

MANUAL BÁSICO DE SEGURIDAD
EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE
BAJA TENSIÓN

MANUAL BÁSICO DE SEGURIDAD
EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE
BAJA TENSIÓN

PRESENTACIÓN

La seguridad y salud en el trabajo es un derecho constitucional. Promocionar la prevención de riesgos laborales de las personas que trabajan en Canarias es un deber de los gobiernos y de las administraciones. El marco legislativo en seguridad y salud en el trabajo (SST) se desarrolla en una amplia diversidad de reglamentos. En materia de riesgo eléctrico destacan el Real Decreto 614/2001, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico y el Real Decreto 842/2002 por el que se aprueba el reglamento electrotécnico de baja tensión, así como numerosas normas UNE-EN, que establecen el correspondiente marco legal y técnico básico específico.

El *Manual de seguridad en instalaciones eléctricas de baja tensión*, que se presenta desde la Dirección General de Trabajo de la Consejería de Empleo, Políticas, Sociales y Vivienda, se enmarca dentro del Plan de actuación para el bienio 2015-2016 del Instituto Canario de Seguridad Laboral (ICASEL), órgano técnico adscrito al referido centro directivo.

Se trata de un riguroso documento técnico elaborado por un experto profesional en el riesgo eléctrico - de reconocido prestigio en el ámbito nacional -, con la colaboración de técnicos del ICASEL. En él se desarrollan tanto los conceptos básicos del riesgo eléctrico, como el análisis e interpretación del mismo en el ámbito laboral a través de la normativa eléctrica legal y técnica, vigente a fecha de edición.

Dado el carácter de manual de consulta y uso directo en tareas específicas, se ha realizado una edición impresa limitada para el empresariado y para los trabajadores y trabajadoras interesados en sus contenidos, así como para los profesionales relacionados con la SST. También se ha dispuesto una edición digital, de alcance y difusión más generalizada, que incorpora el objetivo de socializar los conocimientos fundamentales en materia de seguridad eléctrica en las enseñanzas secundarias y universitarias que lo tengan integrado en sus recorridos curriculares, con la necesaria orientación de los docentes. Por último, la divulgación del manual queda abierta a la ciudadanía canaria interesada en los diversos contenidos del mismo.

Es firme compromiso de esta Directora respaldar y potenciar acciones como la que aquí se ofrece, con el objetivo de una mejora continua y permanente de las condiciones de trabajo en las empresas canarias en este sector y en aquellos otros que, por su especial incidencia en la SST, sean considerados prioritarios.

La Directora General de Trabajo
Ana Isabel Fernández Manchado

Edita:

Consejería de Empleo, Políticas Sociales y Vivienda.

Dirección de General de Trabajo.

Instituto Canario de Seguridad Laboral (ICASEL)

<http://www.gobiernodecanarias.org/trabajo/icasel/>

Título:

Manual básico de seguridad en instalaciones eléctricas de baja tensión.

Autor:

Juan Antonio Calvo Saéz

Edición:

Canarias, junio de 2016

Maquetación e impresión:

Gráficas Trujillo

Coordinación:

Juan Antonio Rojas González

Depósito Legal: TF 434-2016

MANUAL BÁSICO DE SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN



Juan Antonio Calvo Sáez

Perito y Maestro Industrial Eléctrico.

Técnico de Prevención en Riesgos Laborales.

Profesor Asociado Honorífico de la Universidad de Cantabria.

EL RIESGO ELÉCTRICO

El fluido eléctrico se manifiesta en diversas formas físicas que pueden ser origen de daño si se encuentra la persona humana en su camino y sus proximidades.

La electrización está constituida por las distintas manifestaciones fisiológicas y fisiopatológicas debidas al paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano. La electrocución, en cambio, es solo un sub-conjunto del grupo anterior, ya que designa exclusivamente los casos de muerte.

Si el cuerpo fuera un aislante como el vidrio no tendríamos que temer de la corriente eléctrica, pero no es aislante. Tampoco es buen conductor, por suerte, sino que se trata de un circuito complejo, cuyas características difieren del individuo; del estado físico de la piel, del punto de contacto con el cuerpo, del trayecto de la corriente, etc.

Las instalaciones eléctricas, aparatos y equipos eléctricos, deberán cumplir la normativa reglamentaria para evitar los contactos eléctricos peligrosos.

Así mismo, los trabajadores deberán saber evaluar los riesgos eléctricos y obrar en consecuencia, para la realización de los trabajos sobre las instalaciones.

Las instalaciones, aparatos y equipos eléctricos deben de tener incorporados diversos sistemas de protección contra los riesgos producidos por la electricidad y aunque estos sistemas sean correctos no son suficientes para una protección total del trabajador. Para realizar trabajos y maniobras en instalaciones o equipos eléctricos deben observarse además determinados procedimientos y normas de seguridad, frente al riesgo eléctrico.

ÍNDICE

Capítulo 1

1. NORMATIVA	13
1.1. LA DIRECTIVA MARCO Y LA LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.	13
1.2. RIESGO ELÉCTRICO.	14
1.3. REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN.	14
1.4. OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.	14
1.5. EQUIPOS DE TRABAJO.	14

Capítulo 2

2. FUNDAMENTOS DE LA ELECTRICIDAD	15
2.1. CIRCUITO ELÉCTRICO.	15
2.2. MAGNITUDES ELÉCTRICAS FUNDAMENTALES.	17
2.3. TIPOS DE CORRIENTE.	20
2.4. LA LEY DE OHM.	23
2.5. POTENCIA ELÉCTRICA.	25
2.6. RESUMEN DE UNIDADES ELÉCTRICAS.	26
2.7. APARATOS DE MEDIDA.	28
2.8. DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.	29

Capítulo 3

3. MEDIDAS DE SEGURIDAD CONTRA RIESGOS ELÉCTRICOS	33
3.1. MEDIDAS INFORMATIVAS.	33
3.2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN.	33

Capítulo 4

4. EFFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA SOBRE EL ORGANISMO HUMANO	37
4.1. INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE.	37
4.2. INFLUENCIA DEL TIEMPO DE CONTACTO.	38
4.3. INFLUENCIA DE LA TENSIÓN Y RESISTENCIA DEL ORGANISMO.	40
4.4. INFLUENCIA DE LA FRECUENCIA DE LA CORRIENTE.	43
4.5. INFLUENCIA DEL RECORRIDO DE LA CORRIENTE.	43
4.6. CONCLUSIÓN.	43
4.7. TENSIÓN Y TIEMPO DE CONTACTO.	44
4.8. QUEMADURAS ELÉCTRICAS.	46
4.9. ALTA TENSIÓN.	48

Capítulo 5

5. PROTECCIÓN CONTRA EL CONTACTO ELÉCTRICO DIRECTO	49
5.1. POR ALEJAMIENTO.	49
5.2. POR AISLAMIENTO.	50
5.3. PUESTA FUERA DE ALCANCE POR MEDIO DE PROTECCIONES.	54

Capítulo 6

6. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES SOBRE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	61
6.1. AMBIENTE HÚMEDO.	61
6.2. PRESENCIA DE AGUA	62
6.3. SOLICITACIÓN MECÁNICA.	62
6.4. TEMPERATURA.	62
6.5. PODER DE AUTOEXTINCIÓN.	63

Capítulo 7	
7. PROTECCIÓN CONTRA EL CONTACTO ELÉCTRICO INDIRECTO	65
7.1. DEFINICIÓN DEL RIESGO.	65
7.2. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS ELÉCTRICOS INDIRECTOS.	65
7.3. SISTEMAS DE PROTECCIÓN CLASE A.	68
7.4. SISTEMAS DE PROTECCIÓN CLASE B.	73
<hr/>	
Capítulo 8	
8. TOMAS DE TIERRA Y CONDUCTORES DE PROTECCIÓN	77
8.1. REALIZACIÓN DE LA TOMA DE TIERRA.	77
8.2. TOMAS DE TIERRA PARA GRÚAS TORRE.	81
<hr/>	
Capítulo 9	
9. RECEPTORES ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN	83
9.1. APARATOS ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN.	83
9.2. HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS PORTÁTILES.	85
9.3. LÁMPARAS ELÉCTRICAS PORTÁTILES.	90
9.4. CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA.	92
9.5. ENSAYOS.	92
<hr/>	
Capítulo 10	
10. APARAMENTA ELÉCTRICA. INTERRUPTORES. INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS. DIFERENCIALES	93
10.1. APARAMENTA ELÉCTRICA.	93
10.1.1. Normas europeas cei 947, en 60947 para aparamenta de baja tensión.	93
10.2. INTERRUPTORES	94
10.2.1. Interruptor-seccionador.	94
10.2.2. Interruptor de seguridad-paro de emergencia.	97
10.3. INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.	97
10.3.1. Las funciones.	98
10.3.2. Relés de protección eléctrica.	100
10.3.3. Sección de conductores y automatismos.	103
10.3.4. Poder de corte.	103
10.3.5. Corrientes de cortocircuito.	103
10.4. INTERRUPTORES DIFERENCIALES.	106
10.4.1. Intensidad de defecto o sensibilidad de los diferenciales.	107
10.4.2. Constitución y modo de funcionamiento.	107
10.4.3. Sensibilidad de interruptores diferenciales.	110
10.4.4. Protección contra contactos indirectos.	110
10.4.5. Protección adicional contra contactos eléctricos directos.	112
10.4.6. Diferenciales a instalar en las obras.	114
10.4.7. Diferenciales especiales	114
10.4.8. Protección de los diferenciales.	118
10.4.9. Protección contra incendios.	118

