

Materiales para prueba de oposición y méritos Temario:

- 1.- Puesta a Tierra
- 2.- Corrección de Reactiva
- 3.- Cálculo de sección de conductor
- 4.- Normativa aplicable (RBT de UTE, Cap. II, VI, VII, XX, XXIII)

1- Puesta a Tierra

Puesta a tierra es el sistema que conecta eléctricamente una instalación con la tierra para garantizar seguridad y funcionamiento adecuado.

La definición completa sería: Conjunto constituido por una o más tomas de tierra interconectadas y sus conductores de tierra correspondientes, conectados al borne principal de tierra.

Desglose de los componentes

Tomas de tierra: Son los puntos físicos (como electrodos, jabalinas, placas) que se colocan en contacto con el suelo para establecer la conexión eléctrica con la tierra.

Conductores de tierra: Cables que unen las tomas de tierra con el sistema eléctrico de la instalación. Su función es conducir cualquier corriente de falla hacia la tierra.

Borne principal de tierra: Es el punto central donde se conectan todos los conductores de tierra. Actúa como el nodo de referencia para la protección eléctrica.

Tablero Eléctrico



¿Para qué sirve?

- Evita riesgos de electrocución.

- Protege equipos eléctricos ante fallas.
- Estabiliza el voltaje del sistema.
- Facilita el funcionamiento de dispositivos de protección como disyuntores y diferenciales.

Tierra local: Zona del terreno que está en contacto eléctrico con una toma de tierra, pero cuyo potencial eléctrico puede variar y no necesariamente es cero.

Ejemplo: El suelo alrededor de una jabalina de puesta a tierra en una instalación rural.

Nota: Puede tener diferencias de potencial respecto a otras partes del terreno, especialmente si hay corrientes de falla.

Tierra de referencia (o tierra lejana): Parte del terreno considerada como conductora, ubicada fuera del área de influencia de cualquier instalación eléctrica, y cuyo potencial se toma como cero por convención.

Ejemplo: Un punto del suelo a varios metros de distancia de cualquier toma de tierra.

Uso: Sirve como referencia para medir tensiones o resistencias de puesta a tierra.

Resistencia de puesta a tierra: Es la resistencia eléctrica entre el borne principal de tierra de una instalación y la tierra de referencia.

Ejemplo: Si medís con un telurímetro entre el borne de tierra de tu casa y un punto lejano del terreno, obtenés esta resistencia.

Objetivo: Cuanto más baja sea, mejor será la capacidad de desviar corrientes de falla hacia tierra.

Fórmula de resistencia de una jabalina vertical

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \cdot \ln\left(\frac{4l}{d}\right)$$

R Resistencia de puesta a tierra (en ohmios, Ω)

ρ Resistividad del suelo (en ohm·metro)

L Longitud de la jabalina (en metros)

d Diámetro de la jabalina (en metros)

ln Logaritmo natural

Valor máximo recomendado: 10 Ω Este valor garantiza que los dispositivos de protección (como diferenciales) puedan actuar correctamente en caso de falla, evitando riesgos para las personas y los equipos.

Consideraciones importantes: En zonas con alta resistividad del suelo, puede ser difícil alcanzar los 10 Ω con una sola jabalina.

En esos casos, se recomienda usar varios electrodos interconectados.

Aunque no hay un único valor universal para todas las instalaciones, UTE exige que se garantice la desconexión automática en caso de falla, lo que indirectamente obliga a

mantener la resistencia de tierra dentro de ciertos límites. En instalaciones especiales (como subestaciones o ambientes industriales), los valores pueden ser más exigentes.

Opciones para bajar la resistencia de puesta a tierra

1. Aumentar la longitud de la jabalina: La resistencia es inversamente proporcional a la longitud. Si duplicás el largo de la jabalina (por ejemplo, de 2 m a 4 m), la resistencia se reduce significativamente.
2. Instalar varias jabalinas en paralelo: Conectadas eléctricamente entre sí y separadas al menos 2 veces su longitud. La resistencia total se reduce según la fórmula de resistencias en paralelo

$$RT = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} \dots}$$

2- Corrección de Factor de Potencia

Conceptos:

Energía activa (kWh) P: Es la que realmente se transforma en trabajo útil: movimiento, calor, luz. Es la que “consume” la instalación.

Energía reactiva (kvarh) Q : Es la energía que oscila entre la fuente y las cargas inductivas (motores, transformadores, reactores). No produce trabajo útil, pero es necesaria para crear los campos magnéticos que permiten el funcionamiento de estos equipos.

Energía Aparente (Kva) S : Es la suma vectorial de la potencia activa (trabajo útil) y la potencia reactiva (necesaria para campos magnéticos/eléctricos)

Factor de potencia (FP): Es la relación entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S)



¿Por qué se corrige el Coseno φ (Factor de potencia) a valores cercanos a 1?

Un FP cercano a 1 indica que la mayor parte de la energía suministrada se convierte en trabajo útil.

- Si el FP es bajo, significa que hay un exceso de energía reactiva circulando, lo que genera: Mayor corriente en los conductores.
- Pérdidas por efecto Joule.
- Sobrecarga en transformadores y líneas.
- Evaluar el FP permite detectar estas ineficiencias y tomar medidas correctivas.

Fórmulas:

Factor de potencia

$$FP(\cos\varphi) = \frac{P(KW)}{S(KVA)}$$

$\varphi_{inicial} = \cos^{-1} \cdot FP$ (ángulo correspondiente al coseno del factor inicial, el que obtengo de hacer $FP(\cos\varphi) = \frac{P(KW)}{S(KVA)}$ y necesito corregir)

$\varphi_{final} = \cos^{-1}.FP$ (ángulo correspondiente al coseno del factor de potencia que necesito llegar, ej: 0.92, 0.95)

Potencia Reactiva

$$Q = P. Tg\varphi$$

Potencia Aparente:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Reactiva a compensar

$$Q_{comp.} = (tg\varphi_{inicial} - tg\varphi_{final}). P(kw)$$

3- Cálculo de sección de conductor

1.-Cálculo de Secciones de los conductores.

Un conductor debe tener una sección tal que la corriente que por él circula no produzca un calentamiento inadmisibles en el mismo, ni produzca una caída de tensión excesiva entre el origen de la instalación y el punto de utilización.

Deberá tener además una resistencia mecánica adecuada.

El conductor deberá además dimensionarse teniendo en cuenta las corrientes de cortocircuito y la duración de las mismas; que pueden afectar seriamente su aislamiento.

A efectos de determinar la sección adecuada de un conductor, conocida la corriente que por él circula se aplicarán los cuatro criterios expresados anteriormente y se tomará la mayor sección resultante. Para el cálculo correspondiente se procederá como se indica a continuación.

1.1.- Corrientes máximas Admisibles.

Las corrientes máximas admisibles en servicio permanente, para conductores aislados en canalizaciones eléctricas fijas, y a una temperatura ambiente de 25°C, se indican en las distintas Tablas de este reglamento, según sea el tipo de aislamiento, sistema de instalación y medio ambiente.

Estas tablas se refieren a los conductores según Norma UNIT-IEC 227 usados en instalaciones interiores o receptoras; es decir, de tensión nominal de aislamiento de hasta 750 V.

Para canalizaciones eléctricas móviles, la corriente máxima admisible en los conductores aislados, será la correspondiente a los mismos, en canalizaciones eléctricas fijas, reducida en un 20 %.

En cuanto a los sistemas de instalación, en el Capítulo III del presente Reglamento se enuncian y se definen cada uno de ellos. Estos sistemas de instalación pueden clasificarse en dos grandes grupos, a efectos de disipación térmica, que permiten calcular la corriente máxima admisible en los conductores: "Al aire libre" y "Dentro de Conductos".

La expresión "al aire libre" se aplica a montajes de conductores unipolares o multipolares, instalados según los siguientes sistemas:

- a) Grapeados directamente a paredes o muros.
 - b) Colocados en huecos, o en zanjas abiertas o ventiladas.
 - c) Colocados sobre bandejas perforadas.
 - d) Suspendidos de un cable fiador o colocados sobre aisladores o poleas.
- La expresión "dentro de conductos" se aplica al montaje de conductores en conductos o canales abiertos o cerrados o en conductos embutidos o aparente.

Se supone que la sección de estos canales, conductos o huecos es tal que la suma de las secciones totales de todos los conductores instalados en ellos es la máxima compatible con un tendido fácilmente realizable.

2.- Cables Aislados de Cobre y de Aluminio del tipo Preensamblado.

2.1.- Corrientes máximas Admisibles. En la Tabla I figuran las corrientes máximas admisibles en régimen permanente para este tipo de cables, en condiciones normales de instalación.

Las condiciones normales de instalación se definen como un solo cable tripolar, o tetrapolar, instalado al aire libre en una disposición que permita una eficaz renovación de aire, y a una temperatura ambiente de 25 °C. Para otras condiciones diferentes, en el apartado 2.2 figuran los factores de corrección apropiados.

TABLA I

Corriente máxima admisible en A, para cables preensamblados instalados a la intemperie (Servicio permanente) Temperatura ambiente 25 °C.

SECCIÓN NOMINAL mm ²	COBRE		ALUMINIO	
	TIPO DE AISLAMIENTO			
	V	R/I	V	R/I
4	42	47	-	-
6	55	59	-	-
10	76	82	59	64
16	101	108	79	86
25	136	148	105	114
35	165	177	130	137
50	200	217	159	171
70	260	279	200	217
95	313	336	242	262
120	-	-	283	302
150	-	-	325	348

V = Cloruro de Polivinilo
R = Polietileno reticulado
I = Polietileno Clorosulfonado

2.2.- Factores de Corrección.

En la Tabla II figuran los factores de corrección, de la corriente máxima admisible, en caso de agrupación de varios cables tri o tetrapolares del tipo preensamblado, al aire. Estos factores se aplican a cables, separados entre sí una distancia comprendida entre un cuarto de diámetro y un diámetro, tendidos sensiblemente en horizontal y en un mismo plano vertical.

TABLA II

Factores de corrección de la corriente máxima admisible en caso de agrupación de cables aislados del tipo preensamblado.

Número de cables	1	2	3	más de 3
Factor de corrección	1.00	0.89	0.80	0.75

Se considera como diámetro de un cable trenzado el del círculo circunscrito. En la TABLA III figuran los factores de corrección para temperaturas diferentes de 25 °C.

TABLA III

Factores de corrección de la corriente máxima admisible para cable preensamblados, en función de la temperatura ambiente

TIPO DE AISLACIÓN	TEMPERATURA °C						
	20	25	30	35	40	45	50
Cloruro de Polivinilo	1,04	1	0,95	0,90	0,85	0,79	0,73
Polietileno reticulado o clorosulfonado	1,03	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

3.- Cables Aislados no Trenzados.

Las prescripciones y tablas de los apartados siguientes se refieren a los cables aislados, no trenzados, instalados en redes aéreas o sistemas de instalación equivalentes.

3.1.- Conductores de Cobre.

Corrientes máximas Admisibles. Las condiciones normales de instalación para un cable tri o tetrapolar son:

- 1) Una terna de cables unipolares en contacto mutuo.
- 2) Un cable bipolar o dos unipolares en contacto mutuo, instalados al aire o sistema de instalación equivalente.

En ambos casos se considera una temperatura ambiente de 25 °C y una disposición que permita una eficaz renovación del aire. La corriente máxima admisible para estas condiciones figura en la Tabla IV según el tipo de aislamiento.

Para los cables unipolares, aislados con papel impregnado, los valores de la tabla se refieren al caso en que los cables constitutivos de una misma terna, estén separados una distancia igual a un diámetro.

3.2.- Conductores de Aluminio. Corrientes máximas Admisibles.

Las condiciones normales de instalación son las mismas que las definidas en el apartado 3.1 para los cables con conductores de cobre. Para determinar las corrientes admisibles en los conductores de aluminio se empleará la Tabla IV multiplicando las secciones de cobre por 1,68 para obtener las equivalentes en aluminio.

TABLA: IV

Tabla de corrientes admisible para cables aislados con conductor de cobre, instalados o la Intemperie (servicio permanente) t=25																			
Seccion nominal mm ²	1 Terna de cables unipolares						1 Cable tripolar o tetrapolar						2 Cables unipolares						1 Cable bipolar
	V	B	D	R	P		V	B	D	R	P		V	B	D	R	P	V	
1.5	19	21	21	21	35		18	20	19	19	18		26	29	31	31		24	
2.5	26	29	30	30	45		25	28	29	29	21		35	39	41	41		31	
4	35	39	40	40	57		33	37	39	39	30		47	52	43	43		41	
6	45	51	51	52	73		42	47	49	50	41		59	69	73	73		53	
10	62	70	71	73	94		59	66	65	68	59		83	92	97	97		77	
16	84	93	95	98	120		77	86	91	93	83		112	126	131	131		99	
25	113	126	131	137	153		103	115	120	125	106		148	167	177	177		136	
35	136	155	160	165	188		124	138	148	154	130		183	201	217	217		165	
50	171	190	199	205	230		153	173	182	188	165		218	242	257	257		195	
70	218	247	256	262	295		195	219	228	239	212		271	305	319	325		242	
95	277	310	319	325	360		242	270	285	296	260		336	383	393	399		301	
120	324	362	370	382	413		283	316	331	342	295		389	437	456	462		348	
150	372	414	427	439	484		324	362	382	399	348		443	495	519	530		401	
185	431	483	502	513	549		372	420	439	456	395		507	564	559	610		460	
240	513	563	587	610	631		436	500	524	542	448		596	667	701	718		543	
300	590	655	678	701	726		502	569	593	621	519		684	771	763	832		631	
400	690	759	798	821	796		584	661	695	735	590		785	886	929	958		732	
500	785	874	912	940	879								897	995	1043	1083			
630	903	1000	1043	1083	964								1038	1167	1231	1254			
800					1032														
1000					1092														

REFERENCIAS.

TIPOS DE AISLACION

V – Cloruro de Polivinilo B – Goma butilica D – Etileno Propileno R – Polietileno reticulado P – Papel impregnado

Hoja de Fórmulas

Cálculo de electrodos de Tierra:

Fórmula de resistencia de una jabalina vertical

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \cdot \ln\left(\frac{4l}{d}\right)$$

R Resistencia de puesta a tierra (en ohmios, Ω)

ρ Resistividad del suelo (en ohm·metro)

L Longitud de la jabalina (en metros)

d Diámetro de la jabalina (en metros)

ln Logaritmo natural

Factor de Potencia:

Factor de potencia

$$FP(\cos\varphi) = \frac{P(KW)}{S(KVA)}$$

φ inicial = $\cos^{-1} \cdot FP$ (ángulo correspondiente al coseno del factor inicial, el que obtengo de hacer $FP(\cos\varphi) = \frac{P(KW)}{S(KVA)}$ y necesito corregir)

φ final = $\cos^{-1} \cdot FP$ (ángulo correspondiente al coseno del factor de potencia que necesito llegar, ej: 0.92, 0.95)

Potencia Reactiva

$$Q = P \cdot \operatorname{Tg}\varphi$$

Potencia Aparente:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Reactiva a compensar

$$Q_{comp.} = (\operatorname{Tg}\varphi_{inicial} - \operatorname{Tg}\varphi_{final}) \cdot P(kw)$$

Cálculo de sección:

Sección por caída de tensión

$$S = \frac{2.L.W}{K.e.V} \text{ Líneas Monofásicas}$$

$$S = \frac{L.W}{K.e.V} \text{ Líneas Trifásicas}$$

S = sección en mm²

L = longitud de la línea en metros

W = potencia en Watts,

K = conductividad del metal (cobre, 56,9; aluminio, 34,7; para una temperatura de 25 °C).

e = caída de tensión máxima admisible en V.

V = tensión de suministro en V.

$$I = \frac{P}{V.\sqrt{3}.COS\varphi}$$

Cálculo de sección por tablas normalizadas: Se halla la corriente, y luego se busca la opción Conveniente

S: Sección en mm²

P: Potencia en Watts

V: Voltaje

$COS\varphi$: Factor de potencia

PUESTAS A TIERRA

CAPÍTULO XXIII

INDICE

1.- Objeto de las Puestas a Tierra	1
2.- Puestas a Tierra. Definición.	1
3.- Presentación de datos y planos de Puesta a Tierra.....	1
4.- Puestas a tierra en pequeños o medianos suministros eléctricos individuales.....	2
5.- Partes que comprenden las Puestas a Tierra.....	2
5.1.- Tomas de Tierra.	5
5.2.- Líneas principales de Tierra.	5
5.3.- Derivaciones de las Líneas principales de Tierra.	5
5.4.- Conductores de Protección.	6
6.- Prohibición de incluir en serie las Masas y los elementos metálicos en el circuito de Tierra.....	6
7.- Tomas a Tierra independientes.....	6
8.- Electrodo, naturaleza, constitución, dimensiones y condiciones de Instalación.....	7
8.1.- Naturaleza de los Electrodo.	7
8.2.- Constitución de los Electrodo Artificiales.	7
8.2.1.- Placas Enterradas.	8
8.2.2.- Picas Verticales.....	8
8.2.3.- Conductores enterrados horizontalmente.....	8
9.- Resistencia de Tierra.	10
10.- Características y condiciones de Instalación de las Líneas de Enlace con Tierra, de las Líneas principales de Tierra y de sus derivaciones.	12
10.1.- Naturaleza y Secciones Mínimas.	12
10.2.- Tendido de los Conductores de Línea de Enlace con Tierra.....	13
10.3.- Tendido de los Conductores de la Línea principal de Tierra y sus derivaciones.	13
10.4.- Conexiones de los Conductores de los Circuitos de Tierra con las Partes Metálicas y Masas y con los Electrodo.....	14
10.5.- Prohibición de interrumpir los Circuitos de Tierra.....	14
11.- Separación entre las Tomas de Tierra de las Masas de las Instalaciones de utilización y de las Masas de una Sub-Estación (S.E.).	15
12.- Revisión de Tomas de Tierra.....	15
13.- Descargas a tierra artificiales en viviendas individuales.....	16

1.- Objeto de las Puestas a Tierra.

