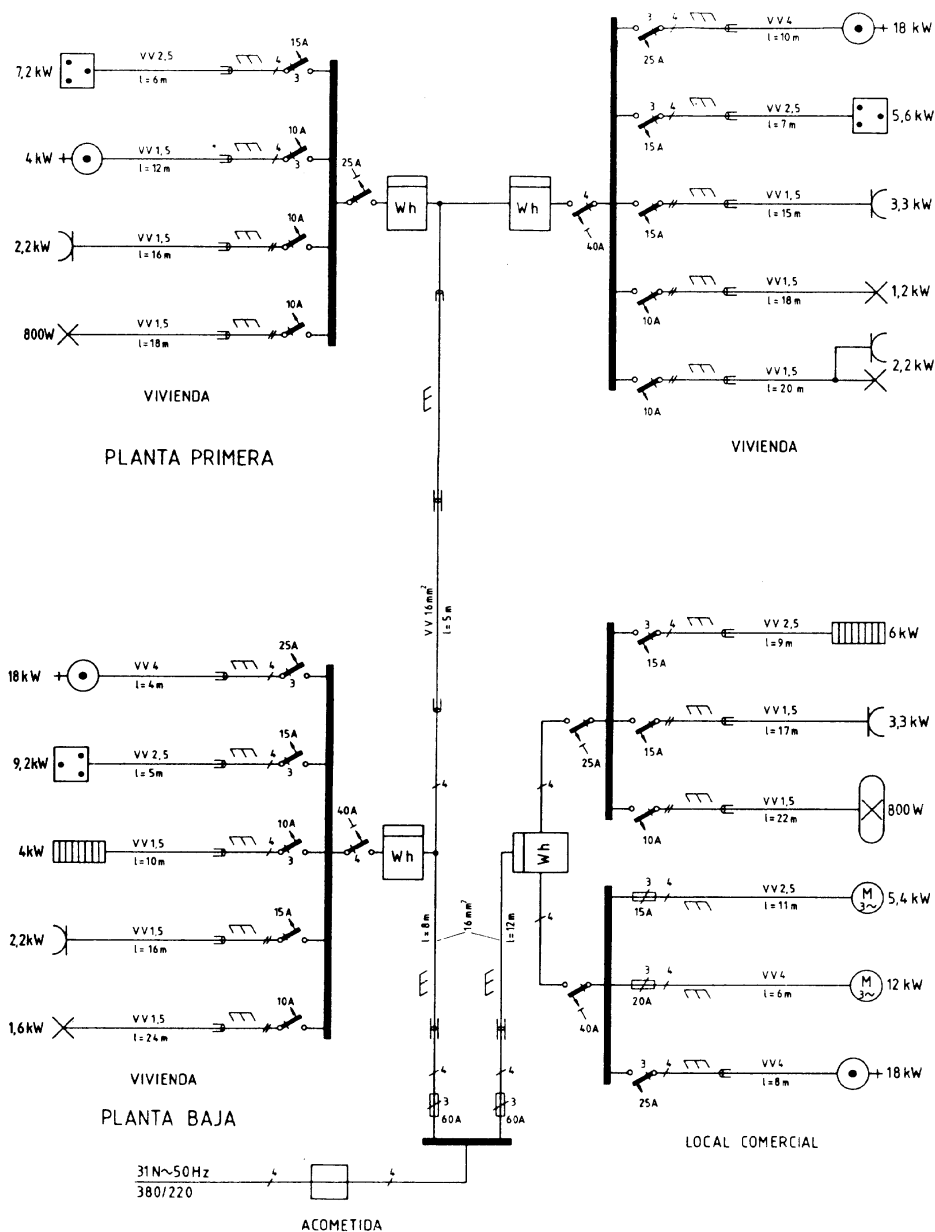


Figura 2.

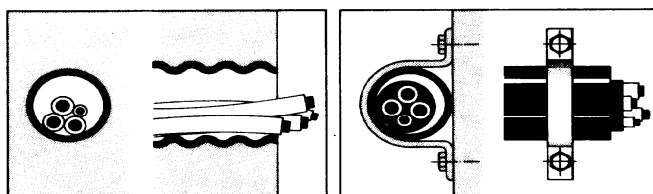
Queda definido, para cada circuito, el receptor y su potencia, a qué distancia está, tipo de conducción (bajo tubo, desnudo,...), número y sección de conductores, características de los elementos de construcción, etc.

En el caso de naves industriales, las potencias instaladas suelen ser considerables y se ven obligados a instalar un centro de transformación.

4.2.3.- CANALIZACIONES

Pueden ser aéreas o subterráneas. Las subterráneas se utilizan solo en determinadas instalaciones industriales. Las canalizaciones aéreas más usuales son:

a.- Bajo tubo: son tubos rígidos o flexibles de material aislante que podemos encontrar en las paredes (empotrados o en montaje superficial), sobre los cielorrasos o directamente en los techos. La dimensión que define a un tubo protector es su diámetro interior nominal d , en función del cual y del reglamento se fija el número de conductores que puede alojar.



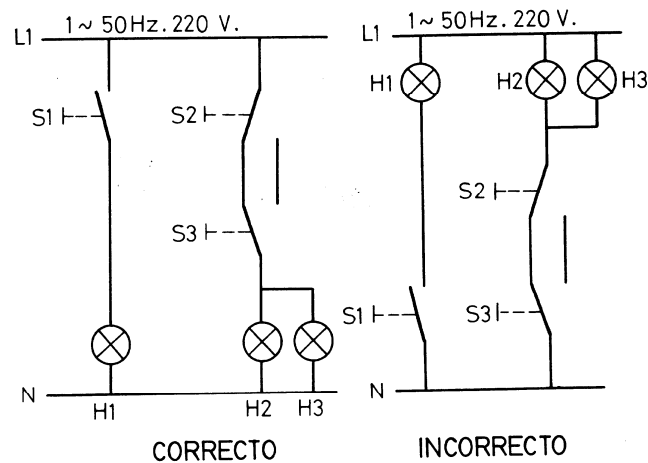
Es conveniente indicar ese diámetro y el número de conductores en el esquema unifilar.

b.- Bajo bandeja sujeta a paredes o techos. Suele ser de material aislante y sección rectangular. En función de esa sección y del reglamento se determina el número de conductores que puede alojar. Esta canalización es típica de naves industriales.

4.2.4.- EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Hay algunas exigencias a este respecto en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, las más importantes de las cuales se mencionan a continuación:

a.- La conexión de interruptores unipolares se realizará sobre el conductor de fase o, en caso de circuitos con dos fases, sobre el conductor no identificado como neutro.

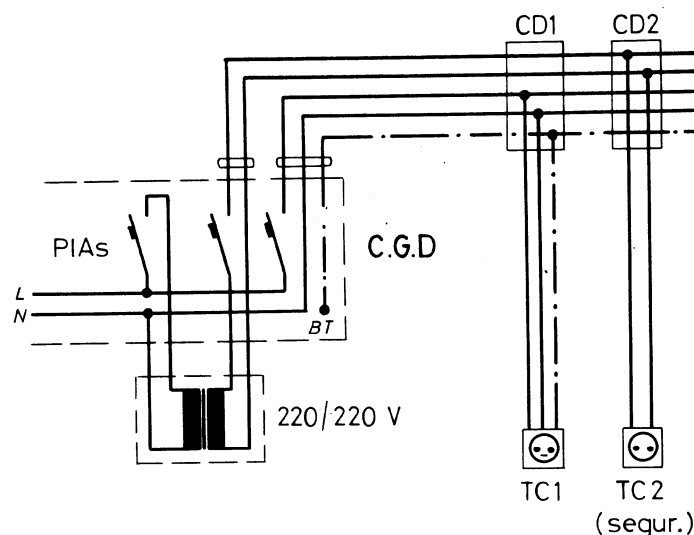


b.- No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

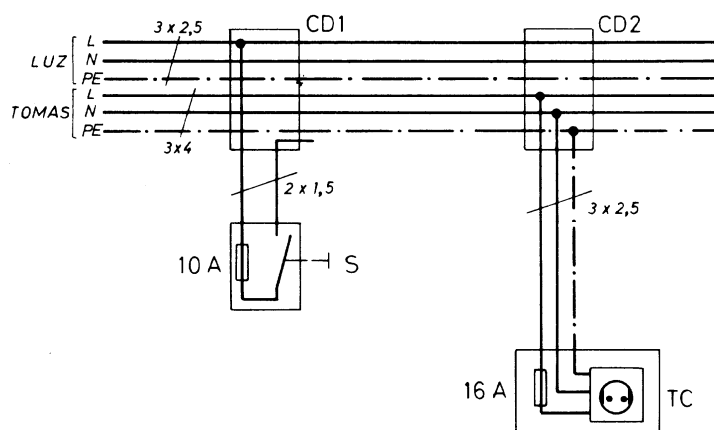
c.- Las tomas de corriente en una misma habitación deben estar conectadas a la misma fase. Si no fuera posible, las tomas de corriente que se conectan a la misma fase deben estar agrupadas y se establecerá una separación entre tomas de corriente conectadas a fases distintas, de por lo menos 1.5 m.

d.- En la colocación de aparatos eléctricos y tomas de corriente, se tendrán en cuenta los volúmenes de seguridad de cuartos de baño considerados en el reglamento.

Las tomas de corriente de seguridad no tienen contacto de tierra y se alimentan desde un transformador de relación 1:1.



e.- De un circuito interior pueden partir derivaciones de menor sección que él. En este caso, estas derivaciones sólo podrán alimentar a un interruptor o toma de corriente con fusibles incorporados.

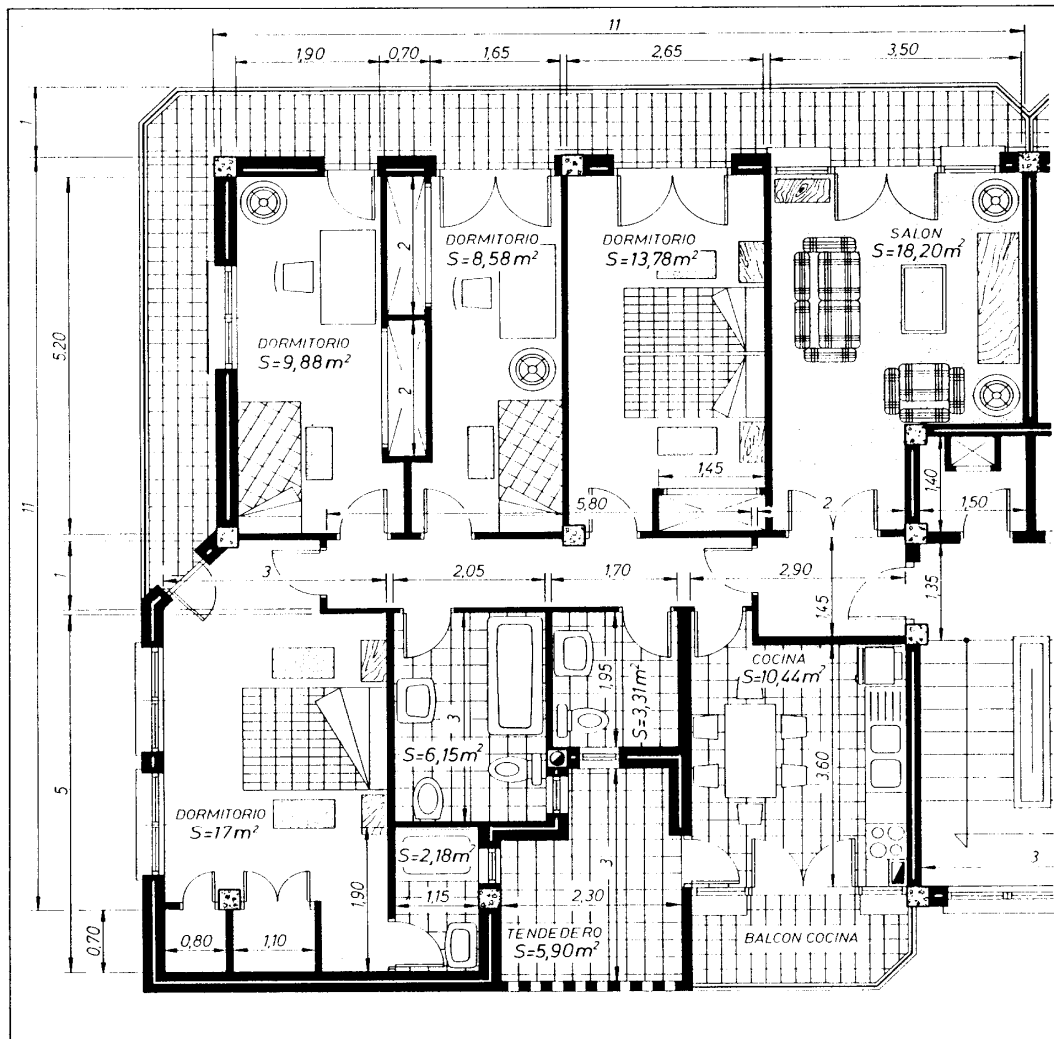


El proceso a seguir para la ejecución de la instalación eléctrica de una vivienda es el siguiente:

1. Asignar el grado de electrificación que se desea o el que como mínimo la corresponde por su superficie. El Reglamento de B.T., en función de la superficie del piso y la de los aparatos electrodomésticos que éste tenga, asigna un determinado grado de electrificación como mínimo. A partir del grado de electrificación, el mismo reglamento fija el mínimo número de circuitos interiores y el mínimo número y potencia de las bases de enchufe.
2. Situar en el plano los puntos de consumo y el cuadro general de distribución.
3. Situar en el plano las cajas de derivación (normalmente una caja por habitación), la canalización entre ellas y las derivaciones a los puntos de consumo.
4. Calcular (no en nuestro caso) las secciones de los conductores y el diámetro de los tubos protectores.
5. Escoger los PIAs y el interruptor diferencial.
6. Dibujar el esquema unifilar de la instalación.

Ejemplo:

Electrificación de la vivienda cuya distribución se muestra a continuación:



Tanto por superficie, como por deseo expreso del constructor, se le asigna un grado de electrificación media.

Las diversas dimensiones de sala, vestíbulo y pasillo se deducen fácilmente de los datos del plano. Determinados, pues, los diversos puntos mínimos de consumo, se procede a dibujarlos en él.

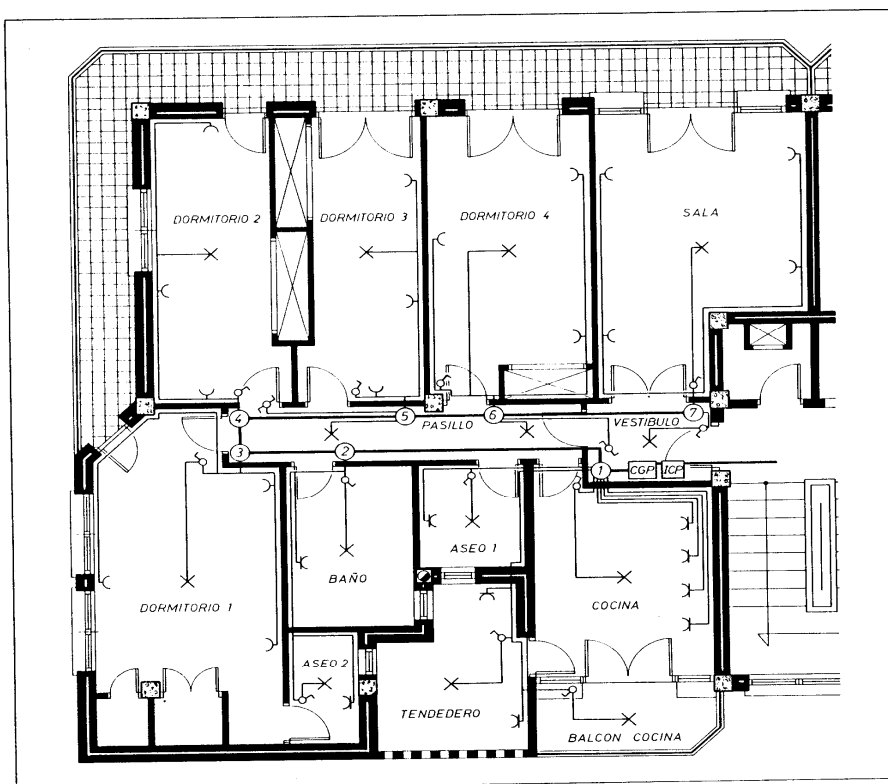
El cuadro general de distribución y el I.C.P. se colocan en el vestíbulo, junto a la puerta de entrada.

La canalización se realiza por el pasillo, por medio de dos ramales que circulan en ambos lados de él. Se dibuja una línea por canalización y con trazos el número de conductores.

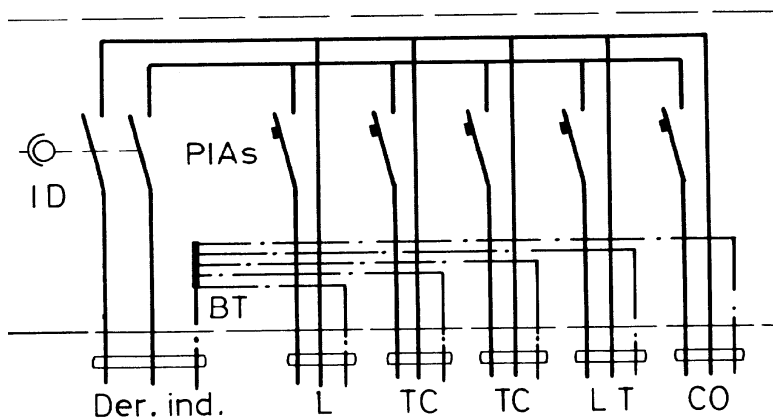
Las derivaciones a las diversas habitaciones se realizan por medio de siete cajas de derivación.

El número mínimo de circuitos interiores de la instalación deberá ser de cuatro. Sin embargo, se han previsto dos circuitos independientes para las tomas de corriente de usos diversos.

El dimensionado de los conductores se ha escogido según los mínimos legales. Cada circuito interior está alojado en su propio tubo protector. Los PIAs se corresponden con las secciones mínimas antedichas.



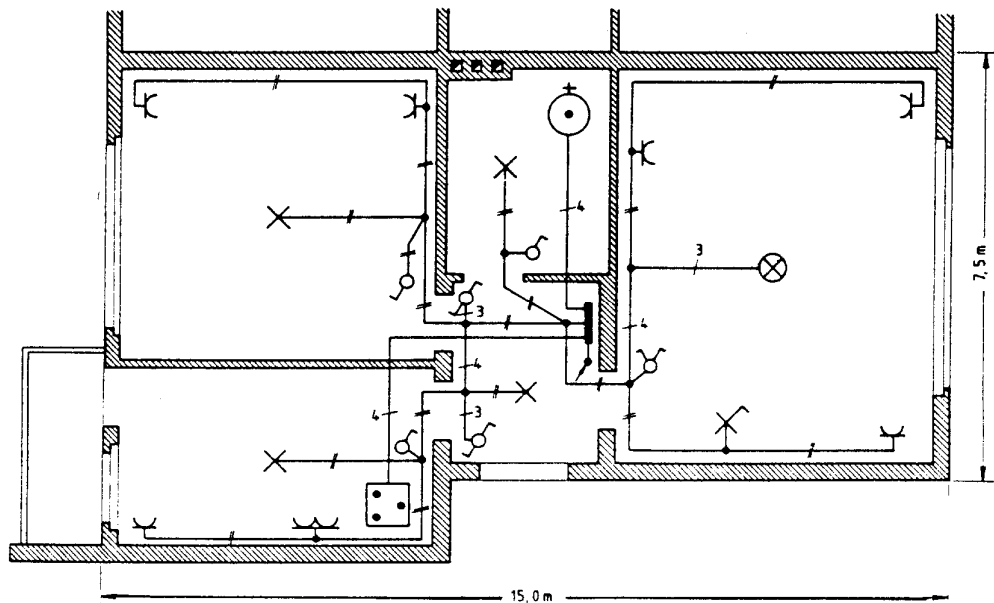
El cuadro general de distribución podría quedar:



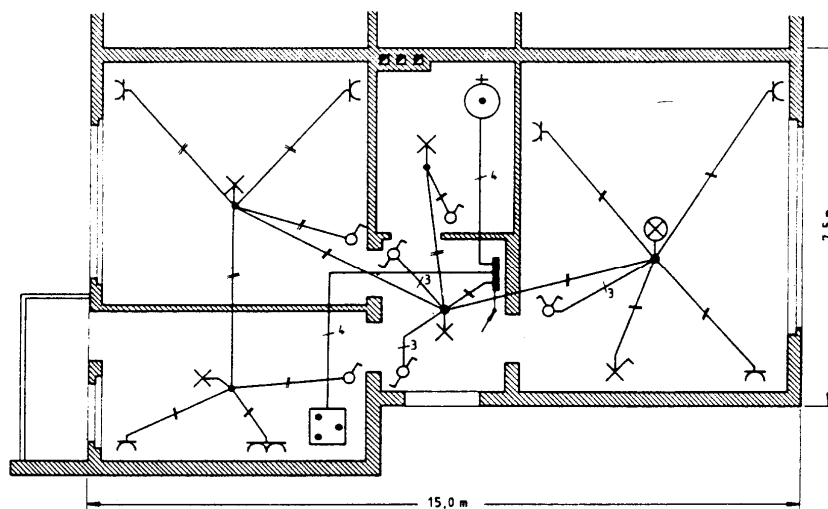
4.2.5.- INSTALACIÓN CONVENCIONAL E INSTALACIÓN RAMIFICADA

La realización práctica de la instalación eléctrica en vivienda, en un local industrial, etc., puede realizarse de dos formas:

a.- Instalación convencional: las canalizaciones se montan (empotradas o en montaje saliente) sobre las paredes de las habitaciones de la vivienda. Las derivaciones de los aparatos receptores (tomas de corriente, lámparas, etc.) se toman a partir de las correspondientes cajas de derivación.



b.- Instalación ramificada: las canalizaciones están montadas sobre el cielorraso de las habitaciones o fijados en los techos de éstas. En el centro de cada habitación existe una caja de derivación que alimenta, a través de las correspondientes canalizaciones, los aparatos receptores existentes en dicha habitación. En ambos casos, los aparatos receptores de elevado consumo se alimentan directamente desde el cuadro de distribución general.



De los dos sistemas el ramificado es mejor por:

1. porque se necesita menos longitud de conductor,
2. porque se necesitan menos cajas de derivación,
3. porque es más fácil la reparación de averías,
4. porque se adapta mejor a las nuevas tecnologías (domótica).

CAPÍTULO 5. ESQUEMAS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES

5.1.- APARAMENTA EN BAJA TENSIÓN:

5.1.1.-CONDUCTORES O CABLES.

5.1.2.-ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.

5.1.3.-ELEMENTOS DE ACCIONAMIENTO.

5.1.4.-ALIMENTACIÓN DE LOS CIRCUITOS DE MANDO.

5.2.-MOTORES ELÉCTRICOS:

5.2.1.-PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

5.2.2.-ARRANQUE DE MOTORES DE JAULA.

5.2.3.-ARRANQUE DE MOTORES DE ANILLOS.

5.2.4.-CAMBIO DEL SENTIDO DE GIRO.

5.2.5.-EJEMPLOS.

ESQUEMAS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES

5.1.-APARAMENTA EN BAJA TENSIÓN:

Para que la energía eléctrica llegue a los receptores y sea utilizada adecuadamente, son necesarios:

- Los conductores o cables que cierran el circuito entre el generador y los receptores.
- Los elementos de mando, control o gobierno de la instalación: controladores, interruptores, seccionadores, pulsadores, finales de carrera, etc.
- Los elementos de protección utilizados en la instalación: fusibles, relés, magnetotérmicos, disyuntores, relés diferenciales, etc.

El conjunto de estos elementos constituyen la aparamenta eléctrica utilizada en baja tensión (inferior a 1000V).

5.1.1.-CONDUCTORES O CABLES.