Capítulo 11

11. FUSIBLES, TOMAS DE CORRIENTE Y CONDUCTORES	121
11.1. FUSIBLES CORTOCIRCUITOS.	121
11.2. TOMAS DE CORRIENTE INDUSTRIALES.	123
11.2.1. Espigas y alvéolos.	125
11.2.2. Grados de protección.	127
11.2.3. Instalación de las tomacorrientes.	127
11.3. CONDUCTORES ELÉCTRICOS.	129
11.3.1. Características del aislamiento.	130
11.3.2. Método cenelec de designación de cables.	133
11.3.3. Comportamiento frente al calor y al fuego.	135

Capítulo 12

12. EQUIPO ELÉCTRICO DE LAS MÁQUINAS INDUSTRIALES	137
12.1. LA SEGURIDAD DE LAS MÁQUINAS. DIRECTIVAS.	137
12.2. CIRCUITOS QUE COMPONEN EL EQUIPO ELÉCTRICO DE UNA MÁQUINA	138
12.3. SECCIONAMIENTO DE LA ALIMENTACIÓN.	140
12.4. DISPOSITIVO DE PARADA.	140
12.5. CONTACTORES DE POTENCIA.	143
12.6. CIRCUITO DE MANDO.	143
12.6.1. Diseño adecuado del circuito de mando.	144
12.7. ÓRGANOS DE MANDO.	145
12.8. CONDUCTORES ELÉCTRICOS Y BORNAS.	150
12.9. SISTEMAS DE SEGURIDAD.	151
12.9.1. Técnicas de seguridad.	151
12.9.2. Coordinación eléctrica.	151
12.9.3. Categorías de los sistemas de control.	151

Capítulo 13

13. TRABAJOS EN INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN	155
13.1. TRABAJOS EN AUSENCIA DE TENSIÓN.	155
13.1.1. Reglamentación R.D. 614/2001.	156
13.1.2. Reposición de fusibles.	165
13.1.3. Trabajos en instalaciones con condensadores.	167
13.1.4. Trabajos en transformadores.	169
13.1.5. Resumen de los trabajos sin tensión.	171
13.2. TRABAJOS EN TENSIÓN.	171
13.2.1. Normas de seguridad.	171
13.2.2. Arcos eléctricos accidentales.	173
13.2.3. Métodos de trabajo.	174
13.2.4. Formación del Personal.	175
13.2.5. Instrucción general para trabajos en tensión.	175
13.2.6. Realización de los trabajos.	175
13.2.7. Material y herramientas para trabajos en tensión.	176
13.3. REPOSICIÓN DE FUSIBLES CON TENSIÓN.	178
13.4. MANIOBRAS, MEDIONES, ENSAYOS Y VERIFICACIONES.	180
13.4.1. Disposiciones generales.	180

13.4.2. Maniobras y desconexiones.	180
13.4.3. Mediciones y verificaciones.	184
13.5. TRABAJOS EN PROXIMIDAD.	187
13.5.1. Preparación para el trabajo.	187
13.4.2. Realización de los trabajos.	189
13.6. SEÑALIZACIÓN.	190
13.7. DEFINICIONES.	191

Capítulo 14

14. TRABAJOS NO ELÉCTRICOS EN PROXIMIDADES DE LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS Y SUBTERRÁNEAS	193
14.1. INTRODUCCION.	193
14.2. TIPOS DE CONTACTOS ELÉCTRICOS.	193
14.3. MEDIDAS DE ORGANIZACIÓN.	194
14.4. MEDIDAS DE SEGURIDAD FRENTE A LOS CONTACTOS ELÉCTRICOS DIRECTOS.	194
14.5. PROTECCIÓN DE LA LÍNEA.	194
14.5.1. Descargo de la línea.	194
14.5.2. Aislamiento de los conductores de la línea.	194
14.6. RECUBRIMIENTOS AISLANTES.	196
14.7. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.	196
14.7.1. Baja Tensión.	196
14.7.2. Alta Tensión.	196
14.7.3. Grúas-torre para obras.	196
14.7.4. Edificaciones o construcciones.	197
14.8. MÉTODO PARA VALORAR EL RIESGO DE CONTACTO.	197
14.8.1. Zona de prohibición de la línea eléctrica aérea.	198
14.8.2. Zona de alcance del elemento de altura.	198
14.8.3. Valoración de la posibilidad de contacto.	198
14.9. IMPLANTACIÓN DE OBSTÁCULOS.	199
14.10. DISPOSITIVOS COMPLEMENTARIOS.	199
14.10.1. Dispositivos de seguridad.	199
14.10.2. Dispositivos de señalización.	200
14.10.3. Dispositivos de balizamiento y advertencia.	200
14.10.4. Elementos aislantes.	201
14.11. MÉTODOS DE TRABAJO Y MEDIDAS DE INFORMACIÓN.	201
14.11.1. Realización previa de un Proyecto de Seguridad.	201
14.11.2. Requerimiento a la compañía propietaria de la línea.	202
14.11.3. Supervisión o vigilancia.	202
14.11.4. Información a los operarios.	202
14.12. TRABAJO DE EXCAVACIÓN EN PROXIMIDAD DE LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS.	202

Capítulo 15	
15. PROTECCIÓN PERSONAL	205
15.1. NORMAS EUROPEAS SOBRE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.	205
15.1.1. Directivas CEE para los Equipos de Protección Individual.	205
15.1.2. Categorías de los EPI's.	206
15.1.3. Exigencias esenciales de sanidad y seguridad en todos los EPI's.	207
15.1.4. Procedimiento de certificación.	207
15.1.5. Sistema "CE" de control de calidad	209
15.1.6. Declaración "CE" de conformidad del producto.	209
15.2. ROPA DE TRABAJO Y GUANTES.	209
15.2.1. Ropa de protección térmica.	209
15.2.2. Guantes de protección térmica.	212
15.3. PROTECCIÓN OCULAR.	213
15.4. PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS.	214
15.5. CALZADO DE PROTECCIÓN.	216
15.5.1. Calzado de seguridad y protección.	217
15.5.2. Calzado aislante de la electricidad para trabajo en tensión (UNE-EN 50321:1999).	218
15.6. PROTECCIÓN DE LA CABEZA.	220
15.7. HERRAMIENTAS.	220

Capítulo 16	
16. VIGILANCIA, MANTENIMIENTO Y VERIFICACIÓN	223
16.1. VIGILANCIA.	223
16.2. MANTENIMIENTO.	223
16.2.1. Electricistas.	223
16.3. VERIFICACIÓN.	224
16.3.1. Condiciones de la verificación.	225
16.4. CONCLUSIONES.	232

Capítulo 17	
17. PRIMEROS AUXILIOS	233
17.1. CARACTERÍSTICAS.	233
17.1.1. Organización.	233
17.1.2. Actuaciones.	234
17.2. REANIMACIÓN.	234
17.2.1. Shock eléctrico.	234
17.2.2. Paro respiratorio.	234
17.2.3. Paro circulatorio.	235
17.2.4. Quemaduras.	235
17.3. TRANSPORTE DEL ACCIDENTADO.	236
17.4. CONCLUSIÓN.	237
17.5. GRADOS DE LAS QUEMADURAS.	238

Capítulo 18

18. ANEXOS	239
18.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS.	239
18.1.1. Defectos y su clasificación.	239
18.1.2. Clasificación de las Instalaciones.	240
18.2. CONDICIONES NORMALES DE EMPLEO PARA APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (normas IEC 947-1, En 60947-1).	241
18.3. PRINCIPALES MARCAS MUNDIALES DE CERTIFICACIÓN DE MATERIAL ELÉCTRICO.	242
18.4. SELECCIÓN DE SÍMBOLOS (Norma UNE - EN 60617).	243
18.5. TIPOS DE TRANSFORMADORES SEGÚN SU AISLAMIENTO.	245
18.6. REVISIÓN DE LAS INSTALACIONES.	247
18.7. ALUMBRADOS DE EMERGENCIA.	248
18.8. PROTECCIÓN DIFERENCIAL ESPECIAL.	249
18.9. CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS Y PESOS.	250
18.10. REAL DECRETO 614/2001, DE 8 DE JUNIO, SOBRE DISPOSICIONES MÍNIMAS PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES FRENTE AL RIESGO ELÉCTRICO.	251

1. Normativa

1.1. LA DIRECTIVA MARCO Y LA LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.

A raíz de la entrada en vigor del Acta Única, por la que se modifican los Tratados Constitutivos de la Comunidad Europea, La seguridad y salud en el trabajo pasa a ser un tema prioritario como consecuencia de las nuevas disposiciones relativas a la política social.