Las puestas a tierra se establecen con objeto, principalmente, de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas (tensión de contacto), entre distintos lugares del suelo en las inmediaciones de la puesta a tierra (tensión de paso), asegurar la actuación de las protecciones (R de la puesta a tierra) y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

Las puestas a tierra, a las que se refiere al presente Reglamento se aplicarán a todo elemento, o parte de la instalación, que otras disposiciones prescriban como obligatoria su puesta a tierra.

Información complementaria sobre puesta a tierra se establecen en la Norma de Instalaciones Capítulo I.

2.- Puestas a Tierra. Definición.

La denominación "puesta a tierra" comprende toda la ligazón metálica directa, sin fusible ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo, o grupo de electrodos, enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falta o la de descarga de origen atmosférico.

3.- Presentación de datos y planos de Puesta a Tierra.

Se deberán presentar en las Oficinas Comerciales tanto de Montevideo como del Interior para ser sometido a la aprobación:

- A) Medidas de resistividad del suelo (método de Wenner a: 1, 2, 4 y 8 m), cuando el cliente tenga que construir el local de la subestación, o un puesto de conexión.
- B) Un esquema unifilar de puesta a tierra
- C) Planos de planta y corte a escala de la puesta a tierra.
En B y C se indicarán:
 - 1) Ubicación, secciones y tipos de conductores; ubicación, dimensiones y tipo de electrodos.

- 2) Identificación y ubicación de las cámaras donde se encuentran los puntos de puesta a tierra.

En el proyecto, planos y memoria descriptiva correspondientes deberán indicarse los valores de las corrientes de defecto a masa y tiempos de duración de las mismas, según las protecciones propuestas, como así también las tensiones de paso y de contacto en los puntos de riesgo, y la resistencia de tierra esperada.

Se entiende por punto de riesgo a todo punto de la instalación accesible por personal no especializado, o sin protección especial, en el que puedan producirse tensiones superiores a 24 o 50 V, según corresponda, sin elemento de protección eléctrica adecuado que limite el tiempo de duración de la sobretensión.

4.- Puestas a tierra en pequeños o medianos suministros eléctricos individuales.

En el caso de viviendas, pequeños comercios o industrias individuales, ubicados en predios independientes, y cuyas cargas solicitadas no superen los 15 kW en 220 V, o los 20 kW en 380 V, las secciones de los conductores de protección serán los indicados en el numeral 10.-. En estos casos, si el suelo es de conductividad adecuada y las condiciones obtenidas con un electrodo simple son suficientes para alcanzar los objetivos expresados en el numeral 1.- en lugar de utilizar el anillo de enlace con tierra será suficiente con conectar la línea principal de tierra con el electrodo en la respectiva cámara. En el caso de que esta solución no fuese suficiente se deberá adoptar el criterio reglamentario más adecuado.

Si fuera necesaria la instalación de pararrayos para proteger un área de pequeñas dimensiones, se deberá respetar, en todo lo expresado en la figura referida al "esquema de un sistema de puesta a tierra".

5.- Partes que comprenden las Puestas a Tierra.

Todo el sistema de puesta a tierra constará de las siguientes partes:

- Tomas a tierra.
- Líneas principales de tierra.
- Derivaciones de las líneas principales de tierra.
- Conductores de protección.

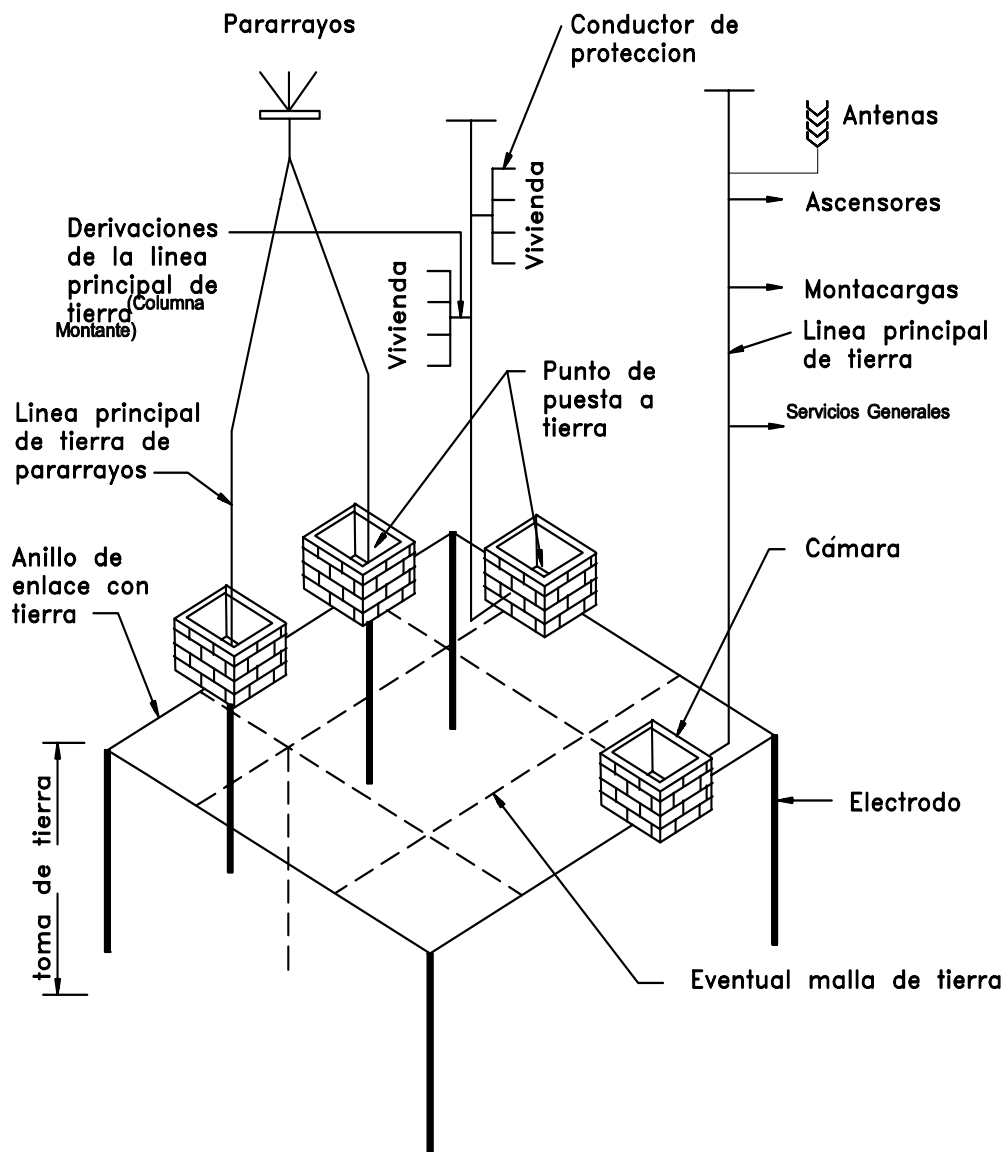
El conjunto de conductores, así como sus derivaciones y empalmes, que forman las diferentes partes de las puestas a tierra, constituyen el circuito de puesta a tierra.

Con carácter general, respecto a los materiales que se emplean en la realización de las puestas a tierra, se deberá tener especial cuidado de que sean capaces de soportar las condiciones más severas con respecto a materiales metálicos, corrosión galvánica intergranular, corrosión galvánica por contacto entre diferentes metales y aleaciones, oxidación etc., materiales sintéticos, rayos solares, elevación brusca de temperatura, congelamiento, dilatación o contracciones por envejecimiento y fragilidad.

En la figura 1 se representa un esquema orientativo de un sistema de puesta a tierra.

FIGURA: 1

ESQUEMA DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA



5.1.- Tomas de Tierra.

Las tomas de tierra estarán constituidas por los elementos siguientes:

- Electrodo. Es una masa metálica, permanentemente en buen contacto con el terreno, para facilitar el paso a éste de las corrientes de defecto que puedan presentarse o la carga eléctrica que tenga o pueda tener.
- Línea de enlace con tierra. Está formada por los conductores que unen el electrodo, o conjunto de electrodos, con el punto de puesta a tierra.
- Punto de puesta a tierra. Es un punto situado fuera del suelo que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra.

Las instalaciones que lo precisen, dispondrán de un número suficiente de puntos de puesta a tierra, convenientemente distribuidos, que estarán conectados al mismo electrodo o conjunto de electrodos.

El punto de puesta a tierra estará constituido por un dispositivo de conexión (regleta, placa, borne, etc.) que permita la unión entre los conductores de las líneas de enlace y principal de tierra, de forma que pueda, mediante útiles apropiados, separarse éstas, con el fin de poder realizar la medida de la resistencia de tierra.

5.2.- Líneas principales de Tierra.

Las líneas principales de tierra estarán formadas por conductores que partirán del punto de puesta a tierra y a las cuales estarán conectadas las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas, generalmente a través de los conductores de protección. Los conductores si son de acero deben ir inmersos en el hormigón, y las partes expuestas al aire ambiente deberán estar zincadas por inmersión en caliente.

5.3.- Derivaciones de las Líneas principales de Tierra.

Las derivaciones de las líneas de tierra estarán constituidas por conductores que unirán la línea principal de tierra con los conductores de protección o directamente con las masas.

5.4.- Conductores de Protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos.

En el circuito de puesta a tierra, los conductores de protección unirán las masas a la línea principal de tierra.

En otros casos reciben igualmente el nombre de conductores de protección aquellos conductores que unen las masas:

- a otras masas.
- a elementos metálicos distintos de las masas.
- a un relé de protección.

En los suministros de UTE en Baja Tensión, no deberá unirse en ningún lugar el conductor neutro con la red de puesta a tierra del cliente.

6.- Prohibición de incluir en serie las Masas y los elementos metálicos en el circuito de Tierra.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos, cualquiera que sean éstos. Siempre la conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra, se efectuará por derivaciones desde éste.

7.- Tomas a Tierra independientes.

Se considerará independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra, no alcance, respecto de un punto a potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando la otra toma disipa la máxima corriente de tierra prevista.

8.- Electroodos, naturaleza, constitución, dimensiones y condiciones de Instalación.

8.1.- Naturaleza de los Electroodos.

Los electroodos pueden ser artificiales o naturales. Se entiende por electroodos artificiales los establecidos con el objeto de obtener la puesta a tierra, y por electroodos naturales las masas metálicas que puedan existir enterradas.

Para las puestas a tierra se emplearán solamente electroodos artificiales.

En el sistema de puesta a tierra eléctrica, se podrán emplear las fundaciones de hormigón armado como parte del conjunto de electroodos artificiales cuando estas estén específicamente construidas cuidando las condiciones necesarias para su empleo con ese fin.

8.2.- Constitución de los Electroodos Artificiales.

Los electroodos podrán estar constituidos por:

- Electroodos simples constituidos por barras, tubos, placas, cables, pletinas u otros perfiles, preferentemente de cobre.
- Anillos o mallas metálicas constituidos por elementos indicados anteriormente o por combinaciones de ellos.

Los electroodos serán de metales inalterables a la humedad y a la acción química del terreno, tal como el cobre, el hierro galvanizado, hierro sin galvanizar con protección catódica o fundición de hierro. Para este último tipo de electroodos, las secciones mínimas serán el doble de las secciones mínimas que se indican para los electroodos de hierro galvanizados por inmersión en caliente (Test de Preece, mínimo 6 inmersiones).

- La sección de un electroodo no debe ser inferior a la sección del conductor que constituye la línea principal de tierra.

Advertencia:

En un sistema de puesta a tierra todos los electroodos y el anillo de enlace con tierra serán del mismo metal conductor.

8.2.1.- Placas Enterradas.

Las placas de cobre tendrán un espesor mínimo de 2 mm y las de hierro galvanizado de 4 mm. En ningún caso la superficie útil de la placa será inferior a 0,5 m². Se colocarán en el terreno en posición vertical y en el caso en que sea necesaria la colocación de varias placas, de ser posible se separarán unos 3 metros unas de otras.

8.2.2.- Picas Verticales.

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- Electrodo tipo "copperweld".
- Perfiles de acero galvanizado de 60 mm de lado, como mínimo.
- Barras de cobre o de acero de 14 mm de diámetro como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de acuerdo a la Norma UTE 3.90.01.

Las longitudes mínimas de estos electrodos no serán inferiores a 2 m. Si son necesarias dos picas conectadas en paralelo con el fin de conseguir una resistencia de tierra admisible, la separación entre ellas es recomendable que sea igual, por lo menos, a la longitud enterrada de las mismas; si son necesarias varias picas conectadas en paralelo, la separación entre ellas deberá ser, preferentemente, mayor que en el caso anterior.

8.2.3.- Conductores enterrados horizontalmente.

Estos conductores pueden ser:

- Conductores o cables de cobre desnudo de 35 mm² de sección, como mínimo.
- Pletinas de cobre de ,como mínimo, 35 mm² de sección y 2 mm de espesor.

- Pletinas de acero galvanizado de ,como mínimo, 100 mm² de sección y 4 mm de espesor.
- Cables de acero galvanizado de 95 mm² de sección, como mínimo. El empleo de cables formados por alambres menores de 2,5 mm de diámetro está prohibido.
- Alambres de acero como mínimo 20 mm² de sección cubiertos con una capa de cobre de 350 micrones, de espesor, como mínimo.

Los electrodos deberán estar enterrados a una profundidad que impida sean afectados por las labores del terreno y por las heladas y nunca a menos de 50 cm.

El terreno será tan húmedo como sea posible y preferentemente tierra vegetal, prohibiéndose constituir los electrodos por piezas metálicas simplemente sumergidas en agua. Se tendrán a suficiente distancia de los depósitos o infiltraciones que puedan atacarlos , y si es posible, fuera de los pasos de personas y vehículos.

Para la puesta a tierra de apoyos de líneas aéreas y columnas de alumbrado, se dispondrá como mínimo de electrodos que tengan en conjunto una superficie de contacto con el terreno de 0,25 m². En todo caso será imprescindible la verificación de la resistencia eléctrica de la puesta a tierra, la que deberá asegurar la actuación de la protección en caso de defecto a tierra.

Como superficie de contacto con el terreno, para las placas se consideran las dos caras, mientras que para los tubos solo cuenta la superficie externa de los mismos.

Al instalarse electrodos protegidos contra la corrosión mediante recubrimientos especiales, se tomarán las debidas precauciones para no dañar la capa protectora.

9.- Resistencia de Tierra.

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

24 V en local o emplazamiento conductor

50 V en los demás casos.

Estos valores para corrientes de defecto que sean eliminadas en menos de 5 segundos.

Si las condiciones de la instalación son tales que puedan dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados.

En todos los suministros eléctricos de UTE, en Baja Tensión, es obligatorio la instalación de un interruptor diferencial, posterior al ICP, en el tablero general del cliente.

La resistencia de tierra de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma, y de la resistividad del terreno en el que se establece.

Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

La tabla I da, a título de orientación, unos valores de la resistividad para un cierto número de terrenos. Con el fin de obtener una primera aproximación de la resistencia de tierra, los cálculos pueden efectuarse utilizando los valores medios indicados en la tabla II.

Bien entendido que los cálculos efectuados a partir de estos valores no dan más que un valor muy aproximado de la resistencia de tierra del electrodo.

La medida de resistencia de tierra de este electrodo puede permitir, aplicando las fórmulas dadas en la tabla III, estimar el valor medio local de la resistividad del terreno; el conocimiento de este valor puede ser útil para trabajos posteriores efectuados en unas condiciones análogas.

TABLA I

Naturaleza del terreno	Resistividad ($\Omega \times m$)
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcilloso	50 a 500
Arena silícea	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600

TABLA II

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad ($\Omega \times m$)
Terrenos cultivables y fértiles, Terraplenes compactos y húmedos	50
Terrenos cultivables poco fértiles, terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3000

TABLA III

ELECTRODO	RESISTENCIA DE TIERRA
Placa enterrada vertical	$R = 0,8 \frac{\rho_a}{P}$
Pica vertical	$R = \frac{\rho_a}{L}$
Conductor enterrado Horizontalmente	$R = 2 \frac{\rho_a}{L}$
R, resistencia de tierra (Ω) ρ_a , resistividad ($\Omega \times m$) P, perímetro de la placa (m) L, longitud de la pica o del conductor (m)	

10.- Características y condiciones de Instalación de las Líneas de Enlace con Tierra, de las Líneas principales de Tierra y de sus derivaciones.

10.1.-Naturaleza y Secciones Mínimas.

Los conductores que constituyen las líneas de enlace con tierra, las líneas principales de tierra y sus derivaciones, serán de cobre o de otro metal de alto punto de fusión y su sección debe ser ampliamente dimensionada de tal forma que cumpla las condiciones siguientes:

- a) La máxima corriente de falta que pueda producirse en cualquier punto de la instalación, no debe originar en el conductor una temperatura cercana a la de fusión ni poner en peligro los empalmes o conexiones en el tiempo máximo previsible de duración de la falta, el cual solo podrá ser considerado como menor de dos segundos en los casos justificados por las características de los dispositivos de corte utilizados.
- b) Los conductores no podrán ser, de menos de 16 mm^2 de sección para las líneas principales de tierra ni de 35 mm^2 para las líneas de enlace con tierra, si son de cobre. Para otros metales o combinaciones de ellos, la sección mínima será aquella que tenga la misma conductancia que un cable de cobre de 16 mm^2 ó 35 mm^2 , según el caso.