Se representan con línea continua gruesa en instalaciones de fuerza, línea continua fina en instalaciones de mando y a trazos en instalaciones de puesta a tierra.

Físicamente, se distinguen por el color. En circuitos trifásicos, las fases tienen los colores negro, marrón y gris, y el neutro azul. El cable de protección es a rayas, verdes y amarillas.

Los conductores normalmente son de cobre, aunque también se utilizan de aluminio, sobre todo los de gran sección. La sección se elige de acuerdo a los siguientes criterios:

- Por resistencia mecánica. Debe aguantar, sin romperse, los esfuerzos mecánicos a que esté sometido en la instalación.
- Por caída de tensión. Se permiten, como máximo, las siguientes caídas de tensión:
 - Línea repartidora: 0'5-1%
 - Derivación individual: 0'5-1%
 - Viviendas: 1'5%
 - En instalaciones interiores, alumbrado: 3%
 - En instalaciones interiores, otros servicios 5%

Bajo este concepto, la sección del conductor será:

- a) En corriente continua o monofásica: $s = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot e}$

b) En corriente trifásica:
$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e}$$

Donde:

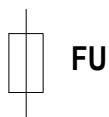
- S=sección del conductor en mm²
- γ =conductividad (56 para el Cu y 35 para el Al)
- e=caída de tensión en voltios
- I=intensidad en amperios
- L=longitud de la línea en metros
- $\cos \varphi$ =factor de potencia de la instalación
- Por calentamiento. El reglamento de baja tensión dice textualmente *...para cada intensidad, la sección mínima a utilizar, teniendo en cuenta, además el tipo de instalación...*

El conductor elegido, por tanto, deberá cumplir las tres condiciones: que resista a los esfuerzos a que esté sometido, que la caída de tensión en él sea la permitida y que al menos tenga la sección que por calentamiento le corresponde.

5.1.2.-ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.

Fusibles

Se representa

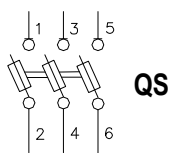


y protegen las instalaciones frente a los cortocircuitos. Es el elemento más débil de la instalación, puesto que consta de un filamento que se funde ante la intensidad elevada, de forma que corta el paso de corriente y protege la instalación. Hay que sustituirlo por otro.

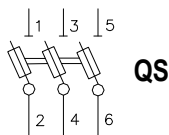
Se eligen en función de la tensión de la instalación y para que éste quede fuera servicio cuando circule una intensidad K veces la intensidad nominal (entre 1'25 y 5 veces en función del tipo de instalación).

Seccionador portafusibles

Es un interruptor de acondicionamiento manual, cuyas barreras están sustituidas por fusibles. Se colocarán en la cabecera de la instalación, la cual se pondrá en tensión cuando por accionamiento se cierre el seccionador y mediante los fusibles quedará protegida contra cortocircuitos. El seccionador es un elemento que no tiene poder de corte, es decir, que si está circulando corriente a su través, el fabricante no asegura que deje de pasar corriente.



Si se desea cortar la corriente en carga, debe de ir provisto de elementos auxiliares de precorte (contactos u otros elementos) incorporados, que se abren antes que los polos principales y que irán obligatoriamente en cabecera del circuito de maniobra.

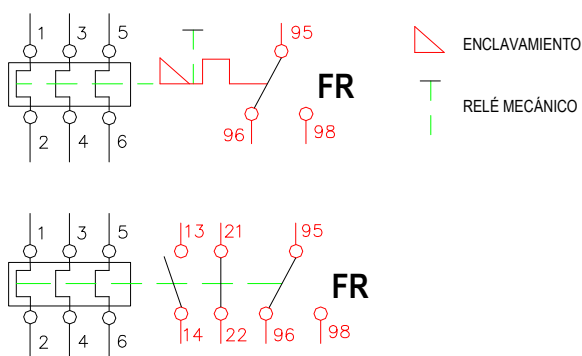


Para su elección se tendrá en cuenta:

- la tensión de la instalación
- la intensidad nominal de la instalación
- el calibre de fusibles
- la utilización o no de elementos de precorte

Relé térmico

Se representa



Es un elemento de protección contra sobrecargas pequeñas pero prolongadas.

Se puede utilizar tanto en corriente continua como alterna.

Actualmente, los fabricados son tripolares, compensados y diferenciales, es decir, utilizados en corriente trifásica y también mono o bifásica e insensibles a las variaciones de la temperatura ambiente (-40°C a 60°C). Protegen, además, contra faltas totales o parciales de alguna de las fases.

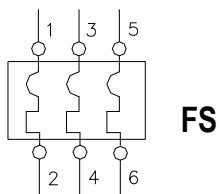
Estos relés deben estar asociados con fusibles que aseguren la protección contra cortocircuitos. Para su elección se debe tener en cuenta la tensión de la instalación y la intensidad nominal de la instalación. Su disparo se suele regular a 1'25 veces la I_n .

Llevar siempre asociados contactos auxiliares que se utilizarán en el circuito de maniobra.

La numeración de bornas es la misma que la del contactor. Si son de tres contactos se nombran 95 y 96 los del contacto normalmente cerrado, y 98 el normalmente abierto, que usualmente se conecta con un piloto, de manera que se encienda si hay un fallo debido a este elemento.

Relé magnetotérmico

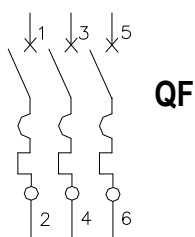
Es un elemento de protección contra sobrecargas y sobreintensidades. Su disparo es térmico diferido para pequeñas sobreintensidades e instantáneo para sobreintensidades importantes.



El disparo térmico, por sobrecargas, es exactamente igual que el del relé térmico ya descrito. El disparo automático instantáneo se produce cuando la sobreintensidad alcanza el valor de 10 veces la intensidad máxima de regulación del disparo térmico.

Este relé se comporta como un transformador, por lo que no se puede poner en corriente continua. Se elige en función de la tensión e intensidad nominal del circuito que protege.

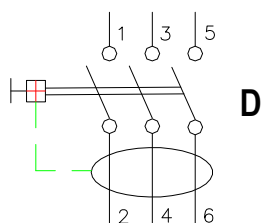
Disyuntor o interruptor magnetotérmico



Protege las instalaciones frente a sobrecargas y cortocircuitos, de modo similar al relé magnetotérmico.

Obsérvese que tiene contactos de potencia, es decir, ante una falta es capaz de abrir el circuito de potencia. Una característica muy importante es su poder de corte, es decir, asegura el corte de la corriente aun cuando la intensidad circulante sea de hasta su poder de corte. Esta característica la ofrece el fabricante con las curvas de disparo, en función de la intensidad de falta que circule y del tiempo.

Diferencial



Protege contra los contactos directos e indirectos, de modo que cuando hay fugas de intensidad abre el circuito. Es el elemento de protección de las personas fundamental en las instalaciones eléctricas, asociado a la puesta a tierra de las masas.

Además aporta una protección muy eficaz contra incendios, pues limita a energías muy bajas las eventuales fugas de corriente eléctrica por falta de aislamiento, sobre todo los de alta sensibilidad.

Esencialmente está constituido por un transformador toroidal que la existir una corriente de fuga, genera una corriente que activa el relé de desconexión.

Las características normalizadas de estos elementos son:

- Tensiones nominales: 220, 380 y 500 voltios.
- Intensidades nominales: 6, 10, 16, 25, 32, 40 y 63 amperios.
- Sensibilidad: 0'03, 0'1, 0'3, 0'5 y 1 amperio.

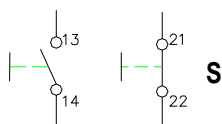
Sensibilidad es la intensidad diferencial de desconexión, a partir de la cual el interruptor desconecta la instalación tanto más rápido cuanto mayor es la corriente derivada.

En su elección se tendrá en cuenta la tensión nominal, la intensidad nominal y la sensibilidad.

5.1.3.-ELEMENTOS DE ACCIONAMIENTO.

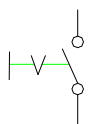
Pulsadores

Se representa

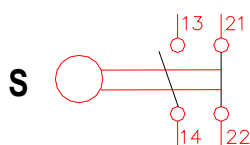


según sean normalmente abiertos o normalmente cerrados. Se accionan manualmente, y el que es normalmente abierto se cerrará, y el que es normalmente cerrado se abrirá. Una vez que se dejan de pulsar vuelven a su posición de reposo.

Existe una clase especial de pulsadores, los pulsadores con enclavamiento, que se caracterizan porque una vez que se pulsan quedan accionados, y para que vuelvan a su estado de reposo hay que volverlos a pulsar. Se representan



Finales de carrera



Son interruptores accionados mecánicamente, que se activan cuando un elemento de la instalación llega a un punto determinado. Pueden observarse en multitud de instalaciones, como por ejemplo en la puerta automatizada de un garaje. Al llegar a su máximo recorrido en la apertura o en el cierre, la propia puerta accionará el final de carrera parando así el motor eléctrico que abre y cierra la puerta.

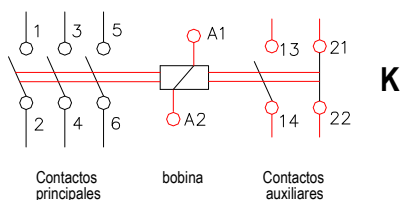
Principalmente operan en el circuito de mando o maniobra, aunque también existen finales de carrera para poder instalar en los circuitos de fuerza.

El sistema de ataque puede ser de diversa naturaleza: roldana, varilla, varilla telescópica, con retorno automático o no a su posición inicial.

Existen elementos que realizan la misma misión que los finales de carrera, pero que no están accionados mecánicamente. Se basan en distintos fenómenos físicos, y son por ejemplo detectores de proximidad (inductivos o capacitivos), fotoeléctricos, etc.

Contactor

El contactor es un elemento mecánico de conexión y desconexión de un circuito, que se representa:



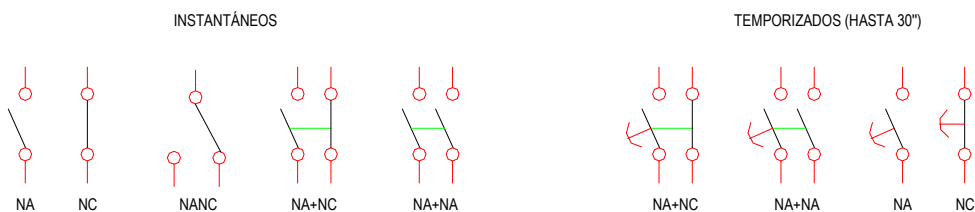
bobina: es el elemento fundamental del contactor; cuando por ella circula corriente todos los contactos que dependen de ella y están normalmente abiertos se cierran, y los que están normalmente cerrados se abren; cuando no circula corriente por la bobina vuelven a su estado de reposo, que es el que tienen cuando se dibuja.

contactos principales: por ellos pasará la corriente del circuito que controla.

contactos auxiliares: son contactos que se mueven solidariamente con los principales y mediante ellos se consiguen los diversos automatismos.

Algunos contactores no tienen contactos principales, por lo que se les denomina auxiliares.

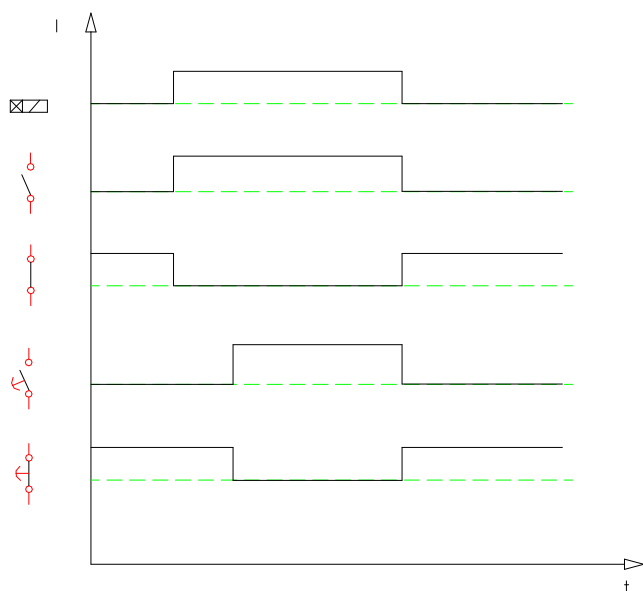
Otros tienen la particularidad de tener contactos auxiliares temporizados, es decir, que actúan un tiempo después de que se active su bobina.