La directiva “marco” 89/391/CEE y la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales, exigen que se adopten las medidas de seguridad necesarias con arreglo a los principios generales de prevención.

Se define la **Prevención** como el “conjunto de disposiciones o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de la actividad de la empresa, con el fin de **evitar o disminuir** los riesgos profesionales.

Tales principios generales de prevención promueven la actuación preventiva desde la misma concepción del proceso productivo. Los riesgos fundamentalmente deben ser **evitados** y en el caso de ser posible, serán combatidos en su origen. Se adaptará el trabajo a la persona. Se sustituirá lo peligroso por lo que no sea o entrañe un menor riesgo. Se planificará la prevención persiguiendo su integración en todos los niveles de actividad teniendo en cuenta todos los aspectos en un conjunto coherente, desde los técnicos y organizativos hasta los concernientes a las relaciones sociales. En todo caso se antepondrán las medidas de protección colectiva a las de protección individual; los trabajadores recibirán las debidas instrucciones y se procurará progresar hacia mayores niveles de seguridad y salud, teniendo en cuenta, en particular, la **evolución de la técnica**.

Principios generales de Prevención.

La cultura de la prevención se fundamenta, desde el punto de vista de la actitud, en la responsabilidad, la participación y la universalidad, y desde el punto de vista de la gestión, en la evaluación de riesgos, el plan de prevención y las Auditorías de Seguridad.



1.2. RIESGO ELÉCTRICO.

El Real Decreto 614/2001, de 8 de junio (BOE nº 148), trata sobre las disposiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. En este R.D., se fijan las distancias de peligro y proximidad en los lugares de trabajo.

1.3. REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN.

Se recogen en este manual las Instrucciones Técnicas Reglamentarias para las instalaciones eléctricas del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.D. 842/2002).

1.4. OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.

El Real Decreto de 1267/1997 de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, procede de la transposición del Derecho Español de una Directiva Europea y condiciona las "Instalaciones de suministro y reparto de energía eléctrica".

1.5. EQUIPOS DE TRABAJO.

El real decreto de 1215/1997, de 18 de julio, establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, entendiendo como tal "cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizada en el trabajo".

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos, contra el riesgo de contacto directo o indirecto con la electricidad.

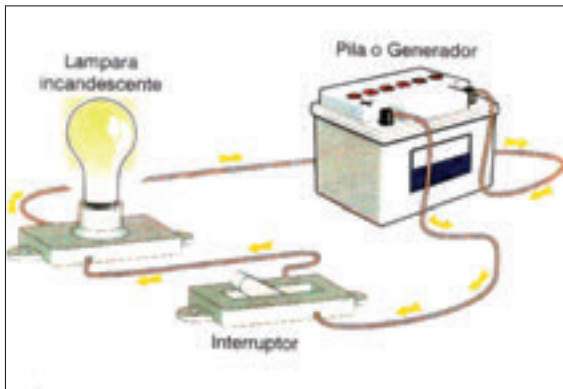
2. Fundamentos de la Electricidad

2.1. CIRCUITO ELÉCTRICO.

Se denomina así a un conjunto de generadores y receptores que están unidos eléctricamente entre sí. Es decir, entendemos por circuito eléctrico el camino a través del cual se trasladan las cargas eléctricas, buscando la alimentación eléctrica de los receptores conectados por medio de los conductores eléctricos.

Circuito eléctrico es un conjunto de elementos (fuente, conductor y receptor) que permiten la existencia de un recorrido por el que la corriente llegará al punto al que sea requerido.

ELEMENTOS QUE COMPONEN UN CIRCUITO ELÉCTRICO

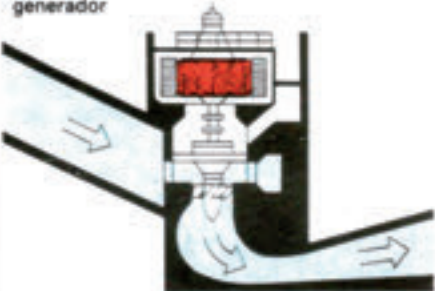
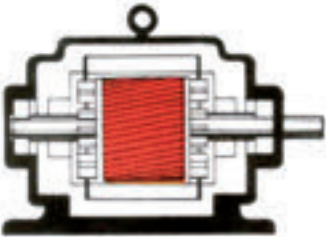
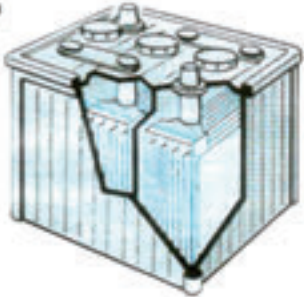





FUENTE DE ELECTRICIDAD: Capaz de generar electrones, como puede ser una pila, una batería, un grupo electrógeno, etc.

CONDUCTOR: por donde puedan circular los electrones en forma de corriente eléctrica.

UN RECEPTOR: de la corriente eléctrica, capaz de transformar esta energía en luz, calor, movimiento, etc.

Por lo tanto, la energía eléctrica generada por los distintos métodos (energía hidráulica, nuclear, eólica, fotovoltaica, etc.), llega a los distintos receptores eléctricos para convertirla en todas las fuentes de energía como (energía mecánica, térmica, luminosa, etc.; a través de circuitos eléctricos.

Distintas FUENTES DE ALIMENTACIÓN que convierten diferentes formas de energía en electricidad	Distintos APARATOS ELÉCTRICOS , que transforman la corriente eléctrica en distintas formas de energía
<p>generador</p>  <p>ENERGÍA MECÁNICA / ELECTRICIDAD</p>	<p>motor eléctrico</p>  <p>ENERGÍA ELÉCTRICA / MECÁNICA</p>
<p>batería</p>  <p>ENERGÍA QUÍMICA / ELECTRICIDAD</p>	<p>electrólisis</p>  <p>ELECTRICIDAD / ENERGÍA QUÍMICA</p>
<p>lámparas</p>  <p>LUZ / ELECTRICIDAD</p>	<p>aparatos calefactores</p>  <p>ELECTRICIDAD / CALOR</p>

2.2. MAGNITUDES ELÉCTRICAS FUNDAMENTALES.

A continuación vamos a estudiar las principales magnitudes eléctricas que existen en un circuito.

Como magnitudes fundamentales debemos entender las siguientes:

- La tensión, voltaje o diferencia de potencial.
- La resistencia eléctrica.
- La intensidad de la corriente eléctrica.
- La potencia eléctrica.

a) Corriente eléctrica.

La corriente eléctrica es el paso de cargas eléctricas a través de un conductor.

Unidad de intensidad de corriente eléctrica:

La unidad de Intensidad de corriente eléctrica es el **Amperio**.

Se representa: (I) (mA= 0,001 A=1/1.000)

La unidad de carga es el Culombio. Lo más lógico sería considerar como unidad de carga eléctrica la de un electrón, pero debida a lo pequeña que es resulta más cómodo utilizar una unidad mayor. En el sistema internacional, como unidad de carga se adopta la de un conjunto formado por: $6,3 \times 10$ electrones.

A este conjunto de electrones en la unidad de tiempo, se le denomine Amperio $I=Q/t$.

Un conductor sometido a una intensidad de corriente eléctrica de 1 AMPERIO, es aquel que transporta la cantidad de electrones ($6,3 \times 10$ e) cada segundo de tiempo.

La intensidad de corriente (I) se corresponde con el número de cargas eléctricas que atraviesan una sección del conductor en un segundo.

b) Diferencia de potencial



Batería Eléctrica.

Lo mismo que en el caso anterior, para conseguir que la corriente eléctrica circule entre dos puntos de un circuito, es necesario que exista entre ellos una “diferencia de presión electrónica” denominada Diferencia de Potencial, Tensión o Voltaje.

Sabemos que la corriente eléctrica es el desplazamiento ordenado de electrones en el seno de los conductores, pues bien, la causa que produce la circulación de ésta corriente eléctrica es lo que se denomina Tensión o Diferencia de Potencial (ddp).

En una pila voltaica existen dos polos distintos (ELECTRODOS) los cuales contienen grandes cantidades de electrones tal que el electrodo negativo se carga a una “presión electrónica” mayor que el electrodo positivo, esta diferencia de “presión electrónica” es la fuerza electromotriz (ddp) que produce el flujo de electrones desde el polo de mayor potencial (POLO NEGATIVO) al de menor potencial (POLO POSITIVO) a través del circuito exterior de conexión. (Figura 1).