Salvo para aquellos suministros cuyas líneas repartidoras sean de sección inferior, en cuyo caso serán de igual sección que los conductores de fase.

10.2.-Tendido de los Conductores de Línea de Enlace con Tierra.

Los conductores de enlace con tierra desnudos, enterrados en el suelo, se considerarán que forman parte del electrodo.

Si en una instalación existen tomas de tierra independientes, se mantendrá entre los conductores de tierra un aislamiento apropiado a las tensiones susceptibles de aparecer, entre estos conductores, en casos de falta.

10.3.-Tendido de los Conductores de la Línea principal de Tierra y sus derivaciones.

El recorrido de estos conductores será lo mas corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y desgaste mecánico.

10.4.- Conexiones de los Conductores de los Circuitos de Tierra con las Partes Metálicas y Masas y con los Electrodo.

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que se desean poner a tierra, como con el electrodo.

A estos efectos se disponen que las conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con partes metálicas y con los electrodos, se efectúen con todo cuidado por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva, por medio de: tornillos con elementos elásticos de presión residual permanente, adecuados; elementos de compresión; remaches; etc.

Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas. A este fin, y procurando siempre que la resistencia de los contactos no sea elevada, se protegerán estos en forma adecuada con envoltentes o pastas, si ello se estimase conveniente.

Atento que las cañerías de OSE actualmente son de plastiducto como las instalaciones dentro de las viviendas, no se pueden conectar las tierras a dichas cañerías.

10.5.-Prohibición de interrumpir los Circuitos de Tierra.

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Solo se permite disponer de un dispositivo de corte mediante elementos abulonados con presión permanente elástica en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

11.- Separación entre las Tomas de Tierra de las Masas de las Instalaciones de utilización y de las Masas de una Sub-Estación (S.E.).

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de una SE. Si no se hace el control mediante la medida efectuada entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y las de las masas de la SE, se considera que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplen todas y cada una de las condiciones siguientes:

- a) No existe canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras de la SE con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.
- b) La distancia entre las tomas de tierra de la SE y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (100 ohmios metro). Cuando el terreno sea muy mal conductor, esta distancia será aumentada.
- c) La SE está situada en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si está contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

En caso de ser imposible respetar lo expresado en: a); b) y c), en la etapa de proyecto y por lo menos 60 días antes del comienzo de las obras edificaciones, se solicitará a la Oficina Técnica de UTE el estudio de una posible solución alternativa.

12.- Revisión de Tomas de Tierra.

Se aconseja que personal, técnicamente competente, efectúe la comprobación, de la toma de tierra, anualmente en la época en que el terreno este más seco. Para ello, se medirá la resistencia de la tierra, reparando inmediatamente los defectos que se encuentren. En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos, así como también los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se aconseja se pongan al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años. Especialmente en los casos en que algunos de dichos elementos no sean de cobre macizo.

13.- Descargas a tierra artificiales en viviendas individuales.

Con motivo de no autorizarse la conexión a las cañerías de OSE para descargas a tierra al estarse utilizando cañerías de material no conductor por parte de los mismos, a continuación detallamos como construir algunas de las tierras artificiales:

- a) En un pozo de dos metros de profundidad se colocará un cable de cobre desnudo de 35 mm^2 o un caño galvanizado de 2 pulgadas de diámetro y que termine en su parte superior en una cámara adecuada. En el mismo con un bulón de bronce de 9 mm (3/8"), se conectara el conductor de la tierra. La misma para ser aceptada no debe sobrepasar los 5 ohmios.
- b) En un pozo de 1,50 metros de profundidad se colocara una chapa de cobre electrolítico de $0,50 \text{ m}^2$ de superficie y 2 mm de espesor o de hierro galvanizado por inmersión en caliente de 4 mm de espesor.

Esta chapa deberá ubicarse verticalmente rodeándola de tierra negra (humus). Colocar un caño de PVC que parta desde una zona cercana a la parte inferior de la placa para verter agua en la misma.

El conductor de tierra debe ser abulonado con elemento de bronce y proteger al conductor de tierra desde la chapa hasta la toma de tierra de la vivienda con un caño de PVC o de fibrocemento.

El valor de la resistencia de la puesta a tierra, se recomienda que no sobrepase los 5 ohms.

De no obtenerse con un solo electrodo los valores de resistencia indicados anteriormente, se deberá instalar más de un dispositivo, respetando las separaciones indicadas en el apartado 7.

Debido al empleo obligatorio del interruptor diferencial de alta sensibilidad, (30 mA), el valor de 5 ohms podrá tener, en tal caso, un valor de resistencia algo mayor. (Ver Cap. VI, apartado 3.2.2.).

COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

CAPÍTULO XX



INDICE

1.- Disposiciones Reglamentarias con respecto a la Corrección de Energía Reactiva.Generalidades.	1
2.- Sobrecompensación de Energía Reactiva.	1
3.- Posibles Métodos de Compensación de Energía Reactiva.....	1
4.- Compensación de Energía Reactiva Mediante el uso de Condensadores.....	2
5.- Compensación con Condensadores en Baja Tensión	3
6.- Utilización de Condensadores en la Compensación de Energía Reactiva en Motores Asíncronos.....	3
7.- Compensación de Energía Reactiva en Alumbrado Fluorescente y otros Tipos de Lámparas de Descarga .	4
8.- Condiciones Particulares para la Instalación de Condensadores en Alta Tensión.....	4
9.- Con Carácter Particular para Suministros en Tensiones Superiores a 380 V.	5

1.- Disposiciones Reglamentarias con respecto a la Corrección de Energía Reactiva. Generalidades.

En todos los suministros de servicio eléctrico trifásico, con carga contratada iguales o superiores a 10 kW, UTE instalará medidores de energía reactiva a los efectos de poder controlar el nivel óptimo previsto de $\cos \phi = 0,92$, inductivo, y de aplicar las tarifas correspondientes.

Con este fin UTE ha implementado un sistema de tarifas que penalizarán, en forma gradual, los valores de $\cos \phi$ inferiores al nivel establecido, pudiendo llegar hasta la suspensión del servicio, cuando el valor medio del $\cos \phi$ sea inferior a 0,60.

2.- Sobrecompensación de Energía Reactiva.

Cuando un eventual exceso de compensación de energía reactiva inductiva produzca perturbaciones en la red de suministro o transporte, que se detectarán ya sea por controles efectuados por UTE o por reclamaciones de clientes, que pudieran quedar afectados, UTE previo estudio de la situación, solicitará al o los clientes causantes de aquella, que corrijan la desviación fijándole o fijándoles un plazo para ello.

En caso de no hacerlo, UTE adoptará las medidas del caso que pueden ser, entre otras, instalar medidores de reactiva capacitiva a fin de poder cuantificar esta energía tan perjudicial como la reactiva inductiva, pudiendo llegar a cortar el servicio, si no se corrige la situación, previa notificación al cliente.

3.- Posibles Métodos de Compensación de Energía Reactiva.

Los sistemas a utilizar para la compensación del factor de potencia podrán ser alguno de los siguientes:

- a) Condensadores fijos: instalados por cada receptor o grupo de receptores que funcionen por medio de un solo interruptor, es decir, que funcionen simultáneamente.
- b) Batería de condensadores, con regulación automática, para la totalidad de la instalación. En este caso la instalación de compensación ha de estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea mayor de un $\pm 10\%$ del valor medio obtenido en un prolongado período de funcionamiento.

- c) Cuando existan necesidades de potencias mecánicas, de mediana o gran importancia, para mover servicios industriales de base, por ej.: refrigeración; aire comprimido; etc., que deban operar durante la mayoría de las horas de demanda importante del usuario, se podrán utilizar además, motores sincrónicos con el fin de poder obtener una buena regulación en la compensación de energía reactiva.

4.- Compensación de Energía Reactiva Mediante el uso de Condensadores.

Cuando se instalen condensadores, en todos los casos, se deberán respetar las siguientes disposiciones generales:

- a) Todo condensador que se instale para corregir el factor de potencia deberá cumplir con las normas IEC 831, IEC 871 o IEC 931, según sea la tensión del servicio a los que se le aplique el condensador, o el tipo de éste último.
- b) La ubicación de condensadores deberá reunir las siguientes condiciones:
 - I) El lugar será seco, bien ventilado y con una temperatura ambiente máxima de 40 °C y alejado de zona de inflamables.
 - II) El condensador estará libre de efectos de conducción y/o radiación directa de calor de instalaciones o aparatos vecinos.
- c) Cuando la caja exterior de los condensadores sea metálica, deberá ser adecuadamente puesta a tierra.
- d) Cerca de todo condensador o batería de condensadores, según los casos, se colocará en lugar bien visible una leyenda indeleble indicando que antes de tocar un condensador desconectado hay que cortocircuitar y poner a tierra sus terminales.
- e) Todo condensador estará equipado con resistencias de descarga permanente conectadas que absorban la carga acumulada, de tal modo que, después de desconectar el condensador de la red, la tensión residual sea reducida por lo menos a 75 V en 3 minutos, para condensadores de hasta 660 V, y en menos de 10 minutos, para los condensadores de más de 660 V.
- f) Todo el equipo que se utilice con un condensador, es decir conductores, barras, interruptores, fusibles, etc., estará dimensionado para admitir permanentemente, sin sobrecalentamiento, una corriente de magnitud por lo menos igual a 1,35 veces la corriente nominal del condensador.

5.- Compensación con Condensadores en Baja Tensión

Los condensadores que se instalen en los circuitos en baja tensión deberán cumplir además con las siguientes disposiciones:

- a) Los condensadores en baja tensión (hasta 660 V) tendrán sus bornes completamente protegidos y podrán ser instalados en cualquier local de trabajo que cumpla las condiciones del 4. b).
- b) Los conductores de alimentación de un condensador o batería de condensadores, según los casos, estarán equipados con dispositivos de conexión y protección que cumpliendo el 4. f), respondan a las siguientes características:
 - I) Hasta 15 kvar podrán usarse interruptor manual de corte rápido y fusibles calibrados para un 200 % de la corriente nominal del condensador o de la batería según los casos.
 - II) Para mas de 15 kvar deberá usarse interruptores automáticos con un poder de corte mínimo de 10 kA , calibrado para un 150 % de la corriente nominal del condensador o de la batería según los casos.
- c) Cada unidad de una batería de condensadores en baja tensión debe estar protegida con un fusible calibrado para un 200% de la corriente nominal de la unidad y que actúe en caso de cortocircuito interno. Se exceptúan, de esta exigencia, los condensadores cuyos elementos constituyentes internos tienen cada uno un fusible que aísla a ese elemento en caso de cortocircuito producido en él.
- d) Cuando de un mismo juego de barras de un tablero de distribución se alimenta más de un condensador, de tal manera que pueda entrar en servicio un condensador estando otro ya conectado, deberá instalarse una reactancia en aire de 0,5 %, en serie entre cada condensador y su dispositivo de maniobra.

6.- Utilización de Condensadores en la Compensación de Energía Reactiva en Motores Asíncronos.

Los condensadores utilizados para compensar la energía reactiva en las instalaciones de motores asíncronos se conectarán de forma que, cortada la alimentación de energía a los motores, queden simultáneamente desconectados los condensadores respectivos.

Esta disposición se podrá adoptar cuando la instalación de los equipos y las

características del modo de operación de los mismos, lo hagan posible y conveniente. No será conveniente, en general, la colocación de capacitores directamente conectados a la carga, cuando se trate de motores que tengan frecuentes detenciones y arranques, que no den tiempo suficiente para alcanzar, como máximo valor admisible, el nivel de tensión residual en bornes de los capacitores indicado en el 4. e).

7.- Compensación de Energía Reactiva en Alumbrado Fluorescente y otros Tipos de Lámparas de Descarga.

Se utilizarán los capacitores recomendados por los fabricantes de las respectivas lámparas a usar, en general, dichos capacitores deberán cumplir con la norma IEC 566.

8.- Condiciones Particulares para la Instalación de Condensadores en Alta Tensión.

Condiciones particulares que deben cumplir los condensadores en alta tensión, además de las establecidas en 4.:

- a) Los condensadores y sus equipos de comando y protección se instalarán en locales especiales para alta tensión, dentro de celdas metálicas o de mampostería, con frente de tejido metálico, que impidan todo contacto accidental con partes bajo tensión. Dichos locales deberán tener luz y ventilación apropiadas, y en las puertas de acceso se colocarán chapas esmaltadas indicadoras de "Peligro de Muerte".
- b) Como dispositivos de comando y protección se usará interruptor automático de adecuado poder de corte, calibrado para un 150 % de la corriente nominal del condensador o batería de condensadores según los casos.
- c) Cuando un condensador o batería de condensadores se conecte mediante transformador, este tendrá una potencia en kvar no menor del 135 % de la del condensador.
- d) Todo condensador o batería de condensadores según los casos, de mas de 50 kvar se conectará a través de una reactancia adecuada.
- e) En una batería constituida por agrupamiento de unidades en aire, conectadas entre sí en serie, se establecerá protección contra cortocircuito interno en una de las unidades, mediante relé de desequilibrio.
- f) En paralelo con los bornes del condensador o batería, según los casos, debe conectarse adecuado dispositivo de descarga que esté continuamente bajo tensión y que puede ser uno de los siguientes:

- I) Resistencia de descarga de elevado valor óhmico.
- II) Transformadores de tensión con el secundario abierto.

9.- Con Carácter Particular para Suministros en Tensiones Superiores a 380 V.

UTE podrá acordar con los clientes en media o alta tensión, individualmente o con carácter general para una zona determinada, la desconexión total o parcial de sus equipos de corrección de energía reactiva y del medidor de la misma, durante las horas de llano o valle. En estos casos UTE determinará con el cliente la forma de contabilizar la energía reactiva.

GRADO DE ELECTRIFICACIÓN DE LAS VIVIENDAS

CAPITULO VII

INDICE

1.- Nivel de Electrificación.....	1
2.- Numero de Circuitos	1
2.1.- Electrificación Mínima	1
2.2.- Electrificación Media.....	1
2.3.- Electrificación Elevada.....	2
3.- Puntos de utilización según el Grado de Electrificación.....	2
3.1.- Electrificación Mínima	2
3.2.- Electrificación Media.....	2
3.3.- Electrificación Elevada.....	3
4.- Viviendas Modestas	3
4.1.- Criterios Generales.....	3
4.3.- Aumentos de Carga	4

1.- Nivel de Electrificación.

En el Anexo I del capítulo I de la Norma de Instalaciones, se han definido las cargas según el nivel de electrificación de las viviendas.

Dentro de esta clasificación, las instalaciones eléctricas deben responder como mínimo a lo dispuesto en los apartados de éste capítulo.

2.- Numero de Circuitos.

La instalación interior de las viviendas podrá comprender, de acuerdo a lo indicado en el numeral 1., los siguientes circuitos:

2.1.- Electrificación Mínima.

Uno o dos circuitos para tomacorriente en cocina.

Un circuito para tomacorriente en baño.

Un circuito para tomacorrientes de uso general.

Un circuito destinado a puntos fijos de luz.

Un circuito para calentador de agua.

2.2.- Electrificación Media.

Dos circuitos para tomacorriente en cocina.

Un circuito para tomacorriente en baño.

Dos circuitos para tomacorrientes de uso general.

Dos circuitos destinados a puntos fijos de luz.

Un circuito para calentador de agua.

2.3.- Electrificación Elevada.

Las mismas especificaciones del apartado 2.2 más uno o dos circuitos de tomacorriente destinados a algún fin específico (cocina, microondas, lavavajillas, acondicionador de aire, etc.).

3.- Puntos de utilización según el Grado de Electrificación.

En las viviendas, y según el grado de electrificación, se aconsejan como mínimo, los siguientes puntos de utilización de la energía, que serán alimentados por los respectivos circuitos señalados en el apartado 2.

3.1.- Electrificación Mínima.

Por dormitorio, un punto de luz y un tomacorriente.

Cuartos de estar, uno o dos puntos fijos de luz y un tomacorriente.

Cocina, punto de luz y uno a dos tomacorriente con llave que corte todos sus polos.

Baño, un punto de luz y un tomacorriente con llave que corte todos sus polos y un circuito para el calentador de agua.

3.2.- Electrificación Media.

Dormitorio principal, un punto de luz y tres tomacorriente; otros dormitorios, un punto de luz y uno a dos tomacorrientes.

Cuartos de estar, dos puntos de luz y dos tomacorrientes.

Cocina, un punto de luz y tres tomacorriente con llave que corte todos sus polos.

Baños, un punto de luz y un tomacorriente con llave que corte todos sus polos y un circuito para el calentador de agua.

Pasillos, un punto de luz.

Vestíbulo, un punto de luz y eventualmente un tomacorriente.

3.3.- Electrificación Elevada.

Llevaría los puntos de utilización señalados para las viviendas con Nivel de Electrificación media, tratando de disponer como mínimo un tomacorriente cada 6 m lineales, o fracción, de perímetro de pared de la habitación.

Los valores para el cálculo del circuito de tomacorriente para uso específico se tomarán de la Tabla II del Anexo I del capítulo I de la Norma de Instalaciones.

4.- Viviendas Modestas.

Se denominan como tales a las viviendas unifamiliares que posean las siguientes características:

- instalación eléctrica aparente (a la vista).
- un máximo de un punto de luz y un tomacorriente por ambiente (excepto en cocina)
- una potencia solicitada de 2,2 kW
- con una superficie edificada no superior a los 55 m².

4.1.- Criterios Generales.