La bobina con contactos temporizados a la conexión se representa como se aprecia en la parte izquierda de la figura siguiente. La figura de la derecha representa a la bobina con contactos temporizados a la desconexión. Finalmente, existen bobinas con contactos temporizados tanto a la conexión como a la desconexión.



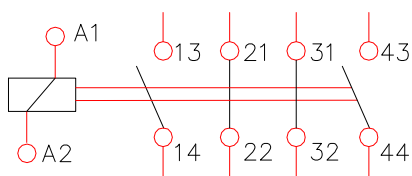
Estos contactores pueden tener contactos instantáneos que funcionan como antes se ha descrito, y contactos temporizados, de modo que basculan un tiempo "t" después de que llegue corriente a la bobina.



A los contactores que se usan para motores se les denomina KM, a los auxiliares KA y a los auxiliares de temporización KT. Para la elección de los contactores se tendrá en cuenta la tensión de la bobina y el número y tipo de contactos auxiliares.

Las bornas o puntos de conexión eléctrica de los diversos elementos deben tener su identificación. Por ejemplo, en el caso del contactor:

- Las bornas de los contactos de potencia del lado de la alimentación se numeran con cifras impares: 1, 3, 5 (si fuese tetrapolar la siguiente cifra sería el 7). Las del otro lado con cifras impares: 2, 4, 6 (y si fuese tetrapolar también el 8).
- Las bornas de la bobina son siempre A1 y A2.
- Las bornas de los contactos auxiliares tienen dos cifras. La de la izquierda es correlativa, indicando su posición real en el aparato: para el primer contacto auxiliar se pondrá el 1, para el segundo el 2 y así sucesivamente. La de la derecha indica si está normalmente abierto (en ese caso se numeran las bornas con las cifras 3 y 4) o si está normalmente cerrado (en cuyo caso se ponen las cifras 1 y 2). En el caso de contactos temporizados, si son normalmente cerrados se identifican con 5 y 6, y si son normalmente abiertos con 7 y 8.



5.1.4.-ALIMENTACIÓN DE LOS CIRCUITOS DE MANDO.

Aunque se podría alimentar el circuito a partir de una fase y neutro (220 voltios en alterna), se suele hacer a baja tensión para consumir menos y sobre todo por seguridad. También se puede hacer en corriente continua.

En corriente alterna las tensiones más usuales son 24, 48, 110 y 220 voltios, mientras que en continua 9 y 12 voltios.

La mejor manera de proteger al usuario de una instalación contra contactos directos e indirectos, además de conseguir una mayor seguridad de servicio de mando, es la alimentación del circuito de mando a través de un transformador de mando o separación galvánica, aún cuando se utilice la misma tensión que en fuerza. El motivo es que el transformador solamente es capaz de suministrar, como máximo, su potencia nominal, y por tanto la intensidad en el secundario está limitada a valores muy bajos, incluso en cortocircuito.

El símbolo del transformador es dos círculos entrelazados.

5.2.-MOTORES ELÉCTRICOS:

La gran mayoría de las máquinas están arrastradas por motores asíncronos trifásicos, fundamentalmente por su precio, robustez y fácil mantenimiento.

El motor asíncrono consta de dos partes distintas:

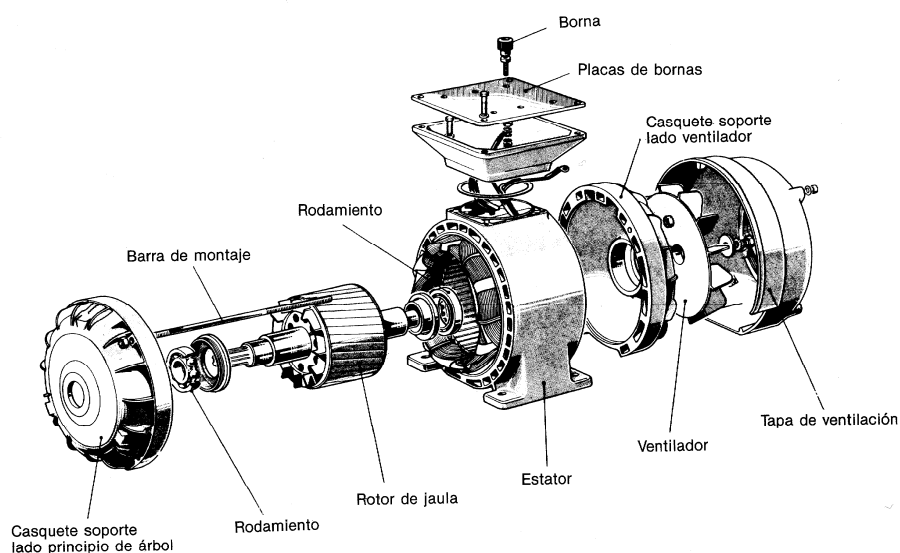
- El **estator**, que es la parte fija del motor y está constituida por una carcasa en la que está fijada una corona de chapas de acero de calidad especial, provistas de ranuras. Los bobinados están distribuidos en éstas ranuras y forman un conjunto de devanados que contienen tantos circuitos como fases de la red de alimentación.
- El **rotor** es la parte móvil del motor y está situado en el interior del estator y constituido por un apilamiento de chapas de acero formando un cilindro solidario con el árbol del motor. Entre los tipos más utilizados se tiene:

Rotor de jaula de ardilla o rotor en cortocircuito

En las ranuras dispuestas hacia el exterior del cilindro y paralelamente a su eje van colocados los conductores. Cada extremo de estos conductores va conectado a una corona metálica, formando el conjunto un aspecto de jaula de ardilla, de donde proviene el nombre de este tipo de rotor

En algunos motores, la jaula está enteramente moldeada. Se suele utilizar el aluminio inyectado a presión; las aletas de refrigeración, hechas en la misma operación, hacen masa con el rotor. Estos motores tienen un par de arranque relativamente pequeño y la intensidad absorbida en el arranque es muy superior a la nominal.

Motor asíncrono con rotor de jaula

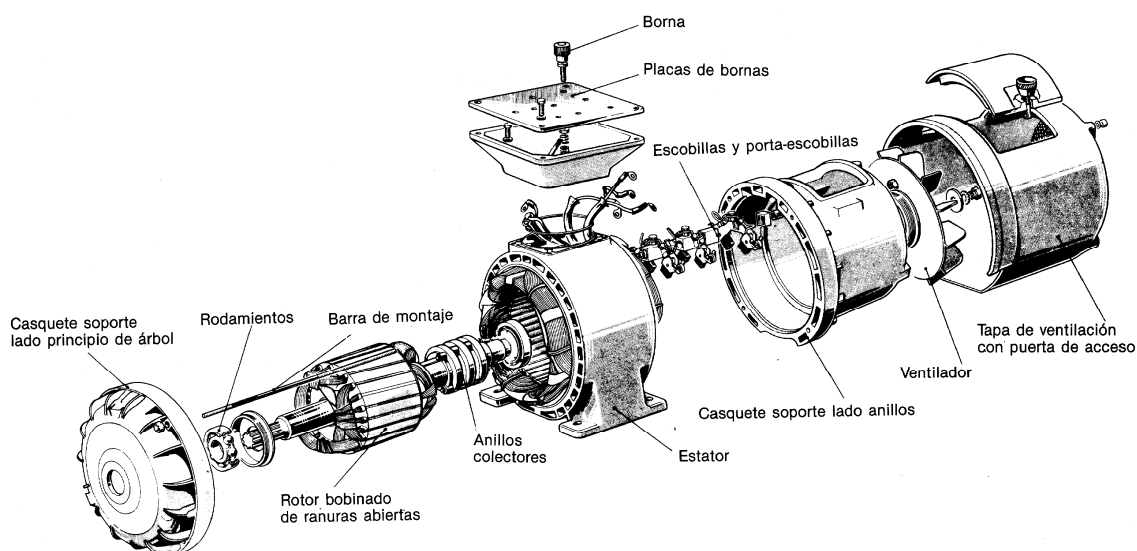


Información: Leroy-Somer

Rotor bobinado o rotor de anillos.

En las ranuras realizadas en las chapas que constituyen el rotor, se alojan devanados idénticos a los del estator. Un extremo de cada uno de los devanados está conectado a un punto común o acoplamiento en estrella. Los extremos libres pueden estar conectados a un acoplador centrífugo o a tres anillos de cobre aislados y solidarios con el rotor; encima de los anillos van colocadas las escobillas de grafito, conectadas al dispositivo de arranque. En función del valor de las resistencias insertadas en el circuito rotórico, este motor puede alcanzar un par de arranque 2.5 veces el nominal y la punta de intensidad en el arranque es sensiblemente igual al par.

Motor asíncrono de rotor bobinado de anillos

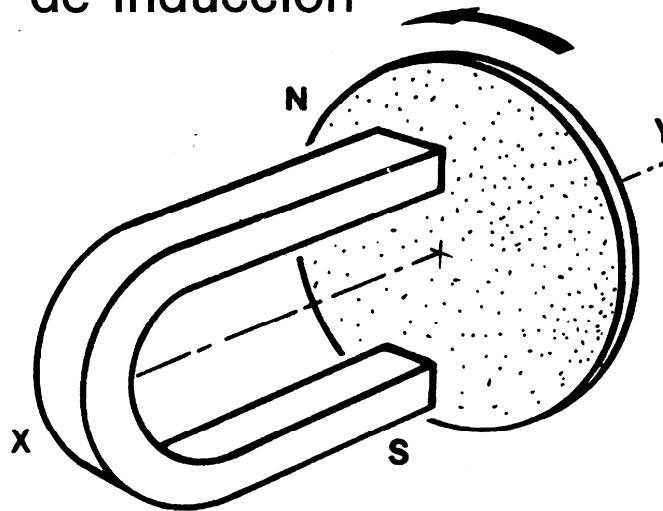


Información: Leroy-Somer

5.2.1.-PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

El principio de funcionamiento de los motores asíncronos está basado en la producción de un campo magnético giratorio.

Principio del motor de inducción

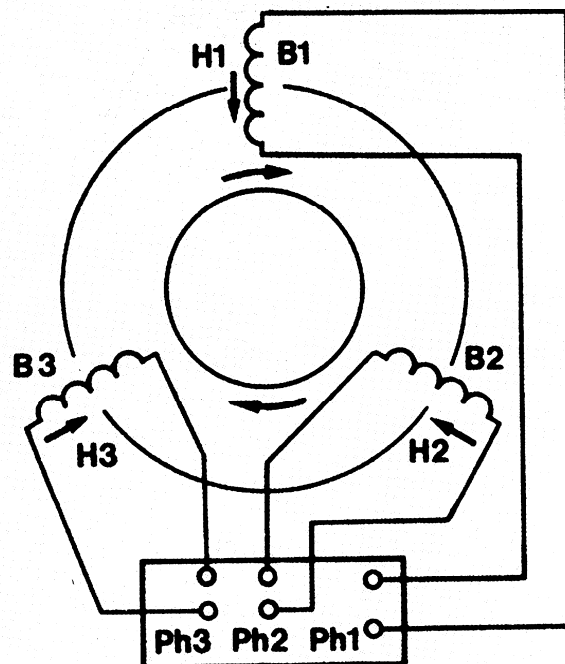


Consideremos un imán permanente y un disco de cobre que puedan girar alrededor de un eje; cuando el imán gira, el campo producido gira igualmente y barre el disco, siendo recorrido por corrientes inducidas, debidas a la rotación del imán. Estas corrientes reaccionan sobre el campo, dando un par motor suficiente para vencer el par resistente debido a los rozamientos y provocar la rotación del disco.

El sentido de rotación, formulado por la Ley de Lenz, tiende a oponerse a la variación del campo magnético que ha dado origen a las corrientes. El disco es pues movido en el sentido del campo giratorio con una velocidad ligeramente inferior a la de éste. Si el disco girase a la misma velocidad del campo, velocidad de sincronismo, no habría corrientes inducidas y el par ejercido sería nulo. La velocidad del disco o rotor, es inferior a la del campo giratorio y por ello éste tipo de motor se llama asíncrono.