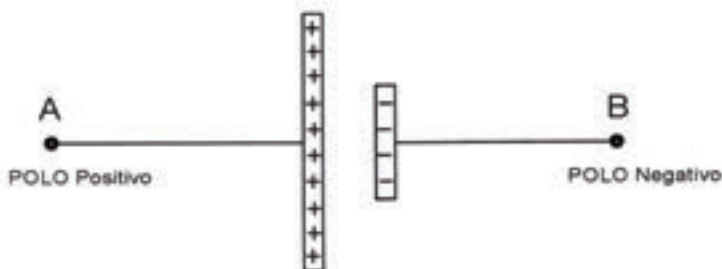


Figura. 1. Pila voltaica.

Como sentido convencional de la corriente eléctrica, se adopta el movimiento de las cargas desde el polo negativo del generador al polo positivo del mismo por el circuito exterior. (Figura. 2).

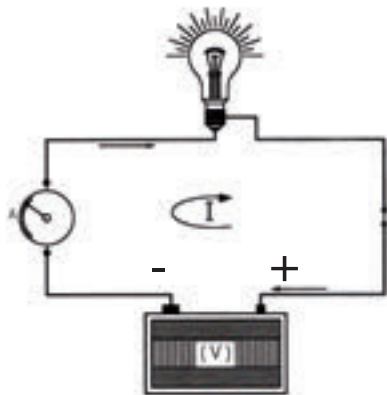


Figura 2. Tensión eléctrica y sentido de la corriente eléctrica

Unidad de Diferencia de Potencial

La unidad de Diferencia de Potencial, Voltaje o Tensión, es el Voltio.

Se representa: V (1kV=1.000 V)

En la corriente eléctrica, el responsable de la circulación de las cargas en un circuito es la diferencia de potencial (V) entre dos puntos, cuya unidad de medida es el Voltio.



c) Resistencia Eléctrica

Se entiende como resistencia eléctrica la que presenta un conductor al paso de la corriente eléctrica, esto es, nos indica la mayor o menor dificultad (oposición) que encuentran las cargas al circular por un conductor.

Este valor de resistencia es propio de cada material, como se representa en la tabla siguiente:

Material	Valor de la resistencia	Conclusión
COBRE	0.0178	Resistencia baja, buen conductor de la electricidad
ALUMINIO	0.0280	Mayor resistencia, peor conductor que el cobre
HIERRO	0.120	Resistencia alta, peor conductor que el aluminio y el cobre

Valor de resistividad en varios metales a 20°C

Unidad de resistencia eléctrica:

La unidad de resistencia eléctrica es el Ohmio.
Se representa: (Ω)

Valor de la Resistencia: $R = \rho \frac{L}{S} = \text{resistividad} \frac{\text{longitud (m)}}{\text{sección (mm}^2\text{)}}$

2.3. TIPOS DE CORRIENTE.

a) Intensidad y Tensión continua.

Debemos entender por corriente continua aquella que se realiza siempre en el mismo sentido, que va desde el polo positivo al polo negativo a través del circuito exterior. Convencionalmente, en corriente continua el valor de intensidad permanece constante en el tiempo.

Este tipo de corriente la obtenemos a través de:

Acumuladores, tales como pilas, baterías, etc.

Los Dinamos.

Mediante rectificación de la corriente alterna.

La corriente continua se designa con las letras (DC) y con el símbolo (---), siendo su representación gráfica la que se muestra en la (Figura 3).

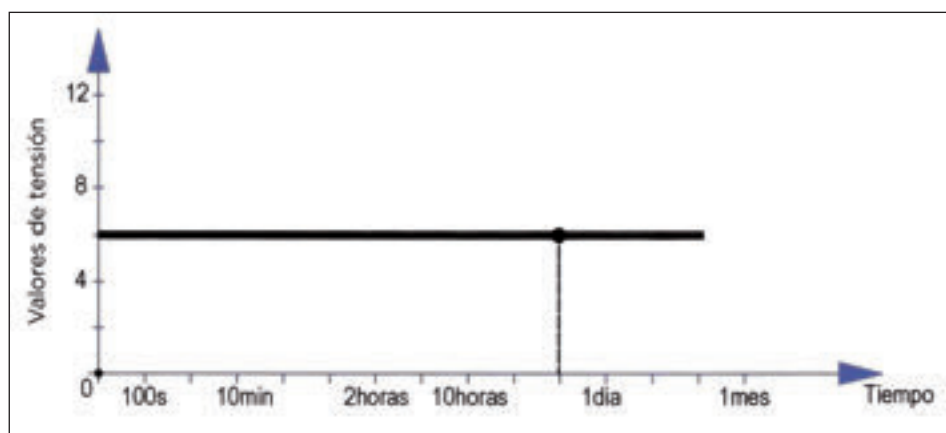


Figura. 3 Representación gráfica de la corriente continua.

La corriente continua se representa como DC y se mantiene en el tiempo el valor de la intensidad de corriente.

b) Intensidad y Tensión alterna.

La corriente ALTERNA, de naturaleza totalmente distinta, es aquella que cambia de valor continuamente, y a intervalos regulares de tiempo cambia de sentido. Es decir, en fracciones de tiempo periódicas (que se repiten constantemente), cambia de polaridad. Su representación se refleja en la (Figura 4).

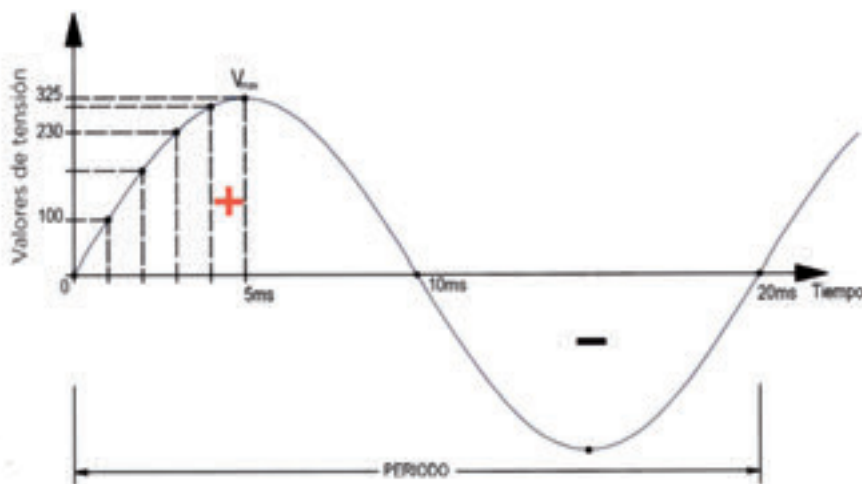


Figura. 4. Representación gráfica de la corriente alterna.

OBSERVACIONES:

Los valores de la tensión cambian con el tiempo, creciendo desde 0 hasta un valor máximo; a continuación, disminuye hasta anularse de nuevo; vuelve a aumentar hasta alcanzar de nuevo el valor máximo (ahora de signo negativo); y, por último, disminuye, hasta anularse nuevamente. De esta forma la curva se ha completado lo que denomina como un CICLO completo; y al tiempo invertido en completarse recibe el nombre de PERIODO.

Se pasa de lo POSITIVO de la curva (representada en la parte superior) a lo NEGATIVO (parte inferior), lo que produce un cambio de polaridad, de positivo a negativo y viceversa, es decir, alternando el sentido direccional de las cargas eléctricas.

Los polímetros se regularán a la tensión alterna o continua (Figura.5)

Figura. 5 . Polímetro para continua y alterna.



La corriente alterna se representa como AC y cambia en el tiempo el valor de la intensidad de la corriente.

c) Parámetros de la corriente alterna

- a) PERIODO. Se denomina periodo al tiempo que tarda en realizarse un CICLO completo.
- b) FRECUENCIA. Será el nº de ciclos realizados en la unidad de tiempo, que como sabemos, en el Sistema Internacional es el segundo.

La unidad de frecuencia es el Hertzio que se representa por (Hz) y que corresponde a un ciclo cada segundo.

En la Comunidad Europea, la electricidad se genera a 50 Hz. Esto quiere decir que en un segundo ocurren 50 ciclos y, por tanto, la corriente cambia de sentido 100 veces (2 veces cada ciclo)

- c) VALOR EFICAZ DE LA CORRIENTE. Como hemos visto, los valores de la corriente varían entre un valor máximo y el valor cero. De esta forma, si tuviésemos que tomar un valor medio capaz de producir los mismos efectos que su análogo en corriente continua, éste sería el valor eficaz.

En España los **valores eficaces de corriente alterna** son: 230 V y 400 V (50 Hz).

La corriente alterna tiene la forma de una onda que se repite a lo largo del tiempo, y se caracteriza por su amplitud, periodo y /o frecuencia.

CORRIENTE CONTINUA	CORRIENTE ALTERNA
<ul style="list-style-type: none">● Se transporta mal a distancia siendo caro el sistema.● Efectos caloríficos o térmicos igual que la alterna.● Los receptores son caros.● Los motores y generadores llevan escobillas.	<ul style="list-style-type: none">● Se transforma muy bien.● Los receptores son baratos y de poco mantenimiento.● Los motores no llevan escobillas.