- a) El funcionamiento de la instalación no ofrecerá riesgos para el usuario.
- b) La instalación en uso normal, tendrá una vida útil razonable sin que sea preciso someterla a reparaciones frecuentes.
- c) La instalación no ofrecerá riesgo a las redes de UTE.
- d) Su funcionamiento no afectará la calidad del servicio dado a otros clientes (por ejemplo, dar lugar a fuertes caídas de tensión por conexión de cargas no autorizadas) o perturbaciones de acuerdo a lo establecido en el capítulo XXVII.
- e) UTE instalará limitadores de carga, que serán sin cargo para el cliente.

4.2.- Condiciones Técnicas y Diseño.

- a) Se autoriza un punto luz y un tomacorriente por ambiente como máximo de puestas (excepto en cocina).
- b) En la cocina se autoriza hasta 2 tomacorriente en salto dependiendo de una única protección.
- c) Con una sola protección se puede alimentar en salto hasta 5 puntos de luces. Se permite asimismo la alimentación en salto de hasta 5 tomacorrientes sobre una sola protección, excepto en baño y cocina.
- d) Cuando las canalizaciones estén adosadas o soportadas por materiales combustibles se emplearán conductos metálicos.
- e) El diámetro del conducto para la línea general será de 16 mm, o 5/8" y las derivaciones en 13 mm, o 1/2".
- f) Bolsa de agua en conducto aislante rígido o metálico de 20 mm, o 3/4" y conductor superplástico.
- g) Las conexiones de las derivaciones en "Saltos" se realizaran mediante piezas de unión que se ubicaran fuera del alcance de la mano.
- h) La descarga de tierra deberá construirse artificial de acuerdo a las disposiciones generales.
- i) Siempre será obligatorio el uso de interruptor diferencial (sensibilidad 30 mA).
- j) Se prohíbe en cocina y en baños la colocación de elementos de protección de derivaciones.
- k) La carga única a autorizarse será de 2,2 kW.

4.3.- Aumentos de Carga.

En caso de solicitarse un aumento de carga, posterior a la habilitación del servicio, la instalación eléctrica deberá adecuarse a las disposiciones generales.

**PROTECCIONES CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E
INDIRECTOS**

CAPÍTULO VI

INDICE

1.- Peligros derivados de la Corriente Eléctrica.	1
2.- Protección contra Contactos Directos.....	1
3.- Protección contra Contactos Indirectos.....	3
3.1.- Dispositivos de Protección Clase A	6
3.1.1.- Separación de Circuitos	6
3.1.2.- Empleo de Pequeñas Tensiones.....	7
3.1.3.- Separación entre las Partes Activas y las Masas accesibles por medio de Aislamientos de Protección	7
3.1.4.- Inaccesibilidad simultánea de Elementos Conductores y Masas	8
3.1.5.- Recubrimiento de Masas con Aislamiento de Protección	8
3.1.6.- Conexiones Equipotenciales.....	9
3.2.- Dispositivos de Protección Clase B	10
3.2.1.- Puesta a Tierra de las Masas y Dispositivos de Corte por corriente de Defecto.....	10
3.2.2.- Interruptores Diferenciales	11
3.2.3.- Dispositivos de Corte por Tensión de Defecto	15
3.2.4.- Puesta a Neutro de las Masas y Dispositivos de Corte por Corriente de Defecto.....	17
4.- Sistema adoptado por UTE en distribuciones en Baja Tensión	20

1.- Peligros derivados de la Corriente Eléctrica.

Los efectos derivados por el paso de una corriente eléctrica a través del cuerpo humano, sea por contacto directo o indirecto, pueden manifestarse de las siguientes formas.

- Asfixia
- Quemaduras
- Fibrilación Cardíaca
- Espasmo Muscular

2.- Protección contra Contactos Directos.

Se refieren a continuación sistemas de protección contra contactos directos. En el punto 4 de este capítulo se establece en las conclusiones las exigencias de UTE al respecto.

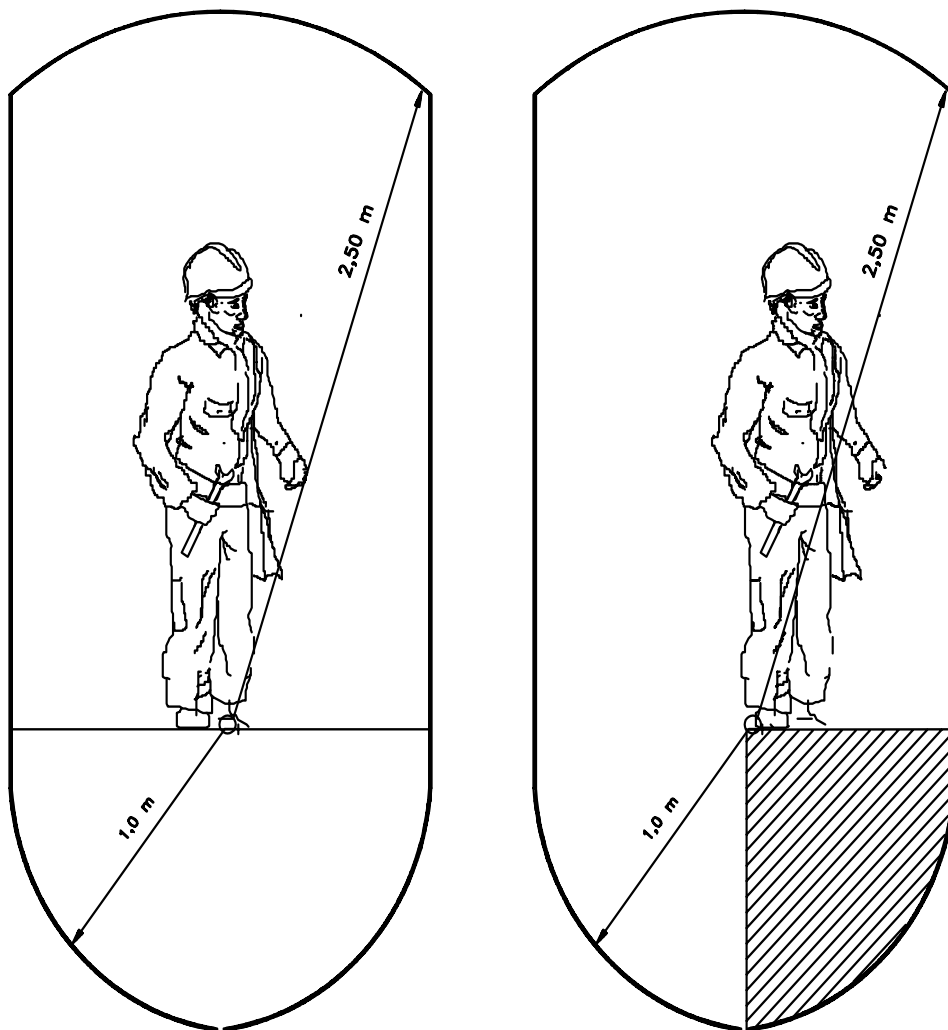
Para considerar satisfactorias, en las instalaciones, la protección contra los contactos directos, se tomará una de las medidas siguientes:

- a) Alejamiento de las partes activas de la instalación, a una distancia tal del lugar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan, que sea imposible el contacto fortuito con las manos, o por la manipulación de objetos conductores, cuando éstos se utilicen habitualmente cerca de la instalación.

Se considerará zona alcanzable con la mano la que, medida a partir del punto donde la persona está situada, a una distancia límite de 2,50 m hacia arriba, 1,00 m lateralmente y 1,00 m hacia abajo. En la figura se señala gráficamente esta zona, (ver figura 1).

- b) Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos de protección deben estar fijados en forma segura y resistir a los esfuerzos mecánicos usuales que pueden presentarse en su función. Si los obstáculos son metálicos y deben ser considerados como masas, se aplicará una de las medidas de protección previstas contra los contactos indirectos.

Figura N°: 1



- c) Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado, capaz de conservar sus propiedades con el tiempo, y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1 miliamperio. La resistencia del cuerpo humano será considerada como de 2500 ohmios.

Las pinturas, barnices, lacas, y productos similares no serán considerados como aislamiento satisfactorio a estos efectos.

Ejemplos de contactos directos ver figura 2 (a, b, c y d).

3.- Protección contra Contactos Indirectos.

Así como se indico en el punto 2 a continuación se reseñan sistemas de protección contra contactos indirectos.

En el punto 4 de este capítulo, se establece en las conclusiones las exigencias de UTE al respecto.

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc. que obligarán en cada caso a adoptar la medida de protección más adecuada.

Por lo que se refiere a estas medidas de protección, se tendrá en cuenta:

- a) Instalaciones con tensiones de hasta 220 V con relación a tierra:

En general, con tensiones de hasta 50 V con relación a tierra, en locales o emplazamientos secos y no conductores, o de 24 V, en locales o emplazamientos húmedos o mojados, no es necesario establecer sistema de protección alguno.

Con tensiones superiores a 24 V es necesario establecer sistemas de protección para instalaciones al aire libre, en locales con suelo conductor, como por ejemplo, de tierra, arena, piedra, cemento, baldosas, madera dura incluso ciertos plásticos; en cocinas públicas o domésticas con instalaciones de agua o gas, aunque el suelo no sea conductor; en salas clínicas y, en general, en todo local que, incluso teniendo el suelo no conductor, quepa la posibilidad de tocar simultánea e involuntariamente elementos conductores puestos a tierra y masas de aparatos de utilización.

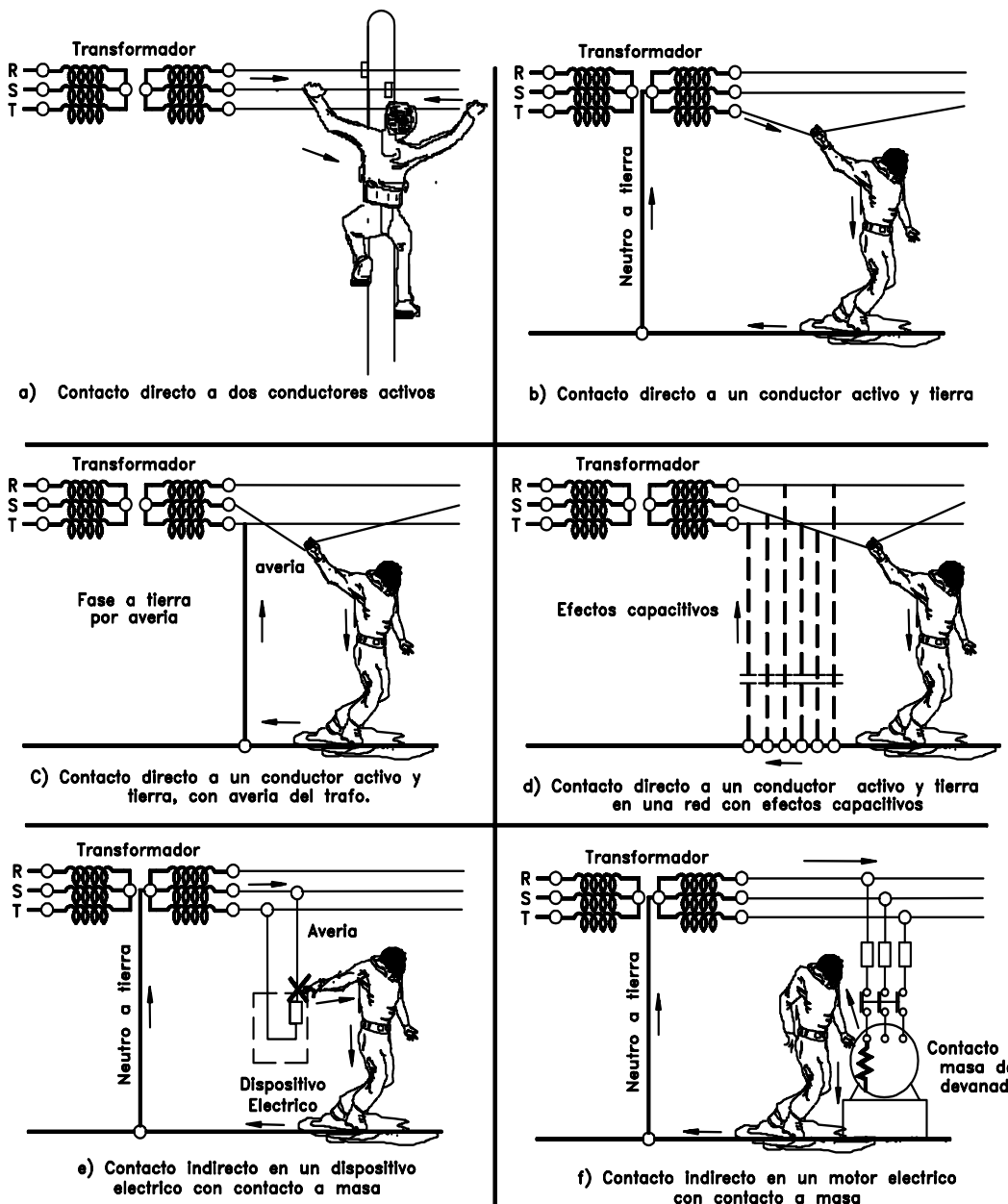
- b) Instalaciones con tensiones superiores a 220 V con relación a tierra:

En estas instalaciones es necesario establecer sistemas de protección cualquiera que sea el local, naturaleza del suelo, particularidades del lugar, etc.

Ejemplos de contactos indirectos ver figura 2 (e y f).

Figura N°: 2

**EJEMPLOS DE CONTACTOS ACCIDENTALES
DIRECTOS E INDIRECTOS**



Las medidas de protección contra los contactos indirectos pueden ser de las clases siguientes:

Clase A

Esta medida consiste en tomar disposiciones destinadas a suprimir el riesgo mismo, haciendo que los contactos no sean peligrosos, o bien impidiendo los contactos simultáneos entre las masas y elementos conductores, entre los cuales pueda aparecer una diferencia de potencial peligrosa.

Los sistemas de protección de la Clase A son los siguientes:

Separación de circuitos.

Empleo de pequeñas tensiones.

Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección.

Inaccesibilidad simultánea de elementos conductores y masas.

Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección.

Conexiones equipotenciales.

La aplicación de los sistemas de protección de la clase A no es generalmente posible, sino de manera limitada y solamente para ciertos equipos, materiales o partes de una instalación.

Clase B

Esta medida consiste en la puesta a tierra directa o la puesta a neutro de las masas, asociándola a un dispositivo de corte automático, que origine la desconexión de la instalación defectuosa.

Los sistemas de protección de la clase B, son los siguientes:

Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por corriente de defecto.

Puesta a tierra de las masas y dispositivo de corte por tensión de defecto.

Puesta a neutro de las masas y dispositivo de corte por corriente de defecto.
Este no es el sistema adoptado por UTE en baja tensión.

3.1.- Dispositivos de Protección Clase A.

3.1.1.- Separación de Circuitos.

Este sistema de protección consiste en separar los circuitos de utilización de la fuente de energía por medio de transformadores o grupo convertidores manteniendo aislados de tierra todos los conductores del circuito de utilización incluso el neutro. Requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- a) Los transformadores o grupos convertidores deberán llevar una toma de corriente fija para el circuito de utilización, desprovista de contacto para conductor de protección. Los transformadores y grupos convertidores podrán ser de la Clase I o II, llevando en ambos casos el símbolo indicador de arrollamientos separados de acuerdo a la Norma de referencia IEC 742.
- b) Las cubas o carcasas de los transformadores fijos y de los grupos convertidores, deberán estar provistos de un borne destinado a la conexión de conductor de protección. Los transformadores móviles deberán disponer del aislamiento de protección señalado en el apartado 3.1.3 de este Capítulo.
- c) El circuito de utilización no tendrá ningún punto común con el circuito de alimentación ni con cualquier otro circuito distinto.
- d) Las masas del circuito de utilización no estarán unidas a tierra ni a las masas de aparatos conectados a otros circuitos. En cambio, las masas de los aparatos pertenecientes al mismo circuito de utilización que puedan ser tocadas simultáneamente estarán unidas entre sí por un conductor de protección.
- e) El límite superior de la tensión de utilización y de la potencia en los transformadores de separación monofásicos, será de 250 V y 10 kVA, respectivamente. En transformadores trifásicos estos valores límites serán de 440 V y 16 kVA, ver IEC 742.
- f) En los trabajos a ejecutar dentro de recipientes metálicos, tales como calderas, tanques, etc., los transformadores o grupos convertidores se instalarán fuera de estos recipientes.

- g) El sistema de protección por separación de circuitos es aconsejable en las instalaciones a realizar en/o sobre calderas; andamiajes metálicos, cascos navales, etc., o sea en condiciones de trabajo especialmente peligrosas por tratarse de locales o emplazamientos muy conductores. Este sistema de protección dispensa de tomar otros contra los contactos indirectos en el circuito de utilización.

3.1.2.- Empleo de Pequeñas Tensiones.

Este sistema consiste en la utilización de pequeñas tensiones. Estas tensiones serán de 24 V, valor eficaz, para locales o emplazamientos húmedos o mojados y 50 V en locales o emplazamientos secos. Requiere que se cumplan las condiciones siguientes:

La tensión de seguridad será suministrada por transformadores, generadores o fuentes autónomas de energía, tales como baterías de pilas o acumuladores.

El circuito de utilización no estará puesto a tierra, ni en unión eléctrica con circuitos de tensión más elevada, bien sea directamente o por intermedio de conductores de protección.

No se efectuará transformación directa desde tensiones mayores de 380 V a la tensión de seguridad.

Las prescripciones para la instalación de los circuitos de utilización, se describen en el capítulo XIV, referente a instalaciones a pequeñas tensiones.

Este sistema de protección dispensa de tomar otros contra los contactos indirectos en el circuito de utilización.

3.1.3.- Separación entre las Partes Activas y las Masas accesibles por medio de Aislamientos de Protección.