En los motores asíncronos trifásicos, el campo giratorio es producido por tres bobinados fijos, geométricamente colocados a 120° y recorridos por corrientes alternas con el mismo desfase eléctrico. La composición de los tres campos alternos producidos forman un campo giratorio de amplitud constante.

Motor trifásico



En el caso del motor de jaula, las barras metálicas que constituyen la jaula, están cortadas por el campo giratorio producido por el estator, lo que origina corrientes inducidas intensas; éstas reaccionan sobre el campo giratorio dando un par motor que provoca la rotación de la jaula.

En el caso del motor de anillos, los devanados del rotor están acoplados mediante anillos y escobillas sobre tres resistencias regulables montadas en estrella. Cortados por el campo giratorio, los conductores que forman los devanados rotóricos producen corrientes inducidas que recorren las resistencias; estas corrientes están casi en fase con las fuerzas electromotrices que las producen; el par de arranque es muy elevado y el rotor es desplazado en el sentido del campo giratorio.

La velocidad en vacío de los motores asíncronos, no está influenciada por las variaciones de tensión, es proporcional a la frecuencia de la corriente de alimentación e inversamente proporcional al número de polos que constituyen el estator.

$$n = P \times f$$

n: velocidad en revoluciones por segundo

P: número de pares de polos

f: frecuencia de la red

Placa del motor

En todos los motores encontraremos una placa de características:

Potencia (Kw o c.v.)
$\cos\varphi$
Tensión (Voltios)

donde:

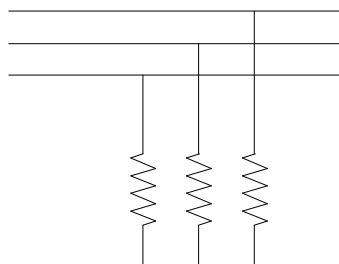
$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

$\cos\varphi$: desfase entre U e I

U: tensión entre fases

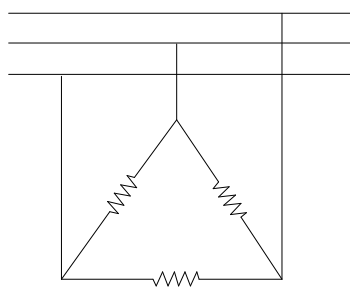
I: intensidad absorbida por el motor

Hay que tener cuidado con la tensión, ya que si pone V: 220/380 quiere decir que puede funcionar tanto a 220 como a 380, dependiendo de la conexión de los devanados del estator (el estator está recorrido por tres devanados, cada uno de los cuales soporta 220 voltios). Si conectamos el motor a 380 voltios necesariamente deberá estar conectado en estrella, mientras que si lo conectamos a 220 podrá estar en estrella o en triángulo, aunque lo lógico será que funcione en triángulo. La conexión de estrella y triángulo se puede cambiar directamente desde la placa de bornas.



Estator en

$$V_{fase} = \frac{V_{linea}}{\sqrt{3}}$$

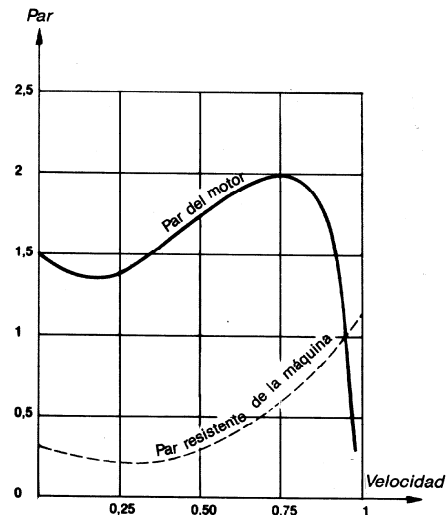
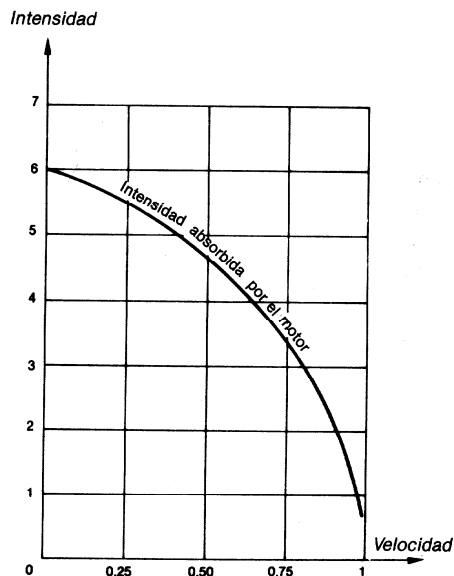


Estator en

$$V_{fase} = V_{linea}$$

5.2.2.-ARRANQUE DE MOTORES DE JAULA.

En la puesta en tensión de un motor, éste absorbe una gran intensidad de la red y puede, sobre todo si la sección de línea es insuficiente, provocar una caída de tensión susceptible de afectar el funcionamiento de los receptores, incluso puede llegar a ser perceptible en los aparatos de alumbrado.



Para paliar estos inconvenientes, algunos sectores prohíben por encima de una cierta potencia, la utilización de motores de inducción con arranques directos; otros, en función de la potencia, imponen la relación entre la intensidad de arranque y la nominal.

El motor de jaula es el único que puede ser acoplado directamente a la red con un aparellaje sencillo. Sólo los extremos de los devanados del estator tienen salida sobre la placa de bornas. Las características del motor han sido determinadas para siempre por el constructor, los diversos procedimientos de arranque permiten hacer variar únicamente la tensión en bornas del estator. En éste motor, la reducción de la punta de intensidad está acompañada de una fuerte disminución del par.

Arranque directo

Es un sistema de arranque de un sólo tiempo; el estator del motor se conecta directamente a la red y el motor arranca absorbiendo una fuerte punta de intensidad. Este procedimiento es ideal si es tolerable la punta de intensidad y si el par inicial de arranque es el conveniente para la puesta en marcha de la máquina ($1.5 C_n$).

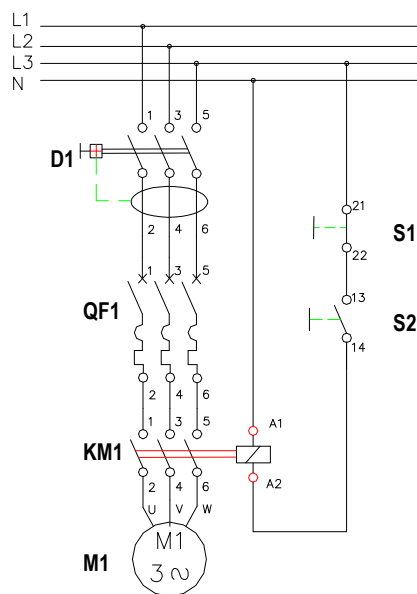
En la puesta en tensión, la punta de intensidad es muy elevada, del orden de 4 a 8 veces la intensidad nominal. El par durante el arranque es siempre superior al par nominal, sobre todo para motores modernos de jaulas complejas, siendo máximo cuando el motor alcanza el 80% de su velocidad en cuyo caso, la punta de intensidad está ya amortiguada.

Este tipo de arranque permite los arranques incluso a plena carga siempre que la red admita la punta de intensidad; es pues indicado para motores de pequeña o mediana potencia.

El par en el momento de la puesta en tensión es del orden de 1.5 Cn, por tanto este procedimiento de arranque no es indicado si se pretende un arranque lento y progresivo. Si para un motor de jaula es necesario disminuir la punta de intensidad en el arranque o el par, es necesario recurrir a un dispositivo que permita alimentar, a lo largo del primer tiempo, el estator del motor con una tensión reducida.

Para una velocidad dada, la corriente en un devanado del motor se reduce proporcionalmente a la tensión y el par proporcionalmente al cuadrado de la tensión.

La conexión queda como sigue:

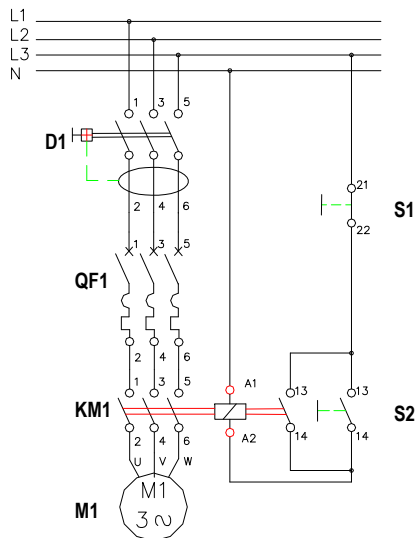


Se ha representado un motor conectado directamente a la red. La línea está convenientemente protegida frente a sobrecargas y cortocircuitos a través del magnetotérmico Q1, y las personas a través del diferencial D1.

El elemento que nos posibilita gobernar el circuito, es decir, abrirlo y cerrarlo según convenga es el contactor KM1. El contactor KM1 no se cierra o abre directamente con la mano, sino que se hace otro circuito para gobernarlo, de modo que llegue o no corriente a la bobina. De esa forma se consigue:

- aumentar la seguridad personal
- gobernar el circuito a distancia.

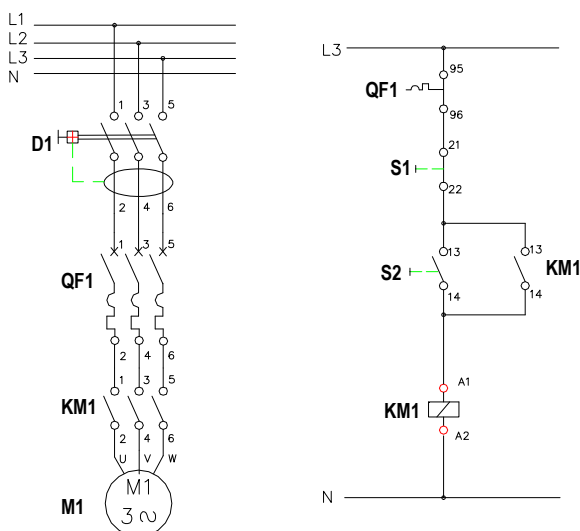
Se ha colocado en el gráfico dos pulsadores. S2 es el de marcha, para cerrar el circuito, y S1 es el de paro, ya que me permite abrirlo. Sin embargo, tal y como se ha dibujado hay que estar continuamente pulsando S2 para que se cierre el contactor KM1 y funcione por tanto el motor. Para evitarlo se coloca en paralelo con S2 un contacto auxiliar del contactor.



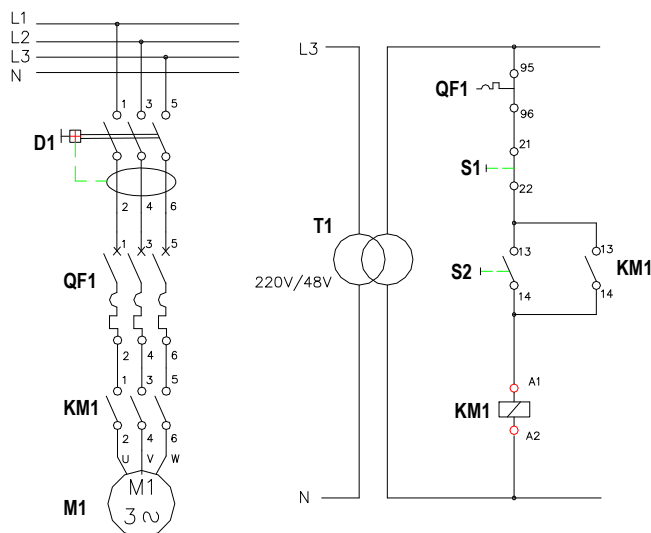
Al pulsar S2 (marcha) se cierra el circuito y circula corriente en la bobina. Por tanto los contactos, que dependen de ella basculan y se cierran en este caso. El motor se pone en marcha, y por otra parte, como también se ha cerrado el contacto auxiliar 13-14 puedo dejar de pulsar S2 y sigue el circuito cerrado. El motor estará en marcha hasta que se pulse el paro.