2.4. LA LEY DE OHM.

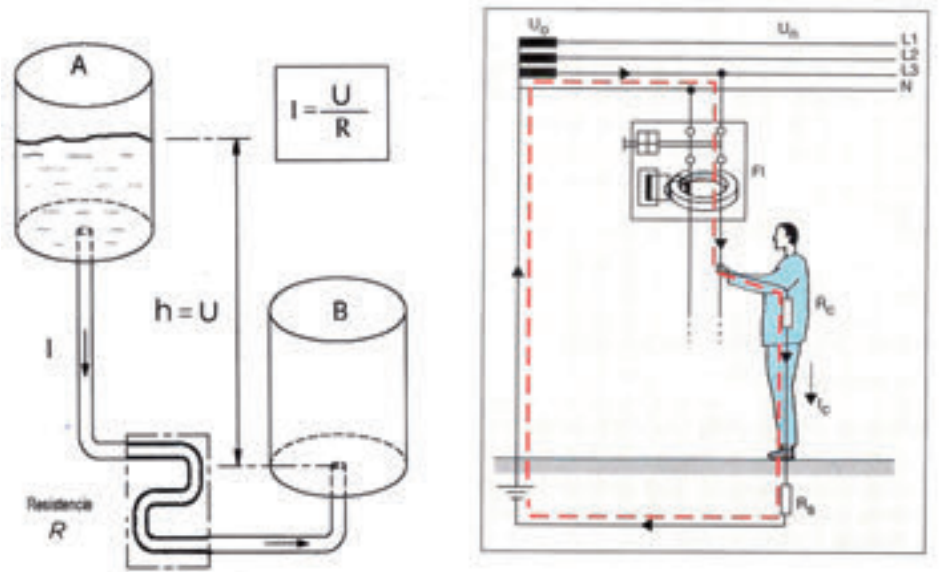
La ley de Ohm nos expresa la relación que existe entre las tres magnitudes eléctricas fundamentales de tensión, intensidad y resistencia, como sigue:

“En un circuito eléctrico la intensidad de corriente que lo recorre es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia que presenta éste”

La fórmula que la relaciona es la siguiente:

FÓRMULA	NOTACIONES
$I = \frac{U}{R}$	$I \rightarrow$ Intensidad de corriente en amperios
	$U \rightarrow$ Tensión o d.d.p. en voltios
	$R \rightarrow$ Resistencia en ohmios

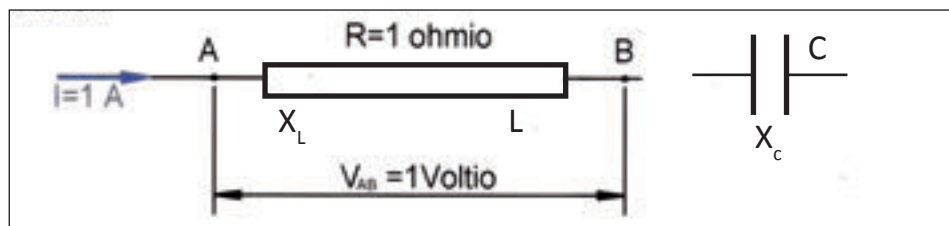
A partir del enunciado y expresión anterior, seremos capaces de establecer una relación entre la **intensidad** de corriente que circula por un circuito y que mediremos en **amperios**, la diferencia de potencial o **tensión** aplicada debe expresarse en voltios, y la **resistencia** que ofrece el mismo paso de la corriente y que mediremos en **ohmios**.



EXPRESIONES DE LA LEY DE OHM		
<p>Dada en función de la Tensión y de la Resistencia</p> $I = \frac{U}{R}$ <p>Es la que nos solemos encontrar por definición. Nos permite calcular la INTENSIDAD, conocida la Tensión y la Resistencia.</p>	<p>Dada en función de la Intensidad y de la Resistencia</p> $U = I \times R$ <p>Nos permite calcular la TENSIÓN, conocida la Intensidad y la Resistencia.</p>	<p>Dada en función de la Tensión y de la Intensidad</p> $R = \frac{U}{I}$ <p>Nos permite calcular la RESISTENCIA, conocida la Tensión y la Intensidad.</p> $R = \rho \frac{L (m.)}{S (mm^2.)}$

Equivalencia en Alterna

Dada las expresiones anteriores podemos establecer la relación existente entre las distintas unidades eléctricas, como se definen a continuación:



Resistencia de una bobina (Reactancia inductiva) (Ω). X_L ; L = Autoinducción Henrios

Resistencia de un condensador (Reactancia capacitativa) (Ω) ; C = Capacidad

Impedancia total en Ohmios = $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$

Ley de Ohm en Alterna: $I = \frac{U}{R}$

Bobina: $I = \frac{U}{X_L} = \frac{U}{2 \times 3,14 \times f \times L} ; f = 50 \text{ Hz}$

Condensador: $I = \frac{U}{X_c} = \frac{U}{\frac{1}{2 \times 3,14 \times f \times C}}$

Impedancia: $I = \frac{U}{Z}$

2.5. POTENCIA ELÉCTRICA.

La POTENCIA es la magnitud que relaciona el Trabajo desarrollado por una máquina con el tiempo invertido en realizarlo, es decir:

Potencia = $\frac{\text{Trabajo}}{\text{Tiempo}}$

$P = U \times I$ en Watios

Fórmula general	Notaciones
$P = I \times U$	P = Potencia, expresadamen watios U = Tensión, voltaje o d.d.p., expresado en voltios I = Intensidad, expresada en amperios

La fórmula anterior nos expresa la potencia de cualquier receptor eléctrico que consume corriente continua, indicándonos la energía que toma de la red transformándola en trabajo.

La potencia eléctrica de un circuito eléctrico se mide en watios o en kilowatios y la expresión matemática es $P= I \times U$.

En corriente alterna aparece una potencia aparente: $S = \sqrt{P. activa^2 + P. activa^2}$

en $V.A.; S= V \times I$

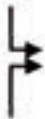

Potencia Eléctrica y Mecánica

UNIDADES FUNDAMENTALES	WATIO	w	EQUIVALENCIA	
			Watio	CV
UNIDADES DERIVADAS	Caballo de vapor	CV	736	1
	Kilowatio	kW	1000	1,36
	Kilovoltio amperio	kVA	1000 VA	-

2.6. RESUMEN DE UNIDADES ELÉCTRICAS.

RESUMEN FINAL DE MAGNITUDES Y UNIDADES ELÉCTRICAS				
MAGNITUD	Representación	Unidad	Representación Unidad	Fórmula
Fuerza Electromotriz	f.e.m.	Voltio	V	$V = I \times R$
Diferencia de potencial, tensión o voltaje	ddp ó V	Voltio	V	
Resistencia eléctrica	R	Ohmio	Ω	$R = \frac{V}{I}$
Intensidad de corriente	I	Amperio	A	$I = \frac{V}{R}$
Densidad de corriente	d	$\frac{\text{Amperio}}{\text{mm}^2}$	$\frac{A}{\text{mm}^2}$	$d = \frac{I}{S}$
Potencia eléctrica	P	Watio	W	<div> $P = I \times V$ </div> <div> Aplicando la Ley de Ohm $P = \frac{V^2}{R}$ $P = R \times I^2$ </div>
Energía eléctrica	E	Watio x segundo kilowatio x hora	W.s Kwh	$E = P \times t$



Concepto		Corriente continua	Corriente alterna monofásica	Corriente alterna trifásica
Intensidad	I	$I = \frac{U}{R} = \frac{P}{U}$	$I = \frac{U}{Z} = \frac{S}{U}$	$I = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_L}$
	I_a	—	$I_a = I \cdot \cos \varphi$	$I_a = I \cdot \cos \varphi$
	I_r	—	$I_r = I \cdot \sin \varphi$	$I_r = I \cdot \sin \varphi$
Tensión	U	$U = I \cdot R = \frac{P}{I}$	$U = I \cdot Z = \frac{S}{I}$	$U_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \varphi} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot I}$
Resistencia	R	$R = \frac{U}{I}$ $R = \rho \cdot \frac{l}{s}$	$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$  $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ $X = 2 \pi f L$	$X_L = 2 \pi f L$  $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ $X = X_L - X_C$ $X_C = \frac{1}{2 \pi f L}$
Potencia	P	$P = U \cdot I$ $P = I^2 \cdot R$	$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$	$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I \cdot \cos \varphi$
	Q		$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$	$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I \cdot \sin \varphi$
	S		$S = U \cdot I$	$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Designaciones:	I = intensidad (A)	ρ = resistividad
	I_a = intensidad activa (A)	R = resistencia (Ω)
	I_r = intensidad reactiva (A)	X = reactancia (Ω)
	U_L = tensión entre fases (V)	φ = ángulo tensión-intensidad
		f = frecuencia (Hz)
		L = Autoinducción
		Z = Impedancia
		l = Longitud (m)
		s = sección del conductor (mm ²)
		P = potencia activa (W)
		Q = potencia reactiva (VAR)
		S = potencia aparente (VA)

2.7. APARATOS DE MEDIDA.

Debido a que cada aparato eléctrico puede tener valores de tensiones, intensidad y resistencias diferentes, es necesario poder determinar los valores de distintas magnitudes. Teóricamente, como sabemos, es posible calcular estos valores sin más que aplicar las fórmulas que conocemos. El problema se representa cuando queremos determinar estos valores de forma práctica. Para este defecto, existen ciertas instrumentos o aparatos de medida que nos indican de una manera visible los valores de las mismas.