Este sistema de protección consiste en el empleo de materiales que dispongan de aislamientos de protección o reforzado entre sus partes activas y sus masas accesibles. Requiere que cumplan las condiciones siguientes:

Los materiales deben satisfacer las prescripciones señaladas para aparatos con aislamiento de la Clase II según el capítulo I de este Reglamento.

Las partes metálicas accesibles de estos materiales no deben ser puestas a tierra.

La utilización exclusiva de estos materiales y aparatos de una instalación dispensa de tomar otras medidas de protección contra los contactos indirectos.

3.1.4.- Inaccesibilidad simultánea de Elementos Conductores y Masas.

Este sistema de protección, consiste en disponer las masas y los elementos conductores de tal manera que no sea posible en circunstancias habituales, tocar simultánea e involuntariamente una masa y un elemento conductor. Para la aplicación de este sistema se tendrá en cuenta la forma y dimensiones de los objetos conductores que puedan ser manipulados usualmente en el local o emplazamiento de la instalación.

Los medios para conseguir la inaccesibilidad señalada pueden consistir en separar convenientemente las masas de los elementos conductores o bien en la interposición entre ellos de obstáculos aislantes.

La aplicación de este sistema de protección sólo es realizable prácticamente para las masas de equipos fijos o de aparatos amovibles utilizados en situación fija, y, por tanto, en general, habrá de emplearse este sistema simultáneamente con otros.

3.1.5.- Recubrimiento de Masas con Aislamiento de Protección.

Este sistema de protección consiste en recubrir las masas con un aislamiento equivalente a un aislamiento de protección.

Al aplicar esta medida se tendrá en cuenta que las pinturas, barnices, lacas y productos similares, no tienen las cualidades requeridas para poder constituir tal aislamiento, a no ser que las normas que se refieren a estos productos, lo señalen específicamente.

El empleo de esta medida de protección dispensa de tomar otras contra los contactos indirectos.

3.1.6.- Conexiones Equipotenciales.

Este sistema de protección consiste en unir todas las masas de la instalación a proteger, entre sí y a los elementos conductores simultáneamente accesibles, para evitar que puedan aparecer, en un momento dado, diferencias de potencial peligrosas, entre ambos.

Esta medida puede comprender también la unión de las conexiones equipotenciales a tierra, evitando así, igualmente, las diferencias de potencial que puedan presentarse entre las masas o elementos conductores y el suelo, lo que supondrá una medida de protección completa, pero solamente en el local donde es utilizada, ya que estas conexiones equipotenciales pueden dar lugar a poner bajo tensión elementos metálicos muy separados del lugar donde se haya producido un defecto a masa, alcanzando incluso a lugares desprovistos de instalación eléctrica.

En consecuencia, el empleo de esta medida de protección requiere el análisis previo, en cada caso, de las situaciones que puede crear su aplicación ya que será preciso, generalmente, insertar partes aisladas en los elementos conductores unidos directamente a las masas en particular en conducciones metálicas diversas, para evitar la propagación de un defecto a masa, a otros lugares desprovistos de una medida de protección adecuada. Por consiguiente, si la red de tierra no se prolonga por los locales próximos, incluso para aquellos donde no existan instalaciones eléctricas, es necesario asociar a la instalación eléctrica puesta a tierra con conexiones equipotenciales, un sistema de protección de la Clase B descrita en el punto 3 del presente capítulo.

El empleo de las conexiones equipotenciales entre las masas y los elementos conductores no aislados de tierra, que puedan ser alcanzados simultáneamente, están indicadas para los locales o emplazamientos mojados, debiendo asociarse uno de los sistemas de protección de la Clase B, descrita en el punto 3 del presente capítulo.

3.2.- Dispositivos de Protección Clase B.

3.2.1.- Puesta a Tierra de las Masas y Dispositivos de Corte por corriente de Defecto.

Este sistema de protección, consiste en la puesta a tierra de las masas, asociada a un dispositivo de corte automático sensible a la corriente de defecto, que origine la desconexión de la instalación defectuosa. Requiere que se cumplan las condiciones siguientes:

- a) En instalaciones en que el punto neutro esté unido directamente a tierra:

Este no es el sistema adoptado por UTE, en instalaciones interiores.

- La corriente a tierra producida por un solo defecto franco, debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz, a:

24 V en los locales o emplazamientos conductores.

50 V en los demás casos.
- Todas las masas de una misma instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

- b) En instalaciones en que el punto neutro esté aislado de tierra o unido a ella por intermedio de una impedancia que limite la corriente de defecto:

Se cumplirán las tres condiciones fijadas en a), si bien puede admitirse, cuando las condiciones de explotación lo exijan, que la primera condición no sea cumplida, siempre que, en cambio, se cumplan las siguientes:

- Un dispositivo de control debe señalar automáticamente la aparición de un solo defecto de aislamiento en la instalación.
- La segunda condición del apartado a) se cumplirá siempre, incluso en caso de un solo defecto franco de aislamiento.

- En caso de dos defectos de aislamiento simultáneos que afecten a fases distintas o a una fase y neutro, la separación de la instalación donde se presenten estos defectos ha de estar asegurada por un dispositivo de corte automático.

En las instalaciones en que el punto neutro de la red de alimentación esté directamente unido a tierra, pueden utilizarse como dispositivos de corte automático sensibles a la corriente de defecto, los interruptores termomagnéticos y los cortacircuitos fusibles siempre y cuando sus características corriente-tiempo produzcan la apertura del circuito antes de que puedan excederse las condiciones señaladas en el apartado a).

Esta condición exige que la impedancia de cierre de defecto tenga un valor extraordinariamente bajo y, por otra parte, el valor de la resistencia a tierra de las masas, debe ser tal que no origine para las corrientes de corte de los dispositivos utilizados, tensiones a tierra superiores a los valores señalados en la segunda condición del apartado a). En general, sólo es posible conseguir estas condiciones cuando exista un gran número de tomas de tierra en el punto neutro del transformador y el terreno, por otra parte, sea buen conductor.

Pueden utilizarse como dispositivos de corte automáticos sensibles a la corriente de defecto los interruptores diferenciales a los que se refiere el apartado siguiente.

3.2.2.- Interruptores Diferenciales.

En las instalaciones en que el valor de la impedancia de cierre de defecto a tierra sea tal que no puedan cumplirse las condiciones de corte señaladas en el apartado anterior, deberán utilizarse como dispositivos asociados de corte automático, los interruptores diferenciales. Estos interruptores provocan la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las corrientes que atraviesan los polos del interruptor, alcanza un valor predeterminado.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir del cual, el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del interruptor.

La elección de la sensibilidad del interruptor diferencial que debe utilizarse en cada caso, viene determinada por la condición de que el valor de la resistencia a tierra de las masas medida en cada punto de conexión de las mismas, debe cumplir la relación:

En locales o emplazamientos secos:

$$R \leq \frac{50}{I}$$

En locales o emplazamientos húmedos o mojados:

$$R \leq \frac{24}{I}$$

Siendo I el valor de la corriente en amperios del interruptor a utilizar.

De forma similar se emplean estos interruptores con el sistema de puesta a neutro de las masas a través de un conductor de protección de acuerdo con lo especificado en el apartado 3.2.4. de este Capítulo.

Cuando el interruptor diferencial es de alta sensibilidad, esto es, cuando I, es del orden de los 30 mA, puede utilizarse en instalaciones existentes en las que no haya conductores de protección para la puesta a tierra o puesta a neutro de las masas.

Conviene destacar que los interruptores diferenciales de alta sensibilidad aportan una protección contra incendios, al limitar a potencias muy bajas las eventuales fugas a tierra por defecto de aislamiento.

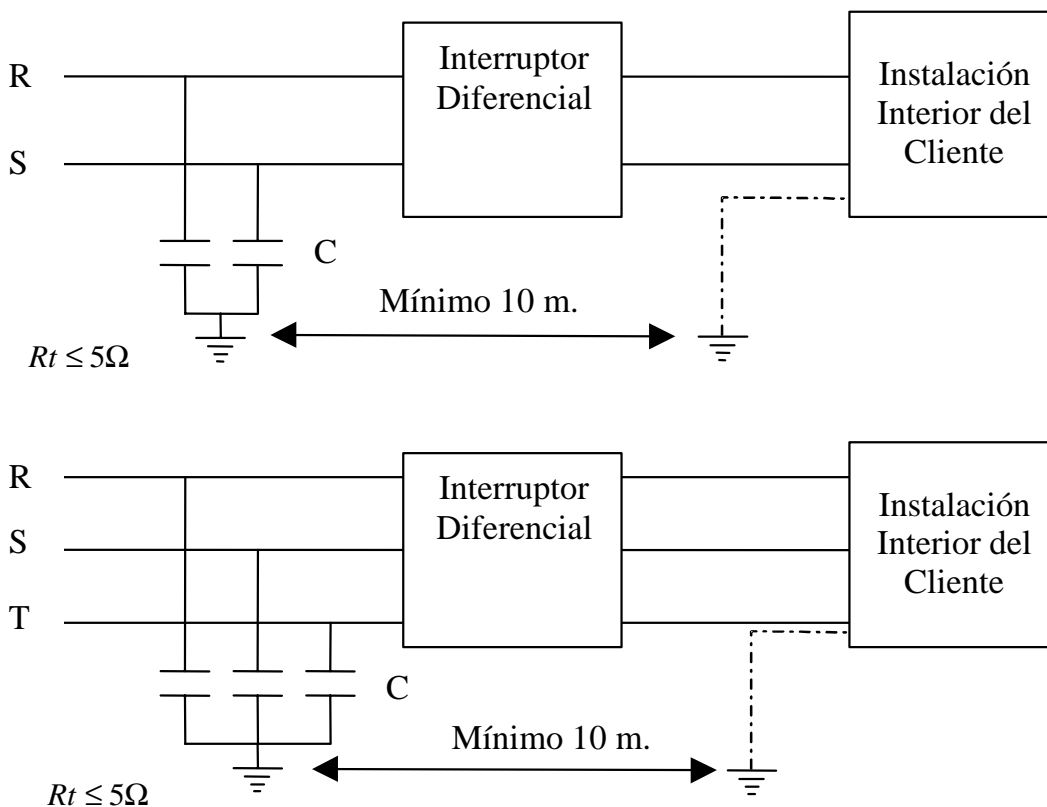
En el caso de instalaciones interiores o receptoras de gran complejidad o extensión se recomienda utilizar interruptores diferentes ubicados en distintos lugares (en cascada) de modo que puedan actuar selectivamente.

En las Redes de Distribución del tipo IT, en que el neutro del secundario del transformador de distribución está totalmente aislado de tierra, cabe la posibilidad de que, si no se adoptan ciertas precauciones, el interruptor diferencial no actúe correctamente. En tales casos, para lograr una operación satisfactoria, es necesario crear una referencia a tierra mediante un neutro artificial, conectado a la entrada del interruptor diferencial.

Ello puede lograrse mediante condensadores de capacidad adecuada, con uno de sus terminales conectado a cada una de las fases, y el otro terminal unido a un punto común conectado a un electrodo de puesta a tierra de baja resistencia, e independiente de la tierra de seguridad de la instalación interior.

Se reitera que es imprescindible, en todos los casos, verificar la actuación del interruptor, antes de dar por finalizados los trabajos en una instalación interior, tal como se establece en el Anexo 2 del Capítulo XXIV del Reglamento de Baja Tensión.

Figura N° : 3



Valores orientativos:

Corriente de disparo (mA)	Capacidad (μf)	
	Locales Secos (Vch = 50V)	Locales Húmedos (Vch = 24V)
30	1	2
300	10	20

3.2.3.- Dispositivos de Corte por Tensión de Defecto

Este sistema de protección consiste en el corte automático de la instalación en un tiempo lo más corto posible, a partir del momento en que aparezca una tensión peligrosa entre la masa y un punto de tierra que está a potencial cero. Este sistema comprende:

- Interruptor de protección con bobina de tensión.
- Conductor de protección.
- Dispositivo de control del sistema de protección.
- Toma de tierra auxiliar del interruptor.
- Conductor de tierra auxiliar.

La aplicación de este sistema de protección, no exige que las masas de una instalación deban estar unidas eléctricamente a tierra, ni que, por el contrario, deben estar aisladas de la misma. Requiere que se cumplan las condiciones siguientes:

- El interruptor deberá eliminar el defecto en un tiempo no superior a 5 segundos, mediante el corte de todos los conductores activos, cuando se alcance la tensión considerada como peligrosa.
- La bobina de tensión del interruptor se conectará entre la masa del aparato a proteger y una tierra auxiliar, con objeto de controlar la tensión que puede presentarse entre estas.
- El conductor de tierra auxiliar estará aislado, con relación al conductor de protección, de la masa del aparato a proteger, de las partes metálicas del edificio y de cualquier estructura en unión eléctrica con el aparato, con objeto de que la bobina de tensión no pueda quedar puenteada. En consecuencia, el conductor de puesta a tierra auxiliar debe ser un conductor aislado.
- El conductor de protección no debe entrar en contacto con partes conductoras distintas de las masas de los aparatos eléctricos a proteger, cuyos conductores de alimentación quedarán fuera de servicio, al actuar el interruptor en caso de defecto.

En todos los casos, el conductor de protección será un conductor aislado.

- Los conductores, tanto el de protección como el de puesta a tierra auxiliar estarán protegidos contra posibles daños de tipo mecánico, por medio de un revestimiento protector adecuado.
- Cuando las masas de varios aparatos estén conectadas a un solo interruptor de protección, existiendo entre estos aparatos alguno unido a una buena toma de tierra, equivalente a una tierra de protección, la sección del conductor de protección debe ser, por lo menos, igual a la mitad de la sección correspondiente a los conductores de alimentación del aparato que los tenga de mayor sección.
- La toma a tierra auxiliar será eléctricamente distinta a cualquier otra toma de tierra. Como aún en el caso de no haberse conectado expresamente a tierra las masas a proteger, pueden encontrarse unidas eléctricamente a un elemento de la construcción y ésta a tierra, es necesario, en este caso, establecer la tierra auxiliar a una distancia suficientemente grande de todo el sistema metálico enterrado en la construcción, que constituye de hecho una puesta a tierra de las masas.

Cuando las construcciones son metálicas. o abundan en ellas los elementos metálicos, las distancias necesarias entre la toma de tierra auxiliar y la construcción puede ser frecuentemente superior a 50 m, por lo que, para solucionar esta dificultad, deberá recurrirse al aislamiento de las masas con relación a tierra.

- Los interruptores de protección responderán a las dos primeras condiciones del punto a) del apartado 3.2.1. y, además, su funcionamiento deberá poder ser siempre comprobado por medio de un dispositivo de control que podrá llevar o no incorporado.

Para la aplicación de este sistema de protección, se exige el ensayo satisfactorio de su funcionamiento antes de la puesta en servicio de la instalación. Este ensayo se realizará conectando la masa del aparato a proteger, a un conductor de fase por intermedio de una resistencia regulable apropiada.

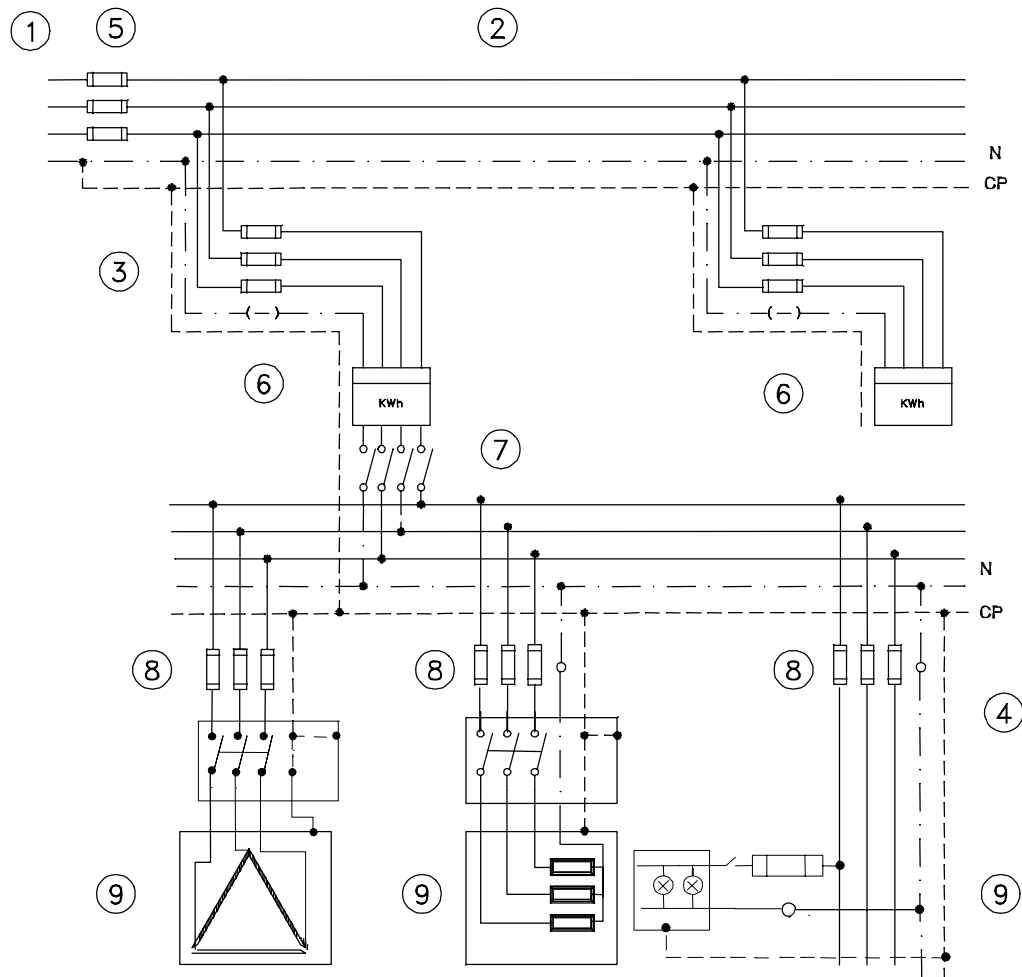
Con la ayuda de un voltímetro de $R = 2.500$ ohmios, se mide la tensión entre la masa del aparato y una toma de tierra, distante aproximadamente unos 15 m. Se regula la resistencia de manera que la tensión sea sensiblemente igual a 24 o 50 V, según corresponda. A partir de este momento, una reducción de la resistencia regulable, deberá hacer actuar inmediatamente el interruptor.