Como al añadir más elementos en instalaciones con varios motores los esquemas se complican bastante, se suelen representar por separado los dos circuitos, y a uno se le llama esquema de potencia o de fuerza y al otro esquema de mando o de maniobra.

Por otro lado se ha representado también en la siguiente figura en contacto auxiliar del interruptor magnetotérmico de modo que si hay una anomalía abrirá también el circuito de mando.



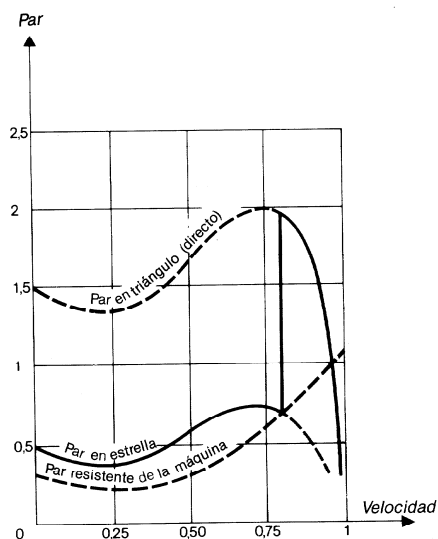
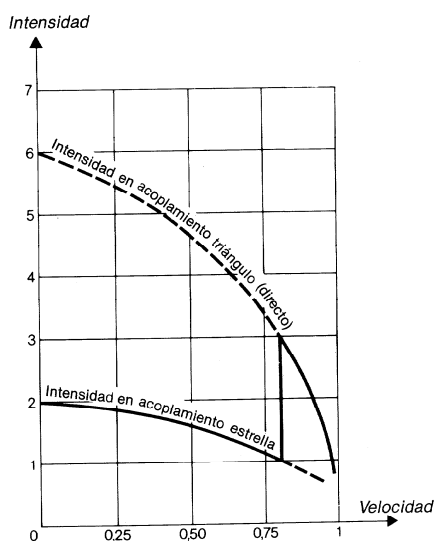
Finalmente, supongamos que se coloca un transformador para alimentar el circuito de mando, y así aumentar la seguridad.



Arranque estrella-triángulo

Este tipo de arranque sólo puede ser aplicado a los motores donde los dos extremos de los tres devanados tengan salida sobre la placa de bornas y donde el acoplamiento en triángulo corresponda a la tensión de red.

Este procedimiento consiste en arrancar el motor conectando sus devanados en estrella; éstos se encuentran entonces alimentados con una tensión igual a la tensión de red dividida por raíz de 3, es decir, a una tensión del 58% de la nominal.



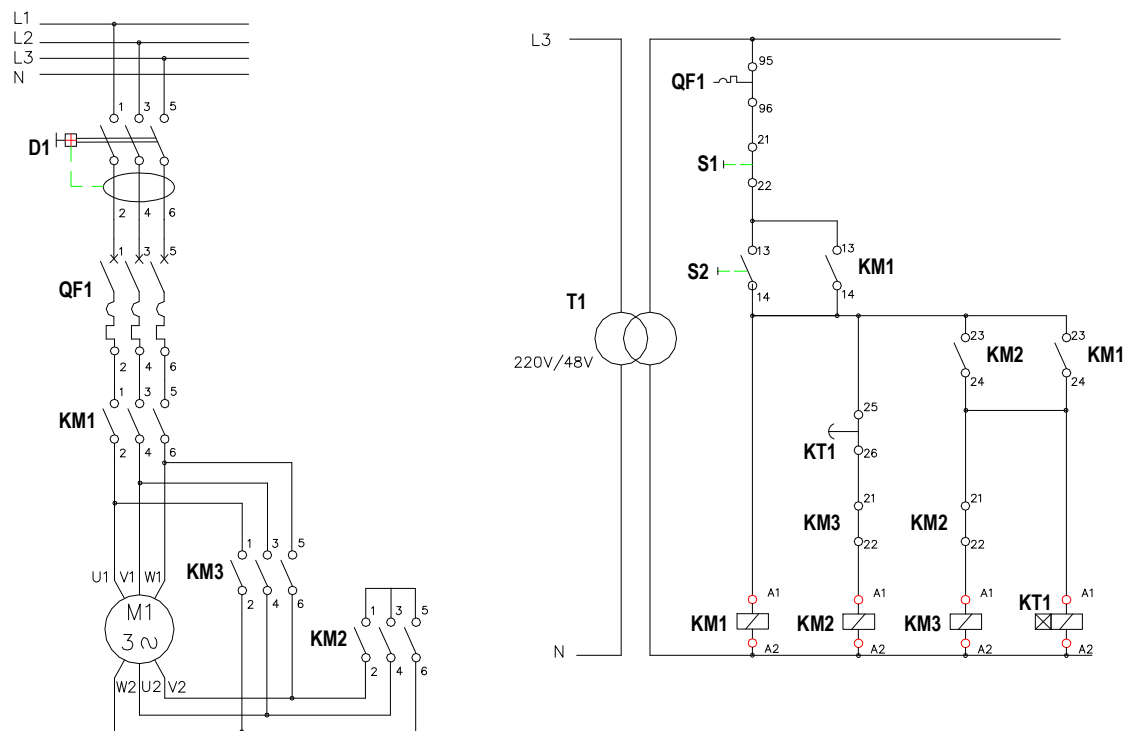
El par se reduce con relación al cuadrado de la tensión de alimentación, viene a ser un tercio del par proporcionado en un arranque directo; la corriente en línea de alimentación se reduce en la misma proporción. La intensidad en cada devanado decrece únicamente en relación a 0.58. Los típicos valores iniciales son: para la corriente $2 \cdot I_n$, y para el par $0.5 \cdot C_n$. El arranque estrella-triángulo es el indicado para aquellas máquinas que arrancan en vacío o tengan un par resistente pequeño.

Una vez comenzado el arranque con conexión en estrella, en el segundo tiempo, se suprime el acoplamiento en estrella y se acoplan los devanados en triángulo. Cada devanado ahora está alimentado con la tensión de red y el motor adquiere sus características nominales.

El par motor, durante todo el acoplamiento en estrella, es pequeño y la velocidad estabilizada al final de este tiempo puede ser muy baja si el par resistente es elevado; al pasar de estrella a triángulo, aparecen puntas importantes de corriente y de par, lo que en ocasiones puede conducir a renunciar a éste tipo de arrancador en máquinas de elevado par resistente sobre todo para potencias por encima de 30 KW.

Por otra parte, es preciso señalar que la corriente que atraviesa los devanados del estator es interrumpida al paso de estrella a triángulo y siendo las características de estos devanados muy inductivas, el paso a triángulo va acompañado de puntas de intensidades transitorias muy importantes por lo que a partir de ciertas potencias es aconsejable, bien renunciar a este tipo de arrancados o bien utilizar una variante de este arrancador que permita limitar los fenómenos transitorios.

A continuación se representan los diagramas de fuerza y mando. El esquema de mando no es único y puede haber más de una solución. Se trata de que en primer lugar se cierren los contactores KM1 y KM2, con lo que funcionará en estrella. A continuación, y pasados unos segundos, abrirá KM2 para cerrarse KM3, con lo que ya funcionará en triángulo.



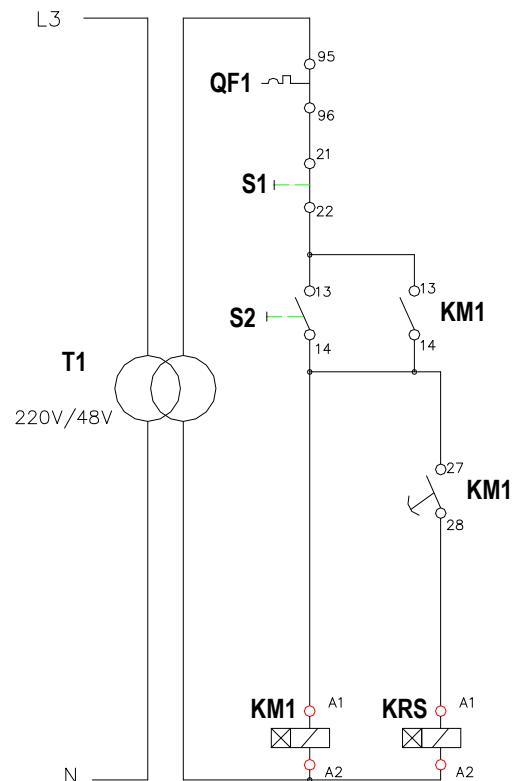
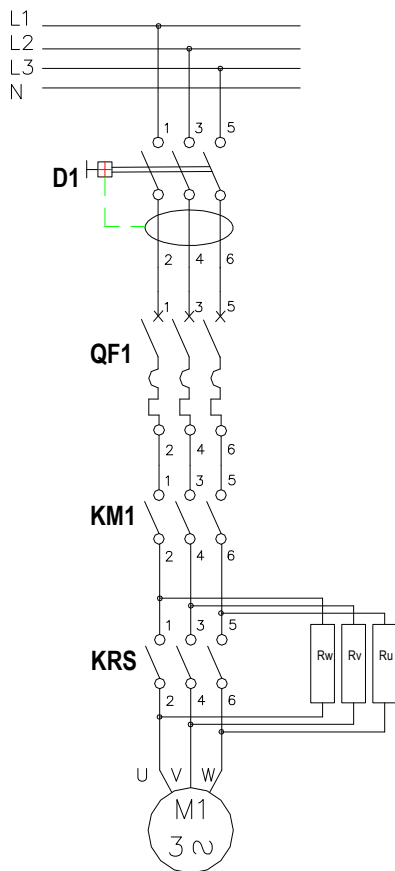
Arranque estático por resistencias

La alimentación a tensión reducida del motor durante el primer tiempo, se consigue poniendo en serie con cada fase del estator una resistencia que posteriormente es cortocircuitada. Los acoplamientos eléctricos de los devanados a la red no se modifican durante el arranque; la intensidad de arranque se reduce proporcionalmente al cuadrado de la tensión.

Los valores usuales que se obtienen con este arrancador son: en intensidad $4'5 I_n$ y en par $0'75 C_n$.

La tensión aplicada en bornas del motor no es constante durante el periodo de aceleración; la punta de intensidad de arranque disminuye a medida que el motor se acelera y como consecuencia, la caída de tensión en las resistencias disminuye y la tensión de bornas del motor aumenta progresivamente sin cambios bruscos.

El arranque por resistencias estáticas es conveniente para realizar el arranque de máquinas con par resistente creciente e incluso en máquinas potentes y de gran inercia.