MAGNITUD A DETERMINAR	APARATO DE MEDIDA	UNIDADES DE MEDICIÓN
TENSIÓN, VOLTAJE O DIFERENCIA DE POTENCIA	VOLTÍMETRO	Voltios (V)
INTENSIDAD	AMPERÍMETRO	Amperios (A)
RESISTENCIA	ÓHMETRO	Ohmio (Ω)

Atendiendo a la magnitud que queramos determinar utilizaremos los aparatos de medida que describimos en la siguiente tabla:

Actualmente es posible reunir a todos ellos formando un solo aparato que contiene a los demás y que será capaz de reunir todas la características comunes y particulares de cada uno de ellos. Este aparato se denomina técnicamente como POLÍMETRO, aunque se recibe también el nombre de TESTER, nombre que procede de la palabra inglesa test (prueba o ensayo). *Figura. 6.*



Figura. 6. Equipos de medida. El bloqueo automático de bornas (ABS) impide la corrección errónea.

2.8. DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.

El suministro eléctrico en corriente alterna de 50 Hz, viene de líneas de A.T. (20 Kv). (Figura. 7) trifásicas y se rebaja la tensión a través de Transformadores Trifásicos con neutro (Figura. 8). La Baja Tensión se puede también obtener a través de Grupos Eléctrogenos con generador eléctrico trifásico con neutro. (Figura. 9)

Suministro eléctrico:

a) Suministro MONOFÁSICO= 1 FASE + NEUTRO.

b) Suministro TRIFÁSICO= 3 FASES.

- En el caso de corriente monofásica, el suministro dispondrá de dos conductores, uno de Fase y otro Neutro.
- En el caso de corriente trifásica, nos encontramos con dos tipos de suministros distintos, diferenciándose uno del otro en que a las tres fases anteriores le acompañe el conductor Neutro o no, es decir:
 - Suministro TRIFÁSICO 3 Hilos= 3 FASES (L1, L2 Y L3)
 - Suministro TRIFÁSICO 4 Hilos= 3 FASES + NEUTRO

Hay que señalar que en realidad en todos los tipos de suministros tendremos que añadir un conductor más que es el conductor de protección (color verde amarillo).

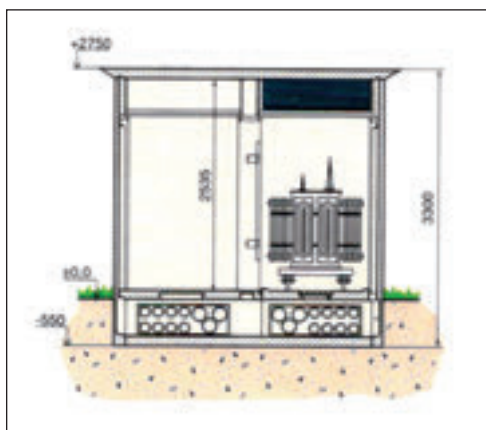
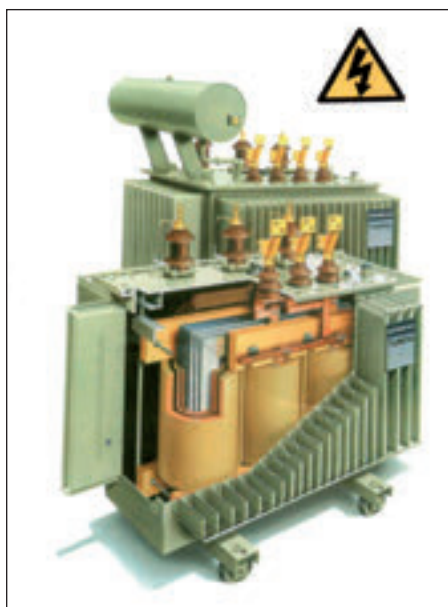
Las características de suministro de corriente las resumimos en la Figura 10 y la representación de suministro trifásico la podemos observar con las tensiones de distribución en B.T.

TIPOS DE SUMINISTROS

MONOFÁSICO		Dos conductores formado por una Fase y el Neutro
TRIFÁSICO	Sistema 3 Hilos	Tres conductores formado por las tres Fases
	Sistema 4 Hilos	Cuatro conductores formado por las tres Fases y el Neutro



Figura. 7. Línea Aérea de Media Tensión 20 kV



Centro de transformación.

*Transformador 20 kV salida
en B.T. 400/230 V.*

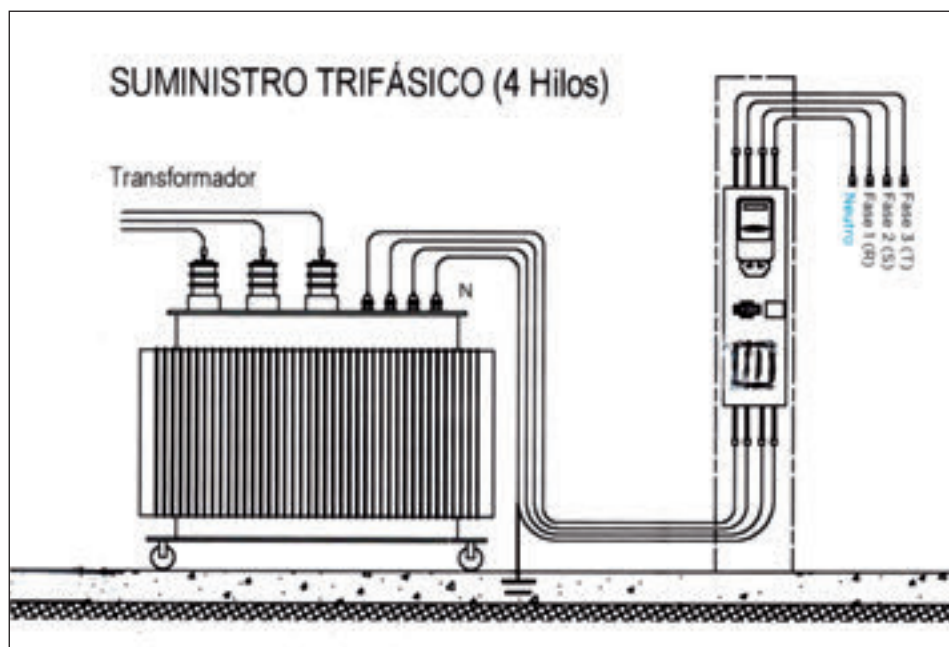


Figura. 8. Representación de suministro trifásico en corriente alterna

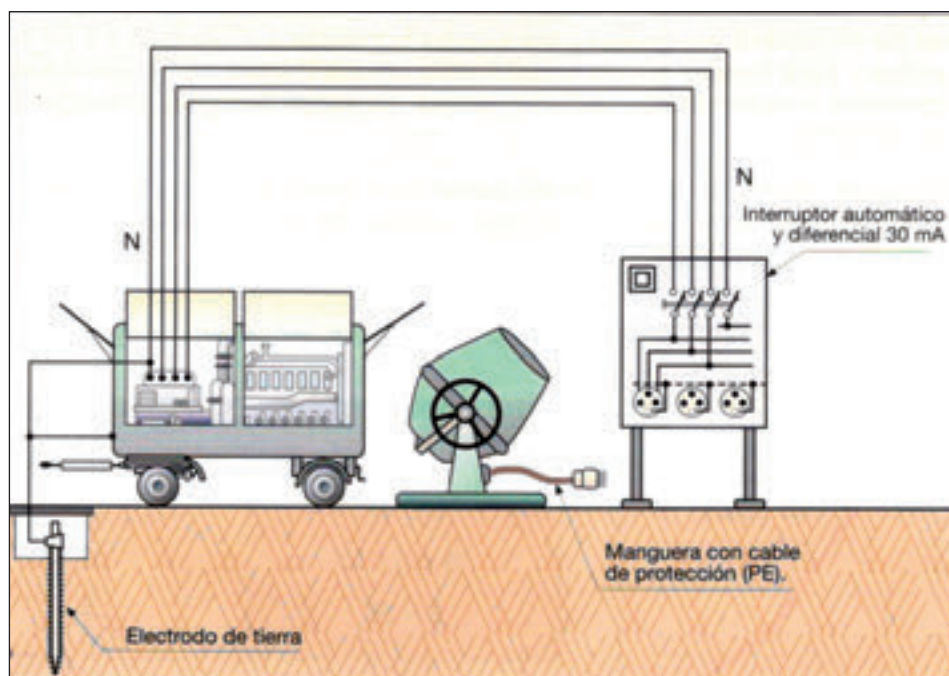


Figura. 9. Suministro eléctrico con Grupo Eléctrico.