3.2.4.- Puesta a Neutro de las Masas y Dispositivos de Corte por Corriente de Defecto.

Este sistema de protección, que no es el sistema adoptado por UTE en distribución en BT, consiste en unir las masas de la instalación al conductor neutro, de tal forma, que los defectos francos de aislamiento, se transformen en cortocircuitos entre fase y neutro, provocando el funcionamiento del dispositivo de corte automático, y en consecuencia, la desconexión de la instalación defectuosa. Requiere que se cumplan las condiciones siguientes:

- Los dispositivos de corte utilizados serán interruptores automáticos o cortacircuitos fusibles.
- La corriente producida por un solo defecto franco, debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Todas las masas de una instalación deben estar unidas al conductor neutro a través de un conductor de protección. La unión de este conductor con el conductor neutro se realizará en un solo punto situado inmediatamente antes del dispositivo general de protección de la instalación o antes de la caja general de protección. Las figuras 4 y 5 representan esquemas de estas conexiones.

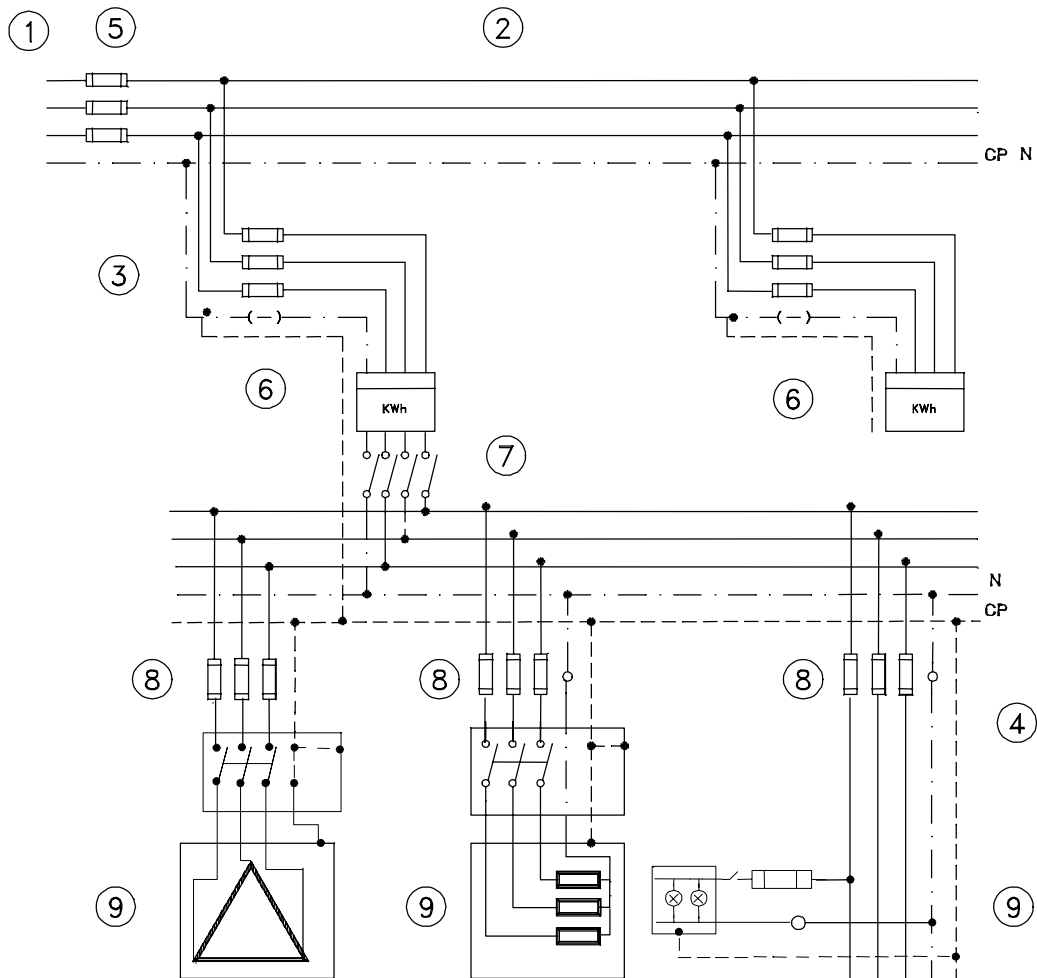
Figura N° : 4



REFERENCIAS.

- | | |
|---|--|
| 1 Acometida general | — Conductor de fase |
| 2 Línea repartidora | - - - Conductor neutro |
| 3 Derivación individual | - · - · - Conductor protección |
| 4 Instalación interior | (—) Seccionador neutro |
| 5 Caja gral. de protección | ○ borne |
| 6 Fusibles de seguridad | □ Cortacircuito fusible |
| 7 Interruptor automático | ○ Interruptor, polo s/proteger |
| 8 Cortacircuitos en la instalación interior | ○ Interruptor automático, polo protegido |
| 9 Envoltente sometida a protección | |

Figura N° : 5



REFERENCIAS.

- | | |
|---|--|
| 1 Acometida general | — Conductor de fase |
| 2 Línea repartidora | --- Conductor neutro |
| 3 Derivación individual | - - - Conductor protección |
| 4 Instalación interior | (—) Seccionador neutro |
| 5 Caja gral. de protección | ○ borne |
| 6 Fusibles de seguridad | □ Cortacircuito fusible |
| 7 Interruptor automático | — Interruptor, polo s/proteger |
| 8 Cortacircuitos en la instalación interior | — Interruptor automático, polo protegido |
| 9 Envoltura sometida a protección | |

- El conductor neutro de la instalación deberá estar alojado e instalado en la misma canalización eléctrica que los conductores de fase.
- El conductor de protección estará aislado, y cuando vaya junto a los conductores activos, su aislamiento y montaje tendrá las mismas características que el conductor neutro.
- El conductor neutro estará unido eficazmente a tierra, en forma tal que la resistencia global resultante de las puestas a tierra sea igual o inferior a 2 ohmios. La puesta a tierra del conductor neutro deberá efectuarse únicamente, en el tablero general y antes del interruptor principal (general de dicho tablero). En el caso de que a pesar de las disposiciones adoptadas el potencial del conductor neutro con relación a tierra sea susceptible de exceder de 24 V en los locales o emplazamientos húmedos o mojados, y de 50 V en los demás casos, deberá asociarse este sistema de protección con el empleo simultáneo de interruptor de protección con relé de tensión.

Se asocia el sistema de protección por puesta a neutro de las masas, con el empleo de interruptores diferenciales de alta sensibilidad, estableciendo la conexión del conductor neutro con el de protección antes del interruptor diferencial teniendo en cuenta la dirección del flujo de energía.

4.- Sistema adoptado por UTE en distribuciones en Baja Tensión.

Al respecto UTE establece lo siguiente:

Se adoptará para la instalación interior del cliente en Baja Tensión, el sistema TT ver figura 6.

Este sistema prevé que en las instalaciones trifásicas de 4 hilos (3 fases y el neutro); el hilo neutro esté aterrado en la S.E. de la red de distribución y en puntos de la red que realizará UTE. En la instalación interior la tierra será independiente y no estará vinculada al neutro, en ningún punto.

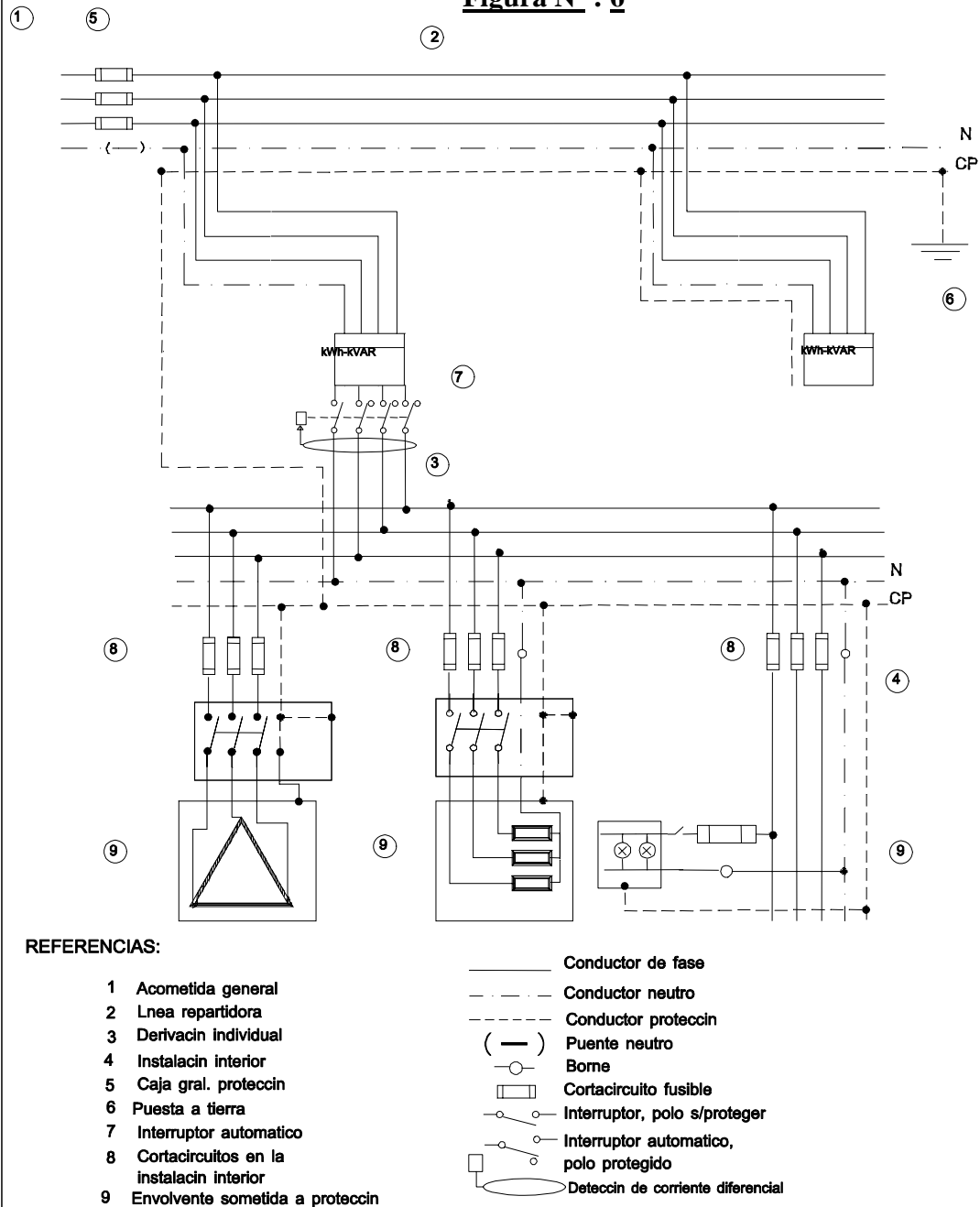
A partir de la Caja General de Protección cuando se utilice, la red entrará al servicio receptor si es trifásico con 4 hilos (3 fases y el neutro); si es monofásico con 2 hilos (fase y neutro).

El hilo de protección se tenderá desde el tablero general del cliente hacia adentro y se unirá a una toma de tierra independiente de la usada en la red de distribución, nunca se unirá al hilo neutro .

En todos los casos se utilizará obligatoriamente un interruptor diferencial de adecuada sensibilidad, que proteja toda fuga eventual a tierra.

La red de agua de OSE, domiciliaria, no constituye una tierra recomendable ya que en la actualidad los conductos metálicos han sido en muchos casos sustituidos por caños de plástico u otro material aislante. Lo mismo rige para las cañerías del servicio de gas. Por lo tanto queda terminantemente prohibida su conexión como electrodo de tierra.

Figura N° : 6



INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS

CAPÍTULO II

INDICE

1.- Cálculo de Secciones de los Conductores.....	1
1.1.- Corrientes máximas Admisibles.	2
2.- Cables Aislados de Cobre y de Aluminio del tipo Preensamblado.	3
2.1.- Corrientes máximas Admisibles	3
2.2.- Factores de Corrección.	4
3.- Cables Aislados no Trenzados.....	5
3.1.- Conductores de Cobre. Corrientes máximas Admisibles.....	5
3.2.- Conductores de Aluminio. Corrientes máximas Admisibl	6
3.3.- Factores de Corrección.	8
3.3.1.- Generalidades	8
3.3.2.- Factor de Corrección en función de la Temperatura Ambiente.	9
4.- Cables instalados al Aire Bajo Techo.....	9
4.1.- Factores de Corrección.....	14
5.- Conductores instalados dentro de conductos.....	14
5.1.- Factores de Corrección.	19
6.- Cables Armados	20
6.1.- Tensión hasta 1 kV.	20
6.2.- Factores de Reducción	23
7.- Elevación de Temperatura en caso de Cortocircuito.	24
8.- Caídas de Tensión	30
9.- Secciones mínimas por Resistencia Mecánica.....	30
10.- Aspectos a tener en cuenta en nuevas instalaciones trifásicas o modificación de las mismas.	31

1.- Cálculo de Secciones de los Conductores.

Un conductor debe tener una sección tal que la corriente que por él circula no produzca un calentamiento inadmisibles en el mismo, ni produzca una caída de tensión excesiva entre el origen de la instalación y el punto de utilización. Deberá tener además una resistencia mecánica adecuada.

El conductor deberá además dimensionarse teniendo en cuenta las corrientes de cortocircuito y la duración de las mismas; que pueden afectar seriamente su aislación.

A efectos de determinar la sección adecuada de un conductor, conocida la corriente que por él circula se aplicarán los cuatro criterios expresados anteriormente y se tomara la mayor sección resultante. Para el cálculo correspondiente se procederá como se indica a continuación.

1.1.- Corrientes máximas Admisibles.

Las corrientes máximas admisibles en servicio permanente, para conductores aislados en canalizaciones eléctricas fijas, y a una temperatura ambiente de 25°C, se indican en las distintas Tablas de este reglamento, según sea el tipo de aislamiento, sistema de instalación y medio ambiente.

Estas tablas se refieren a los conductores según Norma UNIT-IEC 227 usados en instalaciones interiores o receptoras; es decir, de tensión nominal de aislamiento de hasta 750 V.

Para canalizaciones eléctricas movibles, la corriente máxima admisible en los conductores aislados, será la correspondiente a los mismos, en canalizaciones eléctricas fijas, reducida en un 20 %.

En cuanto a los sistemas de instalación, en el Capítulo III del presente Reglamento se enuncian y se definen cada uno de ellos. Estos sistemas de instalación pueden clasificarse en dos grandes grupos, a efectos de disipación térmica, que permiten calcular la corriente máxima admisible en los conductores: "Al aire libre" y "Dentro de Conductos".

La expresión "al aire libre" se aplica a montajes de conductores unipolares o multipolares, instalados según los siguientes sistemas:

- a) Grapeados directamente a paredes o muros.
- b) Colocados en huecos, o en zanjais abiertas o ventiladas.
- c) Colocados sobre bandejas perforadas.

- d) Suspendidos de un cable fiador o colocados sobre aisladores o poleas.

La expresión "dentro de conductos" se aplica al montaje de conductores en conductos o canales abiertos o cerrados o en conductos embutidos o aparente. Se supone que la sección de estos canales, conductos o huecos es tal que la suma de las secciones totales de todos los conductores instalados en ellos es la máxima compatible con un tendido fácilmente realizable.

2.- Cables Aislados de Cobre y de Aluminio del tipo Preensamblado.

2.1.- Corrientes máximas Admisibles.

En la Tabla I figuran las corrientes máximas admisibles en régimen permanente para este tipo de cables, en condiciones normales de instalación.

Las condiciones normales de instalación se definen como un solo cable tripolar, o tetrapolar, instalado al aire libre en una disposición que permita una eficaz renovación de aire, y a una temperatura ambiente de 25 °C.

Para otras condiciones diferentes, en el apartado 2.2 figuran los factores de corrección apropiados.

TABLA I

Corriente máxima admisible en A, para cables preensamblados instalados a la intemperie (Servicio permanente) Temperatura ambiente 25 °C.

SECCIÓN NOMINAL mm²	COBRE		ALUMINIO	
	TIPO DE AISLAMIENTO			
	V	R/I	V	R/I
4	42	47	-	-
6	55	59	-	-
10	76	82	59	64
16	101	108	79	86
25	136	148	105	114
35	165	177	130	137
50	200	217	159	171
70	260	279	200	217
95	313	336	242	262
120	-	-	283	302
150	-	-	325	348

V = Cloruro de Polivinilo

R = Polietileno reticulado

I = Polietileno Clorosulfonado

2.2.- Factores de Corrección.

En la Tabla II figuran los factores de corrección, de la corriente máxima admisible, en caso de agrupación de varios cables tri o tetrapolares del tipo preensamblado, al aire. Estos factores se aplican a cables, separados entre sí una distancia comprendida entre un cuarto de diámetro y un diámetro, tendidos sensiblemente en horizontal y en un mismo plano vertical.