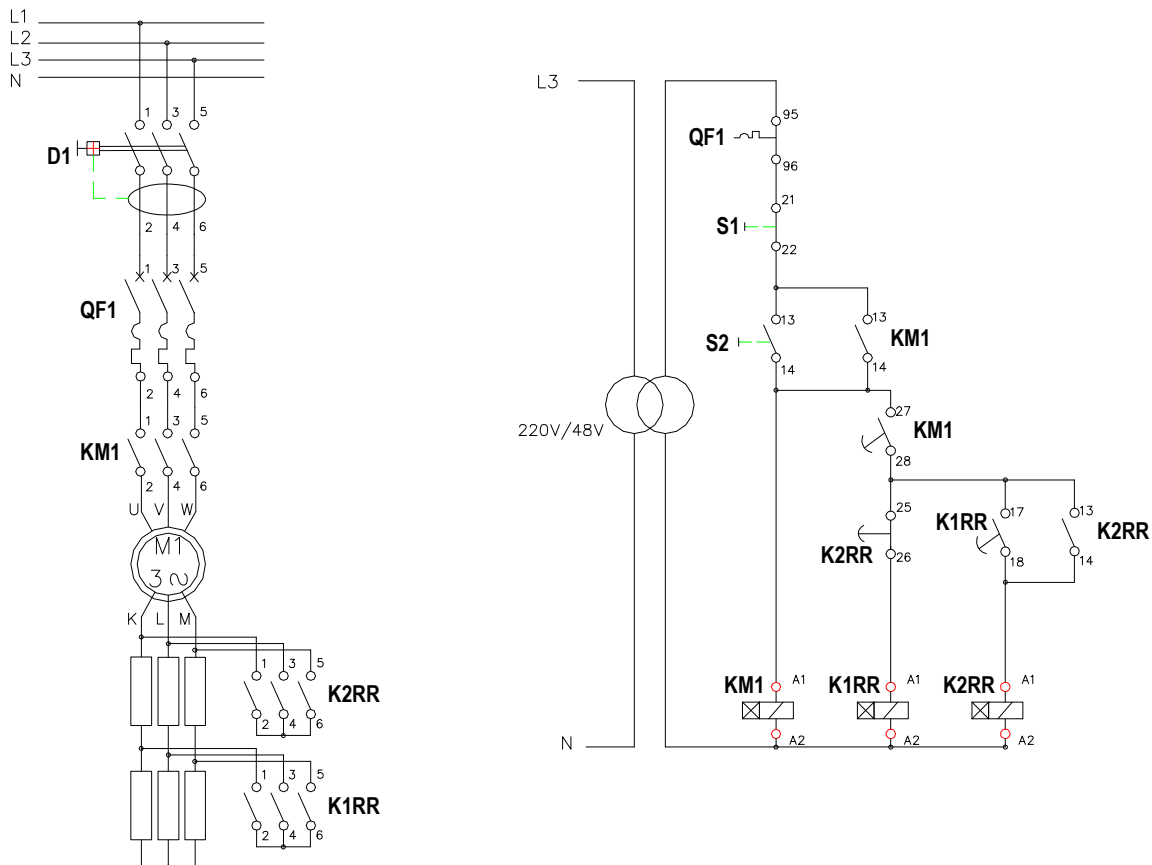
5.2.3.-ARRANQUE DE LOS MOTORES DE ANILLOS.

Los motores de anillos no pueden arrancar directamente sin provocar puntas de par y de corriente inadmisibles, en términos generales. Por tanto, es necesario que al mismo tiempo que se alimente el estator a plena tensión de red, se introduzcan resistencias retóricas que son progresivamente cortocircuitadas. El cálculo de la resistencia insertada en cada fase permite determinar de forma rigurosa la curva par-velocidad obtenida. Para un par dado, la velocidad es tanto más baja cuanto más alta sea la resistencia. La corriente absorbida es sencillamente superior al par teórico. Por ejemplo, para un par inicial de arranque igual a $2 I_n$, esta punta es considerablemente más pequeña, y el par máximo de arranque más elevado que el de un motor de jaula, para el que los valores típicos son del orden de $6 I_n$ con un par de $1'5 C_n$.

Arranque rotórico por resistencias

Los arranques retóricos en motores de anillos se utilizan en todos los casos donde las puntas de corriente deben ser mínimas y en todas las máquinas que tengan que arrancar a plena carga. Además, este tipo de arranque es extremadamente flexible,

porque es fácil ajustar el número de tiempos de arranque y el aspecto de las curvas de par y corriente de arranque a las necesidades mecánicas o eléctricas, par resistente, valor de la aceleración, tiempo de arranque, punta máxima de corriente, etc.

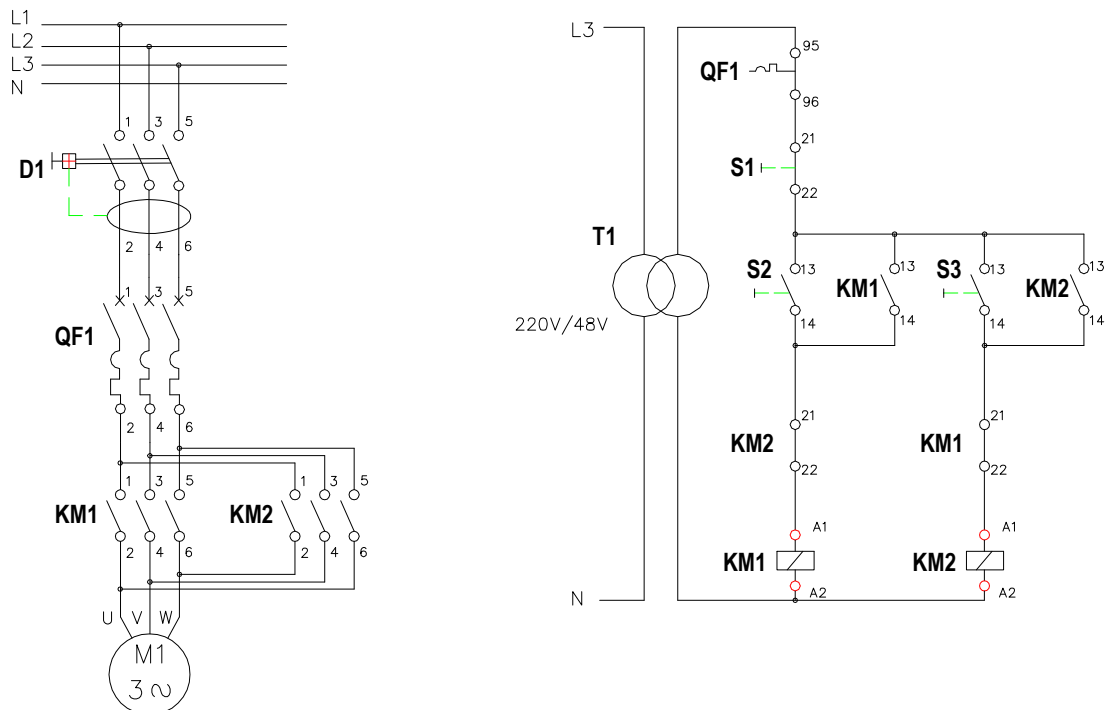


5.2.4.-CAMBIO DEL SENTIDO DE GIRO.

Si a un motor asíncrono trifásico le cambiamos dos de las fases de alimentación girará en sentido contrario. Da igual cuáles cambiemos, simplemente con cambiar dos es suficiente.

Si seguimos el trazado de los conductores comprobaremos que si se cierra KM1 la fase L1 está conectada al borne U del motor, la L2 al V y la L3 al W. Si cerramos KM2, sin embargo, L1 se conecta a W, L2 a V y L3 a U.

Es importante asegurarse de que KM1 y KM2 no van a estar cerrados simultáneamente, ya que en ese caso se producirá un cortocircuito. Para ello se colocan en el esquema de mando dos contactos normalmente cerrados y cruzados.



Si se pulsa S2 se excita la bobina KM1, se cierran los contactos principales y comienza el motor a girar a derechas. Además se cierra el contacto auxiliar 13-14 de KM1, con lo que si se deja de pulsar S2 no se abre el circuito, y se abre el contacto auxiliar 21-22 de KM1, con lo que está asegurado que aunque se pulsase S3 no llegue corriente a KM2 y no se cierran a la vez KM1 y KM2.

Para abrir el circuito se pulsará el paro S1. Sucede lo mismo si una vez parado se pulsa S3.

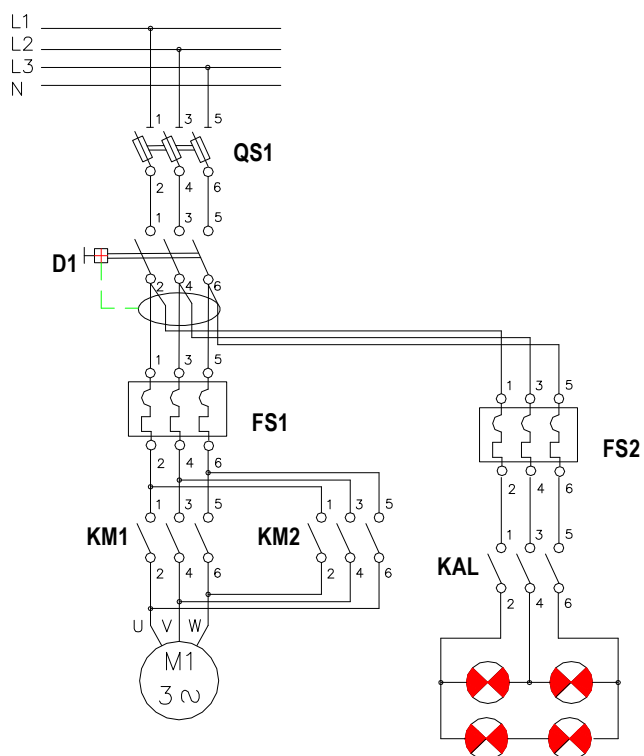
5.2.5.-EJEMPLOS.

APERTURA DE GARAJE Y ALUMBRADO

Se desea controlar la apertura de la puerta de un garaje y el alumbrado del mismo de la manera siguiente:

- La puerta podrá ser abierta desde el exterior mediante un motor eléctrico de arranque directo, a través de un interruptor de llave.
- Desde el interior se podrá abrir o cerrar mediante sendos pulsadores.
- El alumbrado permanecerá encendido siempre que la puerta esté abierta. Su cierre lo apagará pero, en este caso, podrá ser encendido o apagado desde pulsadores ubicados en el interior del garaje.

A continuación se muestran los esquemas funcionales del automatismo descrito: fuerza y maniobra.



SFCA: Final de carrera de apertura

SFCC: Final de carrera de cierre

SLL: Pulsador de llave

SA: Pulsador de apertura

SC: Pulsador de cierre

SMAL: Pulsador de encendido de alumbrado

SPAL: Pulsador de apagado

QS1: Seccionador portafusibles

FS1: Relé magnetotérmico

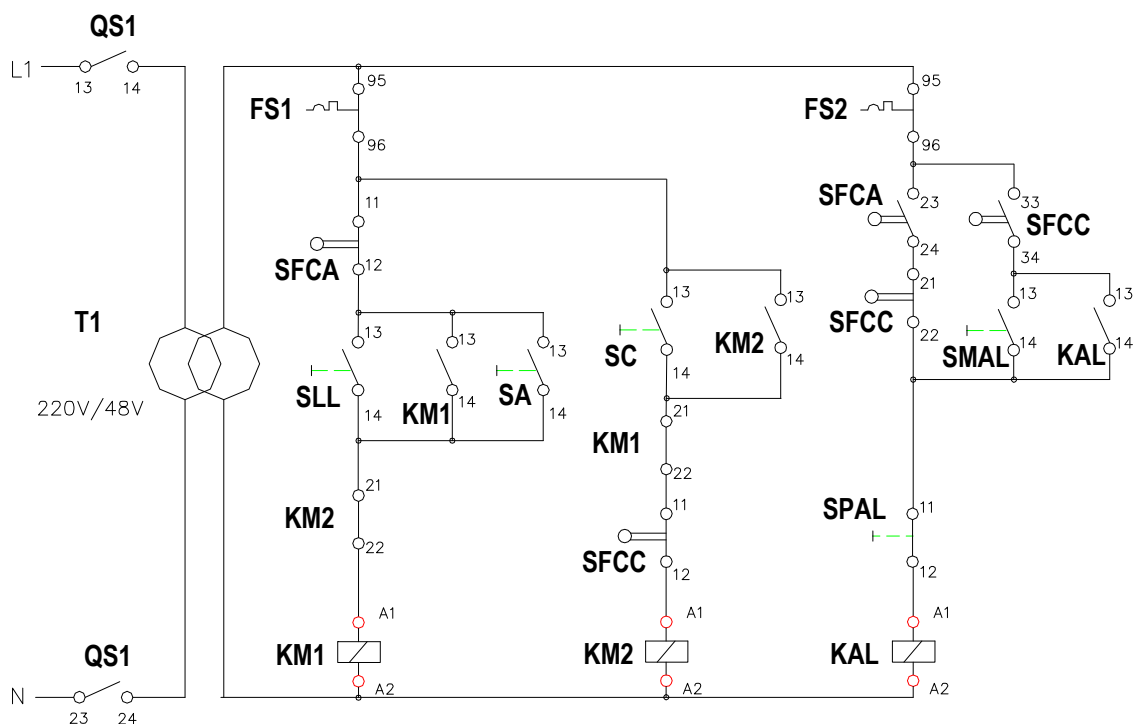
FS2: Relé magnetotérmico

D1: Diferencial

KM1: Contactor de apertura

KM2: Contactor de cierre

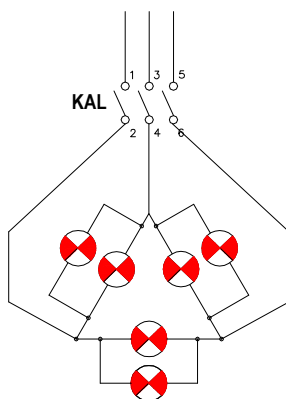
KAL: Contactor de alumbrado



Nota importante: la conexión de la iluminación en circuitos trifásicos se puede hacer de diferente manera, como se va a mostrar a continuación.