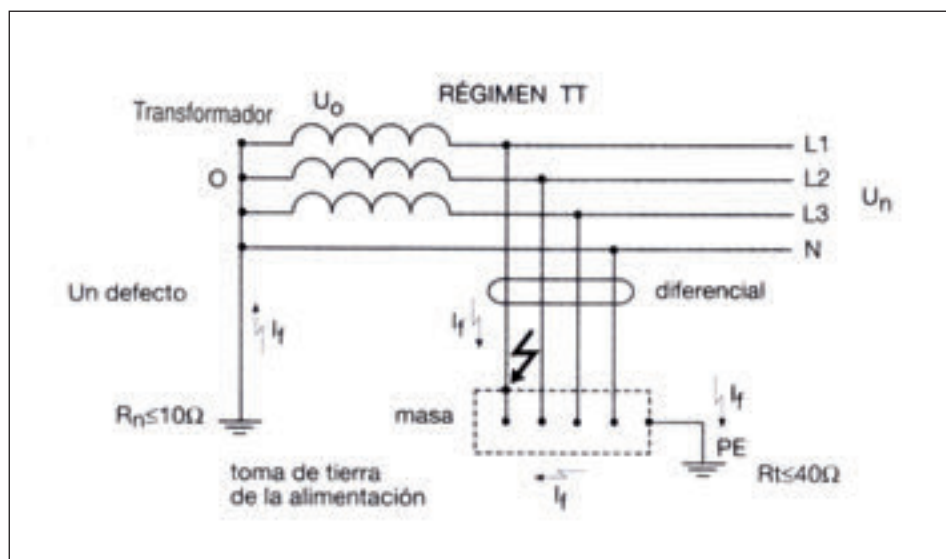


Figura. 10 Suministro eléctrico trifásico más neutro

$U_{\text{EntreFases}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{Fase-Neutro}}$	Siendo $U_n = \sqrt{3} \cdot U_0$
---	-----------------------------------



Alimentación trifásica más C.P. a motor.

3. Medidas de seguridad contra riesgos eléctricos

Primeramente significaremos que la seguridad absoluta contra riesgos eléctricos no existe. Sin embargo, es necesario minimizar sus efectos, tratando de corregir las causas originadoras de fallos, para obtener, con un concepto estadístico, el mayor margen razonablemente posible de seguridad.

Las medidas de seguridad contra riesgos eléctricos pueden clasificarse en:

Medidas informativas.

Medidas de protección.

3.1. MEDIDAS INFORMATIVAS.

Se llaman medidas informativas aquellas que, de algún modo, hacen conocer la existencia de riesgo, como:

Instrucción del personal.- Toda persona que realice trabajos eléctricos deberá ser especializada y conocerá perfectamente los peligros que entraña su manejo y forma de evitarlos.

Normas de seguridad.- Aparte de las de carácter general como son la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo y los Reglamentos Electrotécnicos, deben existir otras de carácter específico para cada tipo de industria o de obra, que complementen, en cada caso, las señaladas.

3.2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN.

Son aquellas cuyo objeto es proteger al individuo de los riesgos eléctricos. Se pueden dividir en:

Medidas de protección incorporadas a la instalación.

Medios de protección personal.

Los equipos e instalaciones deberán ser proyectados de forma que el riesgo de shock eléctrico en uso normal o en condiciones de primer fallo, sea lo menos probable posible.

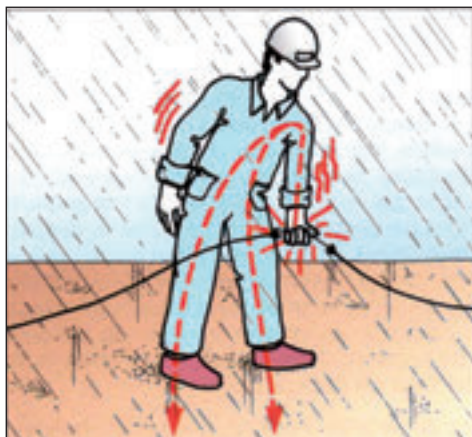


Figura 1. Contacto eléctrico directo.
Paso de la corriente a través del cuerpo.

a) Contactos eléctricos directos.

Por contacto directo se entiende la puesta en contacto de una parte del cuerpo del trabajador o usuario y una pieza o elemento conductor habitualmente bajo tensión eléctrica (parte activa), bien porque esta parte activa es accesible o por posibles fallos de aislamiento (Figura. 1). Las medidas de seguridad contra este tipo de contacto se reflejan en el R.E.

b) Contactos eléctricos indirectos.

Se entiende por contacto indirecto el contacto entre una parte del cuerpo de un trabajador y las masas puestas accidentalmente bajo tensión como consecuencia de un defecto de aislamiento (figura 2).

Se denomina **masa** a las partes o piezas metálicas accesibles del equipo eléctrico, que normalmente no están bajo tensión, pero que pueden estarlo si se produce un defecto de aislamiento. Por extensión, los elementos o conductores directamente conectados a estos equipos eléctricos son igualmente considerados **masas**.

Bajo ciertas condiciones de peligro aparece cuando el trabajador toca el aparato o equipo eléctrico defectuoso; entonces puede verse sometido a una diferencia de potencial establecida entre la masa y el suelo, entre la masa y un elemento conductor y entre la masa y otra, con lo que la corriente eléctrica circulará por su cuerpo.

En este caso deben restringirse los voltajes corrientes que circulan entre partes que puedan ser tocadas por el operario o usuario, y tierra. Estos voltajes a considerar son los que pueden aparecer durante el uso o primer fallo de los equipos eléctricos. Las medidas de seguridad contra contactos indirectos se exponen en el capítulo 4.

c) Arco eléctrico.

Se produce generalmente por un cortocircuito o defecto franco con partes activas de la instalación, ya sea por contacto accidental o por fallo de aislamiento, entre fases o entre fase-neutro, fase-masa o fase-conductor de protección.

El cortocircuito se puede definir como una conexión accidental de impedancia o resistencia despreciable entre dos puntos a distinto potencial eléctrico (figura 3).

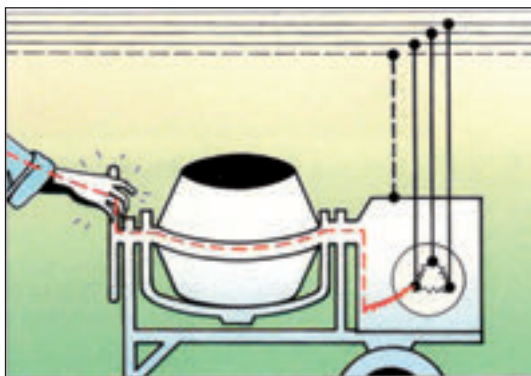


Figura 2- Contacto indirecto. La puesta en tensión de la masa del motor conlleva la puesta en tensión del conjunto de las partes metálicas del equipo.

Debido a la corriente elevada del cortocircuito se introduce el efecto termoeléctrico y el arco eléctrico.

El arco eléctrico produce elevados efectos térmicos, radiaciones visibles y radiaciones ultravioleta (*figura 4*).

Debe tenerse en cuenta que un contacto directo con llamas y un flujo radiante son equivalentes en lo que concierne a su efecto sobre el cuerpo humano. En efecto, la severidad de una quemadura depende, por una parte, de la elevación de la temperatura de la piel hasta un límite perjudicial, por ejemplo, superior a los 45º C y , por otra parte, del tiempo durante el cual la piel está sometida a esta temperatura. Así una temperatura ambiente de 23º C la temperatura media de la piel es de aproximadamente 30º C. Si esta temperatura se eleva a los 55º C, se produce una quemadura de 1er grado al cabo de 20 segundos; si la temperatura se mantiene durante un tiempo más prolongado pueden producirse quemaduras de segundo o tercer grado. Tal efecto es ocasionado por el flujo del calor que provoca el aumento de la temperatura, de tal manera que una quemadura de segundo grado se produce cuando la piel ha sido sometido a una cantidad de calor total de dos cal/cm²/s.

A 1.000 °C por ejemplo, temperatura de un arco eléctrico, la energía absorbida es aproximadamente de 160 Kw/m²; por lo que un tiempo de 0,2 segundos una persona sufrirá una quemadura de segundo grado.

Los materiales de protección frente al calor para la ropa de trabajo y guantes termoresistentes, protegen al trabajador frente al arco eléctrico accidental.



Figura 4. Efectos visibles del arco eléctrico.



Figura 3. Cortocircuito.