TABLA II

Factores de corrección de la corriente máxima admisible en caso de agrupación de cables aislados del tipo preensamblado.

Número de cables	1	2	3	más de 3
Factor de corrección	1.00	0.89	0.80	0.75

Se considera como diámetro de un cable trenzado el del círculo circunscrito.

En la TABLA III figuran los factores de corrección para temperaturas diferentes de 25 °C.

TABLA III

Factores de corrección de la corriente máxima admisible para cable preensamblados, en función de la temperatura ambiente

TIPO DE AISLACIÓN	TEMPERATURA °C						
	20	25	30	35	40	45	50
Cloruro de Polivinilo	1,04	1	0,95	0,90	0,85	0,79	0,73
Polietileno reticulado o clorosulfonado	1,03	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

3.- Cables Aislados no Trenzados.

Las prescripciones y tablas de los apartados siguientes se refieren a los cables aislados, no trenzados, instalados en redes aéreas o sistemas de instalación equivalentes.

3.1.- Conductores de Cobre. Corrientes máximas Admisibles.

Las condiciones normales de instalación para un cable tri o tetrapolar son:

- 1) Una terna de cables unipolares en contacto mutuo.
- 2) Un cable bipolar o dos unipolares en contacto mutuo, instalados al aire o sistema de instalación equivalente.


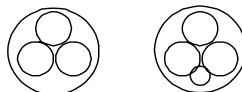


En ambos casos se considera una temperatura ambiente de 25 °C y una disposición que permita una eficaz renovación del aire.

La corriente máxima admisible para estas condiciones figura en la Tabla IV según el tipo de aislamiento. Para los cables unipolares, aislados con papel impregnado, los valores de la tabla se refieren al caso en que los cables constitutivos de una misma terna, estén separados una distancia igual a un diámetro.

3.2.- Conductores de Aluminio. Corrientes máximas Admisibles.

Las condiciones normales de instalación son las mismas que las definidas en el apartado 3.1 para los cables con conductores de cobre. Para determinar las corrientes admisibles en los conductores de aluminio se empleará la Tabla IV multiplicando las secciones de cobre por 1,68 para obtener las equivalentes en aluminio.

TABLA: IV

Tabla de ^{corriente} admisible para cables aislados con conductor de cobre, instalados a la intemperie (servicio permanente) t=25																				
	1 Terna de cables unipolares					1 Cable tripolar o tetrapolar					2 Cables unipolares					1 Cable bipolar				
Seccion nominal mm2																				
	V	B	D	R	P	V	B	D	R	P	V	B	D	R	P	V	B	D	R	V
1.5	19	21	21	21	35	18	20	19	19	18	26	29	31	31		24	26	29	29	
2.5	26	29	30	30	45	25	28	29	29	21	35	39	41	41		31	35	38	38	
4	35	39	40	40	57	33	37	39	39	30	47	52	43	43		41	46	50	50	
6	45	51	51	52	73	42	47	49	50	41	59	69	73	73		53	63	66	66	
10	62	70	71	73	94	59	66	65	68	59	83	92	97	97		77	89	90	90	
16	84	93	95	98	120	77	86	91	93	83	112		131	131		99	109	117	117	
25	113	126	131	137	153	103	115	120	125	106	148	167	177	177		136	150	157	157	
35	136	155	160	165	188	124	138	148	154	130	183	201	217	217		165	184	194	194	
50	171	190	199	205	230	153	173	182	188	165	218	242	257	257		195	219	228	228	
70	218	247	256	262	295	195	219	228	239	212	271	305	319	325		242	276	291	291	
95	277	310	319	325	360	242	270	285	296	260	336	283	393	399		301	339	353	353	
120	324	362	370	382	413	283	316	331	342	295	389	437	456	462		348	397	410	410	
150	372	414	427	439	484	324	362	382	399	348	443	495	519	530		401	472	467	473	
185	431	483	502	513	549	372	420	439	456	395	507	564	559	610		460	518	542	553	
240	513	563	587	610	631	436	500	524	542	448	596	667	701	718		543	610	638	644	
300	590	655	678	701	726	502	569	593	621	519	684	771	763	832		631	707	741	752	
400	690	759	798	821	796	584	661	695	735	590	785	886	929	958		732	822	866	878	
500	785	874	912	940	879						897	995	1043	1083						
630	903	1000	1043	1083	964						1038	1167	1231	1254						
800					1032															
1000					1092															

REFERENCIAS.

TIPOS DE AISLACION

V – Cloruro de Polivinilo B – Goma butilica D – Etileno Propileno R – Polietileno reticulado P – Papel impregnado

3.3.- Factores de Corrección.

3.3.1.- Generalidades.

La corriente máxima admisible deducida de la Tabla IV deberá corregirse teniendo en cuenta las características de la instalación que difieran de las condiciones normales, de forma que el incremento de temperatura provocado por la corriente eléctrica, no dé lugar a una temperatura en el conductor superior a la admitida por el aislamiento y que se expresa en la Tabla V.

TABLA V

Temperatura máxima admisible en el conductor según el tipo de aislamiento.

Tipo de aislamiento	V	B	D	R	P
Temperatura máxima en el conductor °C	70	85	90	90	80

V = Cloruro de Polivinilo

B = Goma butílica

D = Etileno - Propileno

R = Polietileno reticulado

P = Papel impregnado

3.3.2.- Factor de Corrección en función de la Temperatura Ambiente.

En la Tabla XIV se indican los factores de corrección en función de la temperatura ambiente, según el tipo de aislamiento. En caso de que los conductores estén expuestos al sol, se afectarán los valores de la tabla por un factor 0,9.

4.- Cables instalados al Aire Bajo Techo.

- 1) La expresión "al aire bajo techo" se aplica a montaje de cables unipolares, o conductores aislados, fijados directamente sobre paredes, sobre aisladores o colocados sobre bandejas perforadas, en ambientes cubiertos.

En las Tablas VI, VII, VIII y IX figuran las corrientes máximas admisibles en régimen permanente, para este tipo de cables, en condiciones normales de instalación.

- 2) Las condiciones normales de instalación se definen como uno a tres cables unipolares, o un cable bipolar o tripolar, instalados al aire, a una temperatura ambiente de 25 °C y con material conductor de cobre.
- 3) Para el caso de conductores de aluminio, para determinar las corrientes admisibles se emplearán las Tablas VIII y IX.

TABLA VI

Corriente admisible, en A, para cables con conductores de cobre aislados en PVC
 (Servicio Permanente) Temperatura ambiente 25 °C

Sección Nominal Mm ²	Conductor al aire libre PVC			
	Temperatura aire 25°C			
	2 unipolar	3 unipolar	1 bipolar	1 tri o trepolar
0,75	15	11	15	13
1	18	14	18	15
1,5	23	18	23	20
2	28	22	27	23
2,5	32	25	32	26
4	43	35	42	36
6	56	45	54	46
10	78	64	74	64
16	105	87	100	85
25	139	117	126	107
35	172	145	157	134
50	208	177	192	162
70	266	229	246	208
95	322	280	299	252
120	373	325	348	293
150	431	377	402	228
185	491	431	460	386
240	576	511	544	456
300	667	589	630	527
400	799	704	-	-
500	920	802	-	-
630	1065	907	-	-

TABLA VII

Corriente máxima admisible en A para cables rígidos con conductores de cobre aislados con Polietileno reticulado o similares

Sección Nominal mm ²	Conductor al aire libre XLPE			
	Temperatura aire 25°C			
	2 unipolar	3 unipolar	1 bipolar	1 tri o trepolar
0,75	18	14	18	15
1	21	16	21	18
1,5	28	21	27	24
2	33	26	33	28
2,5	39	30	37	33
4	52	42	51	44
6	67	54	66	56
10	93	79	89	78
16	126	105	120	104
25	167	140	155	132
35	208	176	192	163
50	252	215	234	200
70	322	279	301	256
95	392	341	366	310
120	454	397	426	360
150	524	461	492	412
185	598	529	564	474
240	706	628	667	560
300	814	727	771	645
400	978	873	-	-
500	1126	996	-	-
630	1304	1121	-	-

TABLA VIII

Corriente admisible, en A, para cables con conductores de aluminio aislados en PVC (Servicio Permanente) Temperatura ambiente 25 °C

Sección Nominal mm ²	Conductor al aire libre PVC Temperatura aire 25°C			
	2 unipolar	3 unipolar	1 bipolar	1 tri o tetrapolar
0.75	11	9	11	10
1	13	11	14	12
1.5	17	14	18	15
2	20	17	21	18
2.5	23	19	24	21
4	31	26	32	28
6	41	34	42	35
10	57	48	58	49
16	78	66	77	65
25	104	89	95	82
35	130	111	118	102
50	164	140	148	128
70	204	176	183	159
95	249	215	223	194
120	290	251	259	225
150	336	291	299	259
185	385	334	342	297
240	456	397	403	350
300	528	461	465	404
400	637	558	559	486

TABLA IX

Corriente máxima admisible en A para cables rígidos con conductores de aluminio aislados con Polietileno reticulado o similares

Sección Nominal mm ²	Conductor al aire libre XLPE Temperatura aire 25°C			
	2 unipolar	3 unipolar	1 bipolar	1 tri o tetrapolar
0.75	13	10	14	12
1	15	12	17	14
1.5	20	16	21	18
2	24	20	26	22
2.5	28	23	30	25
4	38	31	40	34
6	49	41	51	44
10	69	58	70	60
16	94	80	94	80
25	126	107	113	101
35	157	135	140	125
50	198	171	177	157
70	246	214	220	195
95	301	263	268	236
120	350	308	312	274
150	405	357	360	316
185	465	411	413	361
240	551	490	489	426
300	638	569	565	491
400	770	690	681	589

4.1.- Factores de Corrección.

La corriente máxima admisible, deducida de las Tablas VI, VII, VIII y IX deberá corregirse teniendo en cuenta las características de la instalación, de forma que el incremento de temperatura provocado por la corriente eléctrica, no dé lugar a una temperatura en el conductor superior a 70°C, en los cables con aislamiento de policloruro de vinilo o de goma y 90°C en los cables con aislamiento de goma butílica, etileno - propileno o polietileno reticulado.

Para valores de la temperatura ambiente diferente de 25 °C, se aplicarán los factores de corrección de la Tabla XIV, según el tipo de aislamiento.

5.- Conductores instalados dentro de conductos.

Las corrientes máximas dentro de conductos en régimen permanente, se indican en las Tablas X y XI, en conductor de cobre.

Para el conductor de aluminio ver tabla XII y XIII.

En caso en que la única protección de los conductores sea por fusible, el calibre nominal de éste será igual al 80 % de la corriente máxima admisible para el conductor, dada en las tablas. Si además de protección contra cortocircuitos se instala protección para sobrecargas, la misma se regulará a la corriente admisible del cable, siempre que la protección de cortocircuito asegure que la temperatura alcanzada por la aislación, en caso de cortocircuito, no supere a la admitida por el aislante.

La Tabla XIV indica los factores de corrección de la Corriente máxima admisible, en función de la temperatura ambiente.

TABLA X
INSTALACIÓN DENTRO DE CONDUCTOS.

Corriente máxima admisible, en A, para cables unipolares con conductores de cobre aislados con Policloruro de Vinilo (PVC) o similares, a temperatura ambiente 25°C.

SECCIÓN NOMINAL mm ²	CONDUCTORES UNIPOLARES	
	CONDUCTORES POR CIRCUITO	
	2	3
0,75	12	10
1	14	13
1,5	19	16
2	22	20
2,5	25	22
4	34	30
6	43	38
10	60	53
16	81	72
25	107	94
35	133	118
50	160	142
70	204	181
95	246	219
120	285	253
150	328	292
185	375	332
240	440	391
300	506	449
400	605	538

TABLA XI
INSTALACIÓN DENTRO DE CONDUCTOS.

Corriente máxima admisible, en A para cables unipolares con conductores de cobre aislados con Polietileno Reticulado o Similares; Temperatura ambiente 25°C.

SECCIÓN NOMINAL mm ²	CONDUCTORES UNIPOLARES	
	CONDUCTORES POR CIRCUITO	
	2	3
0,75	16	14
1	19	17
1,5	24	21
2	29	26
2,5	32	28
4	44	38
6	56	50
10	77	69
16	104	93
25	138	122
35	171	150
50	206	182
70	264	231
95	318	280
120	368	324
150	428	382
185	489	434
240	572	512
300	661	588
400	791	704

TABLA XII
INSTALACIÓN DENTRO DE CONDUCTOS.

Corriente máxima admisible, en A, para cables unipolares con conductores de aluminio aislados con Policloruro de Vinilo (PVC) o similares, a temperatura ambiente 25°C.

Sección Nominal Mm ²	Conductor en conducto PVC Temperatura aire 25°C	
	2 conductores	3 conductores
0,75	9	8
1	11	10
1,5	14	13
2	17	15
2,5	20	18
4	26	24
6	34	31
10	47	42
16	63	56
25	83	75
35	103	92
50	128	115
70	158	142
95	192	172
120	222	199
150	255	228
185	291	260
240	342	306
300	394	352
400	471	422

TABLA XIII
INSTALACIÓN DENTRO DE CONDUCTOS.

Corriente máxima admisible, en A para cables unipolares con conductores de aluminio aislados con Polietileno Reticulado o Similares; Temperatura ambiente 25°C.

Sección Nominal mm ²	Conductor en conducto XLPE Temperatura aire 25°C	
	2 conductores	3 conductores
0,75	12	11
1	15	13
1,5	19	17
2	22	20
2,5	26	23
4	35	31
6	45	40
10	61	55
16	82	74
25	109	97
35	134	120
50	168	150
70	207	185
95	251	224
120	290	259
150	334	298
185	381	340
240	448	400
300	515	460
400	616	550

5.1.- Factores de Corrección.

La corriente máxima admisible, deducida de las Tablas X, XI, XII y XIII deberá corregirse teniendo en cuenta las características de la instalación, de forma que el incremento de temperatura provocado por la corriente eléctrica, no dé lugar a una temperatura en el conductor superior a 70°C, en los cables con aislamiento de policloruro de vinilo o de goma y 90°C en los cables con aislamiento de goma butílica, etileno - propileno o polietileno reticulado.

Para valores de la temperatura ambiente diferente de 25 °C, se aplicarán los factores de corrección de la Tabla XIV, según el tipo de aislamiento.

Cuando por un tubo o conducto tengan que pasar más de 3 conductores, normalmente recorridos por la corriente, los valores de la corriente máxima admisible de la última columna, se reducirán aplicando los factores de reducción siguientes:

de 4 a 7 conductores = 0.90

más de 7 conductores = 0.70

Para el cómputo de estos conductores no se tendrá en cuenta, en ningún caso, el conductor de protección, ni el neutro, en un suministro trifásico con neutro.

TABLA XIV

Factores de corrección de la corriente máxima admisible, en función de la temperatura ambiente, para conductores aislados instalados al aire.

TIPO DE AISLAMIENTO	TEMPERATURA °C														
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
V	1,15	1,10	1,05	1	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,58	0,47	-	-	-	-
B	1,13	1,09	1,04	1	0,97	0,91	0,87	0,82	0,77	-	-	-	-	-	-
D	1,11	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,79	-	-	-	-	-	-
R	1,11	1,08	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,84	0,79	0,73	0,68	0,63	0,56	0,48	0,39
P	1,13	1,08	1,04	1	0,96	0,91	0,87	0,79	0,73	-	-	-	-	-	-

V = Cloruro de Polivinilo

B = Goma Butílica

D = Etileno - Propileno

R = Polietileno reticulado

P = Papel impregnado

6.- Cables Armados.

Las corriente máximas para cables armados, en régimen permanente, se indican en la Tabla XV, para cobre y Tabla XVI para aluminio.

6.1.- Tensión hasta 1 kV.

Los valores establecidos en la Tabla XV están referidos al cumplimiento de las siguientes condiciones:

- 1) Profundidad de colocación 50 cm. aproximadamente.
- 2) Temperatura del terreno 25°C.
- 3) Un sólo cable en la zanja.
- 4) Resistividad térmica del terreno 1°C m/W.

TABLA XV

CORRIENTE MÁXIMA ADMISIBLE, EN A, PARA CABLES AISLADOS CON CONDUCTORES DE COBRE, EN INSTALACIÓN ENTERRADA.

Sección nominal mm ²	Una terna unipolar			Cable tri/tetrapolar			Un par unipolar		Un cable bipolar	
	V	R	P	V	R	P	V	R	V	R
6	63	72	75	56	66	54	90	105	75	86
10	85	96	98	75	88	72	120	140	98	115
16	110	125	125	97	115	95	160	185	125	150
25	140	160	160	125	150	125	205	240	165	190
35	170	190	190	150	180	150	245	290	195	230
50	200	230	235	180	215	190	285	335	230	270
70	245	280	285	220	260	230	355	415	280	325
95	290	335	340	265	310	270	425	500	340	385
120	335	380	375	305	355	305	485	565	385	440
150	370	425	430	340	400	350	545	630	430	495
185	420	480	480	385	450	395	610	715	480	555
240	485	550	540	445	520	445	710	830	555	635
300	550	620	600	505	590	500	800	935	630	720
400	615	705	660	570	665	555	910	1060	710	815
500	685	790	720	-	-	-	1015	1175	-	-
630	770	885	770	-	-	-	1165	1350	-	-
800	-	-	820	-	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	870	-	-	-	-	-	-	-

V - Cloruro de polivinilo. R - Polietileno reticulado. P - Papel impregnado.

TABLA XVI

CORRIENTE MÁXIMA ADMISIBLE, EN A, PARA CABLES AISLADOS, CON CONDUCTORES DE ALUMINIO, EN INSTALACIÓN ENTERRADA.