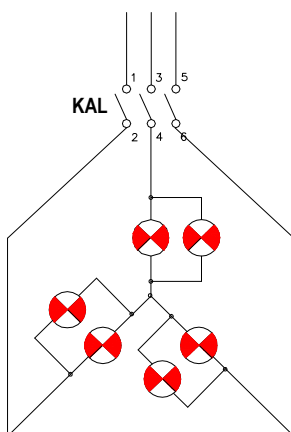
1. Distribución a tres hilos (sistema IT), y conexión en triángulo.

Las lámparas serán de 380 V y serán tres o múltiplos de tres.



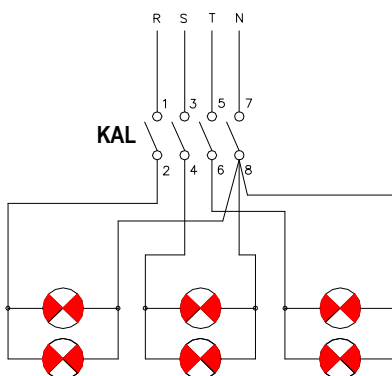
2. Distribución a tres hilos (sistema IT), y conexión en estrella.

Las lámparas serán de 220 V y serán tres o múltiplos de tres.



3. Distribución a cuatro hilos (tres fases y neutro; sistema TT). Las lámparas se conectarán entre una de las fases y el neutro. El contactor será tetrapolar.

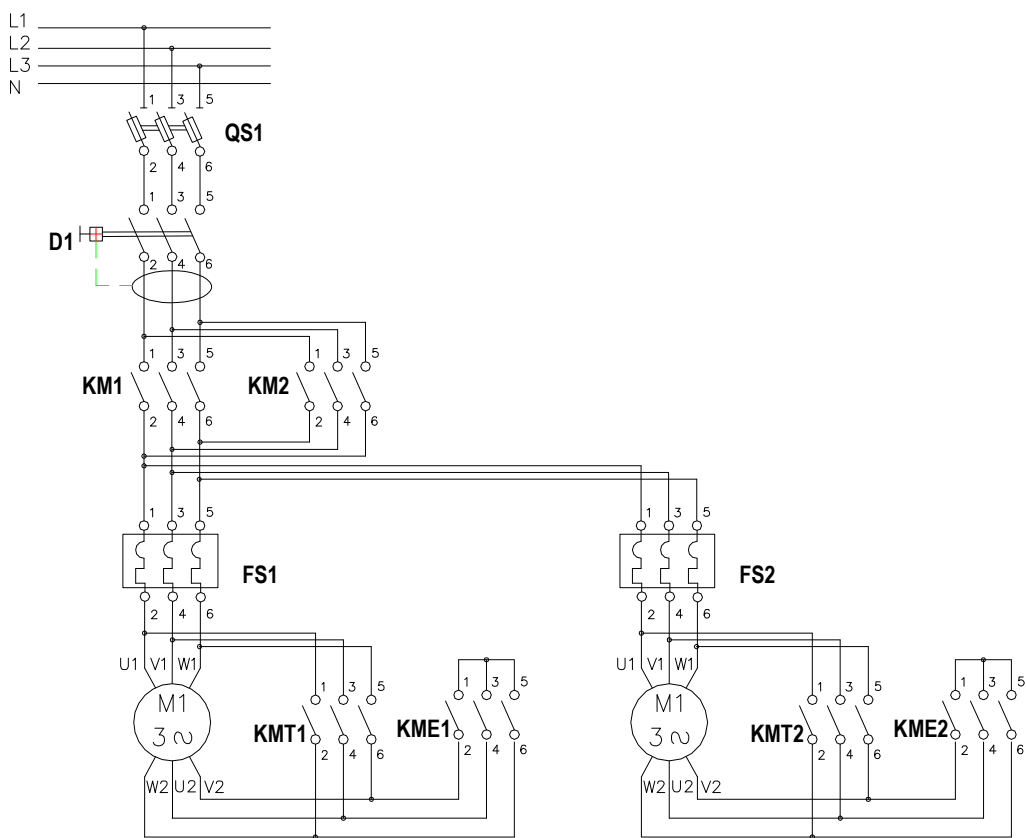
Las lámparas serán de 220 V, y se formarán tres circuitos monofásicos. Cada uno de esos circuitos se conectarán entre una de las fases y el neutro. Para que la instalación quede equilibrada se procurará que haya el mismo número de lámparas en cada circuito.

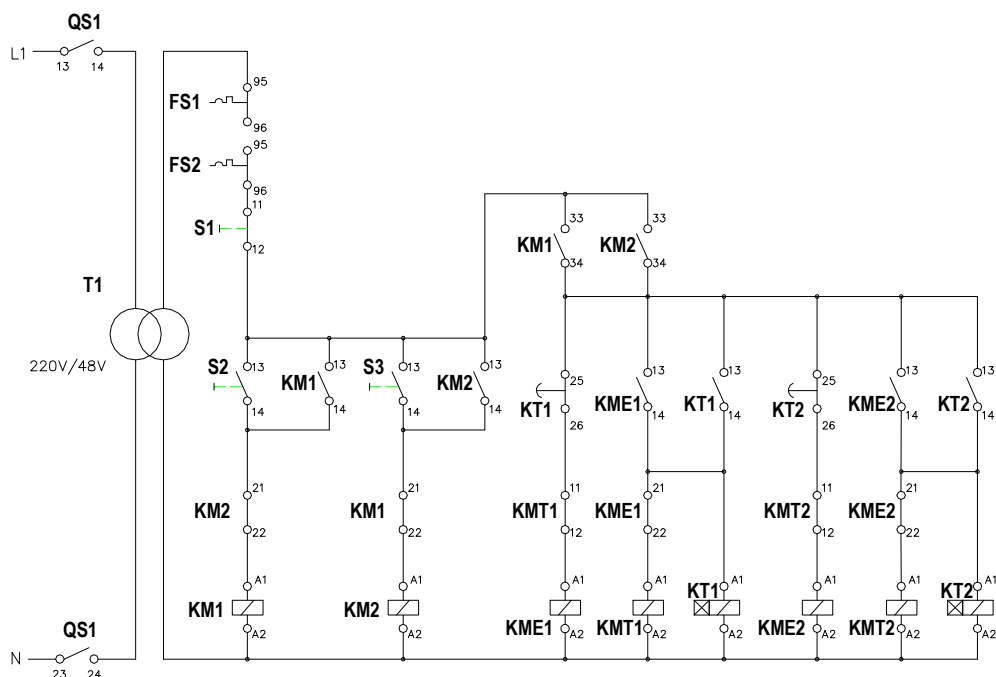


PLATAFORMA ELEVADORA

Una plataforma elevadora está arrastrada por dos motores asíncronos trifásicos trabajando en paralelo, con arranque estrella – triángulo.

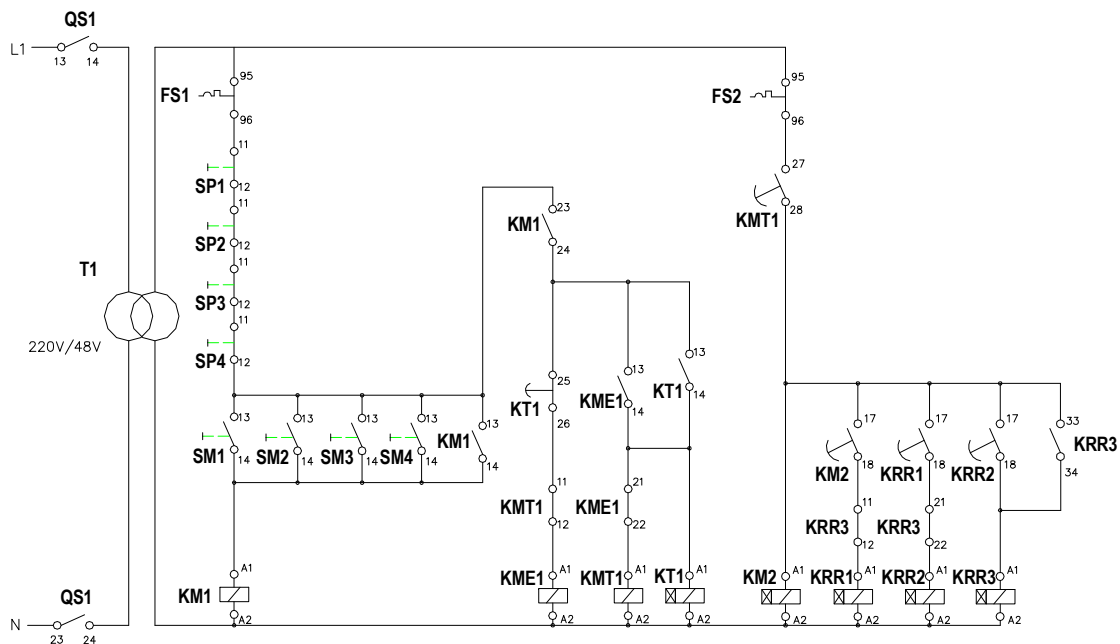
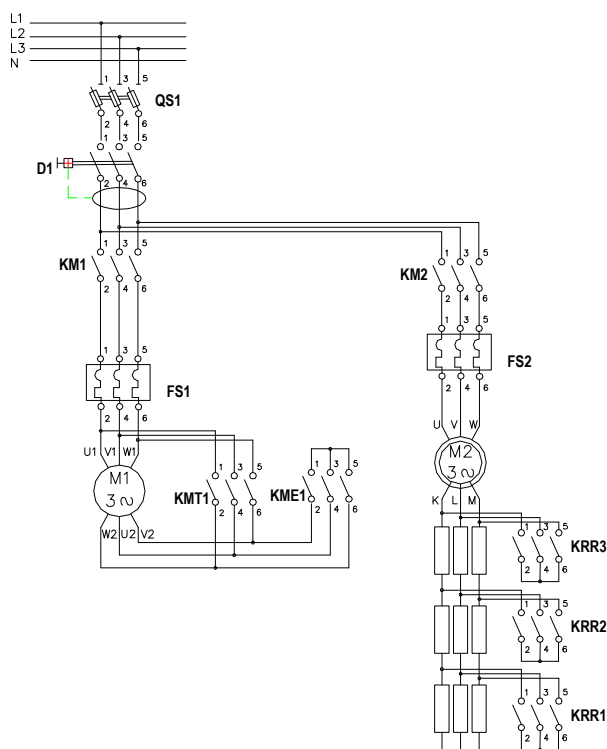
Dibuja los esquemas de fuerza y maniobra de la instalación con las protecciones necesarias.





Un sistema de ventilación de un local está constituido por dos ventiladores movidos por motores eléctricos y se desea poderlos arrancar o parar desde cuatro puntos. En la puesta en marcha, arrancará el primer motor en estrella – triángulo y el segundo lo hará mediante tres grupos de resistencias retóricas a los quince segundos de haber arrancado el primero. El paro de ambos motores será instantáneo.

Dibuja el esquema funcional de mando y el esquema de fuerza de este automatismo con las protecciones necesarias.



BIBLIOGRAFÍA

- Ibáñez Carabantes, Pedro; Ubieto Artur, Pedro; 2005. "Diseño básico de automatismos eléctricos". Ed: Paraninfo.
- Ramírez Vázquez, José, 1986. "Manual autodidáctico de esquemas eléctricos". Ed: CEAC.
- Telemecanique, 1992. "Manual electrotécnico". Ed: Telemecanique.
- Valentín Labarta, José Luis, 1991. "Introducción a los circuitos eléctricos I". Ed: Donostiarra.
- Valentín Labarta, José Luis, 1991. "Introducción a los circuitos eléctricos II". Ed: Donostiarra.