Sección nominal mm ²	Una terna unipolar			Cable tri/tetrapolar			Un par unipolar		Un cable bipolar	
	V	R	P	V	R	P	V	R	V	R
10	66	75	76	58	69	56	94	109	76	90
16	86	97	98	76	90	74	125	144	97	117
25	110	125	125	98	115	98	160	187	129	148
35	130	150	148	120	140	117	191	226	152	179
50	155	180	183	140	165	148	222	261	179	211
70	190	220	222	170	205	179	277	324	218	254
95	225	260	265	210	240	211	331	390	265	300
120	260	295	293	235	275	238	378	441	300	343
150	290	330	335	265	310	273	425	491	335	386
185	325	375	374	300	350	308	476	558	374	433
240	380	430	424	350	405	347	554	647	433	495
300	430	485	468	395	460	390	624	729	491	562
400	480	550	515	445	520	433	710	827	554	636
500	535	615	561	-	-	-	792	917	-	-
630	600	690	601	-	-	-	909	1053	-	-
800	-	-	640	-	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	679	-	-	-	-	-	-	-

V - Cloruro de polivinilo. R - Polietileno reticulado. P - Papel impregnado.

Las Tablas; I, IV, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII y XIII están calculadas para temperatura ambiente de 25 C°. Cuando se utilicen a 30 C° deberán aplicarse los factores de corrección para esa temperatura ambiente.

6.2.- Factores de Reducción.

Los valores comprendidos en las Tablas XV y XVI se reducirán en los siguientes casos:

a) Cables colocados al aire

Cantidad de cables	Separación entre cables	Coefficiente para multiplicar
1	-	0.8
3	φ de cables	0.75
6	φ de cables	0.70
3	sin separación	0.65
6	sin separación	0.60

b) Cables colocados en tuberías o canales, se multiplicará por el factor 0.9.

c) Coexistencia de varios cables enterrados en una zanja, separados entre sí 7 cm.

Número de cables	2	3	4	5
Factor de corrección	0.85	0.75	0.68	0.64

d) Factores de corrección de la corriente máxima admisible, en función de la temperatura del terreno.

Tipo de aislación	TEMPERATURA °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
V	1.13	1.09	1.04	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.74
R	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
P	1.13	1.09	1.04	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.74

V - Cloruro de polivinilo.

R - Polietileno reticulado.

P - Papel impregnado.

Cuando corresponda serán de aplicación las tablas y criterios de la norma CEI 364-5-523 para el cálculo de las secciones de los conductores sometidos a los efectos térmicos de las corrientes admisibles.

7.- Elevación de Temperatura en caso de Cortocircuito.

En caso de producirse un cortocircuito, el tiempo de actuación de la protección debe ser tal que la elevación instantánea de temperatura no ponga en peligro la aislación del conductor.

La fórmula siguiente vincula la corriente de cortocircuito con la elevación de temperatura y el tiempo de actuación de la protección.

$$I_{cc} = 0.34 \frac{S}{\sqrt{t}} \sqrt{\log \frac{234 + T_f}{234 + T_i}}$$

S: Área del conductor en mm² (Cu).

t: Tiempo de duración del defecto en segundos.

T_f: Temperatura máxima admisible en régimen de cortocircuito.

T_i: Temperatura máxima admisible en régimen normal.

I_{cc}: Máxima corriente de cortocircuito en kA.

La temperatura máxima admisible en régimen de cortocircuito es de 145°C para papel impregnado, 160°C para la aislación en PVC y 250°C para el polietileno reticulado. Si en el polietileno reticulado los empalmes o terminales no son prensados, sino soldados con estaño, la temperatura máxima se reduce a 160°C.

Advertencia: En el caso de conductor de aluminio, para una cierta corriente y sección el tiempo de despeje de una falta se reduce en un 45 %.

A modo de orientación para los cálculos se adjuntan algunas tablas que permiten conocer las intensidades de cortocircuito en algún punto de la red, conociendo la intensidad de cortocircuitos en bornes del transformador, la longitud y la sección del cable de unión entre los dos puntos. Estas tablas están calculadas para tensiones trifásicas de 220 V y 380 V.

El poder de corte del automático debe escogerse inmediatamente superior a la intensidad de cortocircuito, del punto donde éste está instalado. La tabla A da la intensidad de cortocircuito inmediatamente en barras de un transformador, en función de su potencia y de la tensión.

Tabla A: Intensidad de cortocircuito (I_{cc}) en bornes del transformador (1)

Potencia del Transformador en kVA																				
	16	25	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
220 V																				
In (A)	40	62	100	126	157	200	250	313	400	500	625	789	1000	1250	1575	2000	2500	3125	4000	5000
Icc (A)	1000	1560	2490	3110	3920	4970	6210	7750	9900	12350	15400	19340	24500	31200	38200	35350	40350			
380 V																				
In (A)	23	36	58	72	91	115	145	180	232	290	360	456	580	720	910	1155	1445	1805	2300	2890
Icc (A)	580	900	1450	1800	2270	2870	3590	4480	5720	7140	8900	11200	14150	17650	22100	24800	27800	31400	36600	39100

(1) Estos valores corresponden a un cortocircuito en bornes de BT del transformador y una potencia aguas arriba del transformador de $P = 500$ MVA.

Los cables de las líneas, especialmente los de pequeña sección, contribuyen a reducir considerablemente la intensidad de cortocircuito. En múltiples casos, se puede explotar esta propiedad, la cual permite, aumentando sólo unos metros de cable, ajustar el valor de la corriente de cortocircuito, a las características del interruptor automático necesario.

Las tablas B y C dan a 220 V y 380 V trifásico, la intensidad de cortocircuito en un punto de la red principal, conociendo la intensidad de cortocircuito arriba y la longitud y sección del cable de unión entre los dos puntos.

Ejemplo: a 380 V trifásico, después de 23 m de cable de sección 70 mm^2 , la intensidad de cortocircuito pasa de 30 kA a 20 kA.

Las tablas D y E permiten determinar directamente en distribuciones terminales trifásicas (220 y 380 V), la intensidad de cortocircuito, con una determinada longitud de cable. (I_{cc} arriba ≤ 20 kA, sección y longitud del cable, conocidas).

Tabla B: Intensidad de cortocircuito al extremo del cable a 220 V trifásico

Sección cable en mm ²		Longitud del cable en metros							
Cu	Al								
1,5	2,5	1				2			
2,5	4	1				2			
4	6	1				2			
6	10	1				2			
10	16	1	2				3	5	7
16	25	1	2	3				5	8
25	35	1	3	4	5	8	13	18	25
35	50	2	4	5	7	11	18	25	35
50	70	3	5	8	10	15	25	35	50
	95	3	6	9	12	18	30	42	60
70	120	4	8	11	15	23	38	53	75
	150	4	8	12	16	24	40	57	81
95	185	5	10	14	19	29	48	67	96
120	240	6	12	18	24	36	60	84	120
150		6	13	20	26	39	65	91	130
185	300	7	15	23	30	46	77	108	154
240		9	19	28	38	57	96	134	192
300		12	24	36	48	72	120	168	240
Icc arriba en kA		Icc abajo en kA							
100		70	46	34	26	18	11	8	6
90		66	45	33	26	18	11	8	6
80		61	43	32	26	18	11	8	6
70		55	40	31	25	17	11	8	6
60		49	38	29	24	17	11	8	6
50		43	34	28	23	17	11	8	6
45		39	32	27	22	16	11	8	6
40		36	30	25	21	16	10	8	6
35		31	27	23	20	15	10	8	5
30		28	24	21	19	15	10	7	5
25		23	21	19	17	14	10	7	5
20		19	18	16	15	12	9	7	5
15		14	14	13	12	10	8	6	5

Tabla C: Intensidad de cortocircuito al extremo del cable a 380 V trifásico

Sección cable en mm ²		Longitud del cable en metros							
cu	Alu								
1,5	2,5	1				2			
2,5	4	1				2	3	4	
4	6	1				2	3	4	6
6	10	1	2				3	4	6
10	16	1	2	3	3	5	7	10	15
16	25	2	5				8	11	16
25	35	3	4	7	8	13	18	25	38
35	50	4	5	10	11	18	25	35	53
50	70	5	8	12	15	25	35	50	75
	95	6	9	15	18	30	42	60	90
70	120	8	11	16	23	38	53	75	113
	150	8	12	19	24	40	57	81	122
95	185	10	14	24	29	48	67	96	145
120	240	12	18	36	36	60	84	120	180
150		13	20	30	39	65	91	130	195
185	300	15	23	38	46	77	108	154	231
240		19	28	38	27	96	134	192	288
300		24	36	48	72	120	168	240	360
Icc arriba	en kA	Icc abajo	en kA						
100		65	51	42	30	19	14	10	7
90		62	49	41	29	19	14	10	7
80		58	47	39	29	18	13	10	7
70		52	44	37	28	18	13	10	6
60		47	40	25	27	18	13	9	6
50		41	36	32	25	17	13	9	6
45		38	34	30	21	17	13	9	6
40		35	32	28	23	16	13	9	6
35		31	28	26	21	16	12	9	6
30		27	25	23	20	15	12	9	6
25		23	22	20	18	14	11	9	6
20		19	18	17	16	13	10	8	6
15		14	14	13	12	11	9	7	6

Tabla D: Intensidad de cortocircuito al extremo del cable: distribución terminal 220 V trifásico

Sección cable en mm ²		Longitud del cable en metros							
cu	Alu								
1,5	2,5				1		2	2	3
2,5	4		1		2	2,5	3	4	5
4	6	1		2	3	3,5	4	6	8
6	10	1		3	4	5	6	10	13
10	16	2		4	7	8,5	10	15	20
16	25	2	3	7	11	13,5	16	24	32
25	35	4	5	10	18	22	25	38	50
35	50	5	7	15	25	30	35	53	70
50	70	8	10	21	35	43	50	75	100
	95	9	12	25	42	52	60	90	120
70	120	11	15	29	53	60	75	113	151
Icc arriba en kA		Icc abajo							
20		(1)							
17,5									
15		15 kA >	Icc	> 6 kA					
12,5									
10					6 kA >	Icc	> 3 kA		
8								3 kA	> Icc
6									

(1) $16 \text{ kA} \geq I_{cc} > 15 \text{ kA}$

Recordar: el poder de corte de un automático debe escogerse, inmediatamente superior a la intensidad de cortocircuito del punto donde está instalado.
 Ejemplo: a 220 V trifásico, después de 5 m de cable de cobre de 6 mm², la intensidad de cortocircuito pasa de 20 kA a 6 kA máximo, puede por lo tanto instalarse un C32a (PdC 6 kA a 220 V), al final de este cable.

Tabla E: Intensidad de cortocircuito al extremo del cable: distribución terminal 380 V trifásico

Sección cable en mm ²		Longitud del cable en metros										
cu	alu											
1,5	2,5		1			2			3		4	5
2,5	4		1	2	3	3,5	4	4,5	5		7	8
4	6	2		3	4	5	6	7,5	8	8,5	11	12
6	10	2,5	3	4	6	7,5	10	11	11,5	13	16	19
10	16	4,5	5	7	10	13	15	18	19	20	27	30
16	25	7	8	11	16	20	24	29	31	32	43	48
25	35	10	13	18	25	32	38	45	48	50	67	75
35	50	14	18	25	35	45	53	62	67	70	93	105
50	70	20	25	35	50	63	75	89	96	100	133	150
	95	24	30	42	60	76	90	107	115	120	160	179
70	120	28	38	53	75	88	113	124	134	151	186	226
Icc arriba en kA		Icc abajo										
20		Icc	> 10 kA									
17,5												
15												
12,5												
10												
7,5												
5												
2,5												

8.- Caídas de Tensión.

La caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, será como máximo 3 % para circuitos de alumbrado y 5 % para otros usos.

De acuerdo con esto, las secciones de conductores se calcularán mediante las fórmulas siguientes:

- Líneas monofásicas

$$S = \frac{2 L W}{K e V}$$

- Líneas trifásicas

$$S = \frac{L W}{K e V}$$

Siendo:

S = sección en mm²

L = longitud de la línea en metros

W = potencia en vatios calculada según las normas establecidas en el punto 3 del Anexo I, Capítulo I de la Norma de Instalaciones.

K = conductividad del metal (cobre, 56,9; aluminio, 34,7; para una temperatura de 25 °C).

e = caída de tensión máxima admisible en V.

V = tensión de suministro en V.

Los valores así obtenidos tendrán validez para líneas con baja reactancia inductiva; por ej.: instalaciones de alumbrado e Instalaciones efectuadas con protección de conductos (en las cuales los conductores están colocados a poca distancia unos de otros), conductores cableados con vaina protectora (superplástico), cable armado, etc.

Cuando los conductores se calculen por su capacidad térmica, dependiendo de su aislación, los valores de K serán:

- Cobre: con aislación PVC (70°C) K = 48,4;
con aislación XLPE (90°C) K = 45,5.
- Aluminio: con aislación PVC (70°C) K = 29,4;
con aislación XLPE K = 27,6.

9.- Secciones mínimas por Resistencia Mecánica.

Para cumplir con esta condición se deberán utilizar las siguientes secciones mínimas:

Líneas repartidoras	6 mm ²
Derivaciones individuales	6 mm ²
Derivaciones para alumbrado	0,75 mm ²
Derivaciones para otros usos (excepto alumbrado)	1 mm ²
Derivaciones para un solo tomacorriente	1 mm ²
Derivaciones para tomacorrientes en salto	1,5 mm ²
Conductor con vaina (super plástico o similar) de cobre en muros	1 mm ²
Conductor con vaina (super plástico o similar) de aluminio en muros	2,5 mm ²
Conductor con vaina (super plástico o similar) de cobre suspendido	2 mm ²
Conductor con vaina (super plástico o similar) de aluminio suspendido	6 mm ²
Líneas aéreas de cobre hasta 15 m. de vano	6 mm ²
Cables armados	1,5 mm ²

10.- Aspectos a tener en cuenta en nuevas instalaciones trifásicas o modificación de las mismas.

UTE ha decidido incorporar como nuevas tensiones de distribución, 380 V y 22 kV.

Gradualmente se irá desarrollando un cambio de las redes de distribución, tendiente a ello.

Toda instalación trifásica nueva, aumento de carga o reforma de dicha instalación, deberá ser prevista de forma de posibilitar el futuro pasaje a las nuevas tensiones de distribución de UTE (380 V y 22 kV), en su defecto el cliente se responsabiliza de realizar tales adecuaciones a su costo, cuando UTE encare dicho cambio de tensión en su suministro.

En particular, en lo que respecta a Baja Tensión y respetando siempre la normativa en la materia, se indica:

- 1) Las acometidas y líneas repartidoras trifásicas de 220 V con tres conductores de fase (3 hilos), pasarán a 380 V, con tres líneas de fase y conductor neutro (4 hilos).
En estos casos, de acuerdo a la carga solicitada, la sección de los conductores será mayor en el suministro de 220 V que en el suministro de 380 V futuro. Esto habilitará oportunamente, previa autorización de UTE, a efectuar aumentos de carga, sin modificar la línea, cuando se efectúe el cambio de tensión, limitándose este aumento a la revisión de los elementos que correspondan.
- 2) Las alimentaciones trifásicas serán en general ejecutadas en cable subterráneo con aislación XLPE o PVC dentro de ductos.

En casos debidamente autorizados por los respectivos Centros Técnicos Comerciales, la alimentación podrá hacerse aérea utilizando cable preensamblado.

- 3) Cuando las potencias solicitadas superen los 50 kW y se exija S.E., UTE preverá la instalación de transformadores, de la potencia adecuada, y con dos salidas en baja tensión para 220 V y 380 V con neutro accesible. Se deberá presentar, en la Oficina Técnica correspondiente, el estudio de la conductividad del suelo, a los efectos de que UTE pueda especificar el sistema de puesta a tierra de la respectiva S.E. la que deberá ser ejecutada por el cliente y supervisada y posteriormente controlada y aprobada por UTE.
- 4) Las canalizaciones nuevas para las instalaciones trifásicas interiores, en BT, se preverán para enhebrar los tres hilos de fase, el hilo neutro y cuando corresponda el de protección o tierra, respetando la sección a dejar libre, según se especifica en la Norma de Instalaciones.
- 5) En aquellas solicitudes donde se centralicen medidores, (ej.: edificios), la firma instaladora montará en el módulo de los tableros, la barra de neutro de la sección adecuada y con las borneras previstas para el servicio en 380 V (4 hilos) y a la salida de las derivaciones individuales la respectiva barra de puesta a tierra.
- 6) En todos los tableros generales de los clientes se deberá instalar el interruptor diferencial.
- 7) Para solicitudes de servicio mayores de 45 kW, la medida se efectuará en forma indirecta, es decir que, además de las barras o cables de fase, sobre las que se montarán los transformadores de corriente, se preverá el terminal y la barra del neutro.
- 8) En las plantas industriales, en los edificios con ascensores y montacargas y en general donde se empleen motores trifásicos u otro receptor, instalación o equipamiento trifásicos, se aconseja prever que los mismos sean fácilmente convertibles de 220 V a 380 V.
- 9) En cuanto a la compensación de energía reactiva (corrección del factor de potencia) se deberá tener en cuenta que dicha compensación pueda adaptarse para las nuevas condiciones de suministro en 380 V (de ser factible su conversión).
- 10) Los interruptores de control de potencia que se instalen en todos los servicios trifásicos de BT, en 380 V, deberán ser del tipo tetrapolar monobloc.

En los casos de media tensión, se deberá prever en los suministros alimentados en 6 kV que la instalación y equipamiento sean clase 24 kV, previendo el cambio de media tensión a 22 kV.