4. Efectos de la corriente eléctrica sobre el organismo humano

La energía eléctrica en forma de corriente eléctrica, al circular por el cuerpo humano, produce diversos efectos como consecuencia de la interacción con los órganos y sus mecanismos de funcionamiento. Los efectos fisiológicos de la corriente que circula por el organismo, dependen de los siguientes factores:

- a) Intensidad de corriente.
- b) Tiempo de contacto
- c) Tensión.
- d) Resistencia del cuerpo entre los puntos de contacto.
- e) Recorrido de la corriente del cuerpo.
- f) Frecuencia de la corriente.
- g) Condiciones fisiológicas del accidentado.

4.1. INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE.

Considerando el cuerpo humano como una resistencia eléctrica, la intensidad que recibe un accidentado depende de la tensión y de su resistencia, de acuerdo con la ley de Ohm:

$$\text{Intensidad} = \frac{U}{R} = \frac{\text{Tensión}}{\text{Resistencia}}$$

Por tanto, cuanto mayor sea la tensión, mayor será la intensidad, siempre que haya suficiente potencia de alimentación. (*Figura 1*).

Voltajes considerados como de baja tensión, 220 V y 400 V, pueden producir intensidades que provocan electrocución.

Los efectos fisiológicos producidos por la corriente eléctrica en el organismo humano, en situaciones normales para personas adultas con un peso mínimo de 50 kg, suponiendo que la corriente circula al tocar la parte externa de dos extremidades y para la frecuencia de 50/60 Hz, son los siguientes:

- a) De 0 a 10 mA: Movimientos reflejos musculares (calambres).
- b) De 10 a 25 mA: Contracciones musculares. Tetanización de los músculos de los brazos y manos que se oponen a soltar los objetos que se tienen asidos. Dificultad de respiración. Aumento de la presión arterial.
- c) De 25 a 30 mA: Irregularidades cardiacas. Fuerte efecto de tetanización. Afecta a los músculos respiratorios y a partir de los 4 segundos aparecen síntomas de afxia. Quemaduras eléctricas.
- d) De 40 mA a 10 A: Se produce fibrilación ventricular del corazón.
- e) Superior a 10 A: El corazón sufre una parada durante la circulación de la corriente y si el tiempo es corto, menos de 1 minuto, puede recuperar su actividad normal. La corriente actúa, a la vez, como agente de fibrilación y desfibrilación.

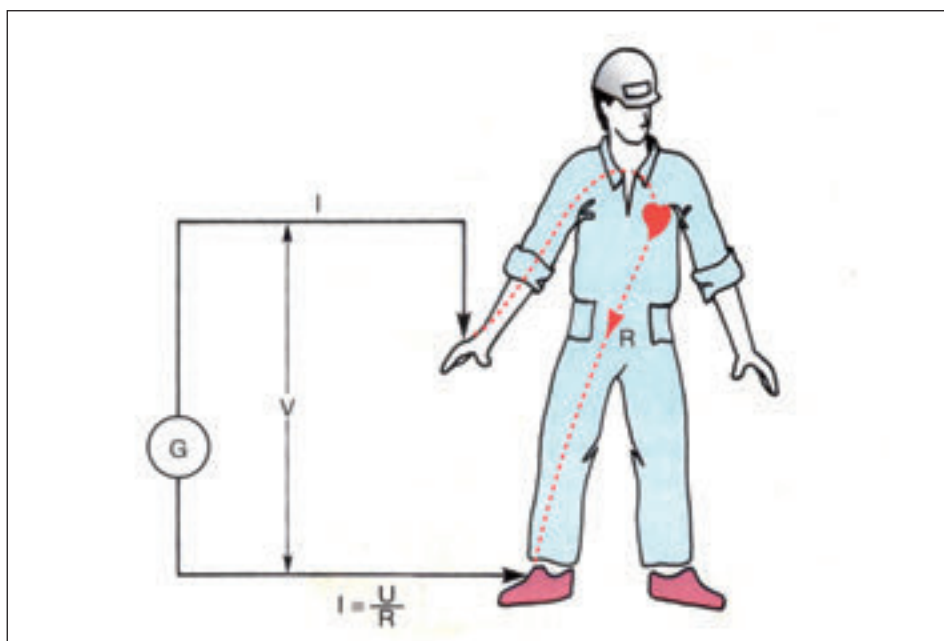


Figura 1. Circulación de la corriente.

4.2. INFLUENCIA DEL TIEMPO DE CONTACTO.

La norma CEI 479-2 (Comisión Electrotécnica Internacional) ha establecido unas curvas que delimitan las distintas zonas de peligro de la corriente eléctrica en función del tiempo (*Tabla 1* y *Figura 2*).

El diagrama, representado en la figura citada, corresponde al efecto del paso de la corriente eléctrica altera de 50 Hz, a través de las extremidades del cuerpo humano con peso superior a los 50 Kg.

Intensidad eficaz a 50Hz (mA)	Duración del macroshock eléctrico	Efectos fisiológicos en el cuerpo humano
0-1	Independiente	Umbral de percepción, no existe electrocución.
1-15	Independiente	Variable hasta tetanización. Imposibilidad de soltarse.
15-25	Minutos	Contracción de brazos. Dificultad de respiración, aumento de presión arterial. Límite de tolerancia.
25-50	Segundos	Irregularidades cardíacas. Aumento presión arterial. Fuerte efecto tetanización. Inconsciencia. Aparece fibrilación ventricular.
50 a 5000	Menos de un ciclo cardíaco	No existe fibrilación ventricular. Choque fuerte.
	Más de un ciclo cardíaco	Fibrilación ventricular. El inicio de la electrocución independiente de la fase del ciclo cardíaco. Inconsciencia. Marcas visibles.
Por encima de 5000	Menos de un ciclo cardíaco	Fibrilación ventricular. El inicio de la electrocución depende de la fase del ciclo cardíaco. Iniciación de fibrilización sólo en la fase sensitiva. Inconsciencia. Marcas visibles.
	Más de un ciclo cardíaco	Paro cardíaco reversible. Inconsciencia. Marcas visibles. Quemaduras.

Tabla 1. Efectos fisiológicos de la intensidad de la corriente sobre el cuerpo humano.

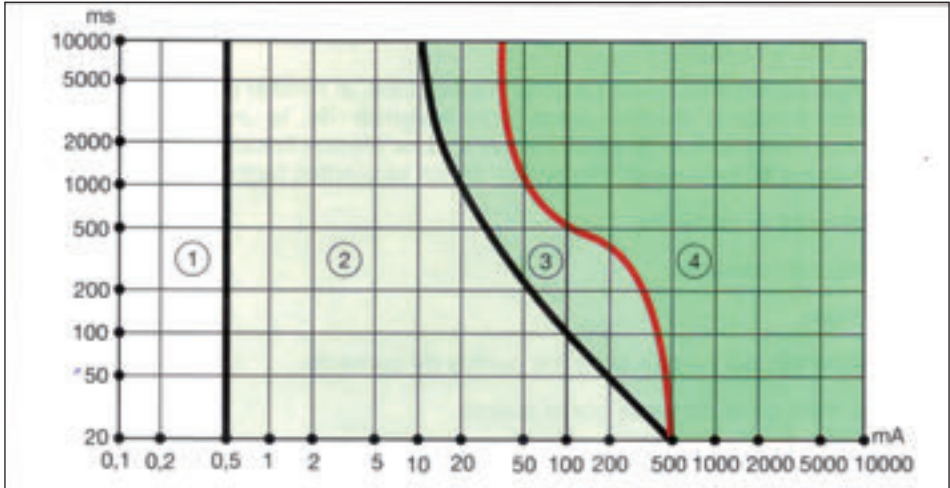


Figura 2. Norma CEI 479-2. Zonas de peligro de la corriente eléctrica.

En dicho diagrama se marcan las diferentes zonas:

Zona 1. No aparece ninguna reacción.

Está limitada superiormente por los 0.5 mA (0,0005 A) y es independiente del tiempo de actuación.

Zona 2. La corriente “se nota”, produciendo cosquilleo e incluso dolor, pudiendo el sujeto soltarse del electrodo. Generalmente no es de esperar ningún efecto fisiopatológico.

Esta zona está limitada por la recta $I = 0,5$ mA y una curva que responde a la expresión:

$I_m: 10 + 10/t$ siendo:

$I_{\text{máx}}$ = Corriente máxima de seguridad en mA.

I_0 = Corriente límite de tetanización muscular (10 mA).

t = tiempo en segundos.

Esta curva se denomina “de seguridad”, según CEI y UNE.

Ejemplo: Tiempo de contacto 0,1 segundo.

$I_{\text{máx}} = 10 + 10/0,1 = 10 + 100 = 110$ mA.

Zona 3. No representa habitualmente riesgo de fibrilación ventricular. Riesgo de asfixia. Riesgo de tetanización.

Zona 4. Existe riesgo de fibrilación ventricular.

Los riesgos en el interior de cada zona se agravan en función de la intensidad de corriente y del tiempo de circulación de ésta.

Además de lo señalado en alterna hay que tener en cuenta los fenómenos electrolíticos que, sobre el cuerpo humano, puede originar la corriente continua.

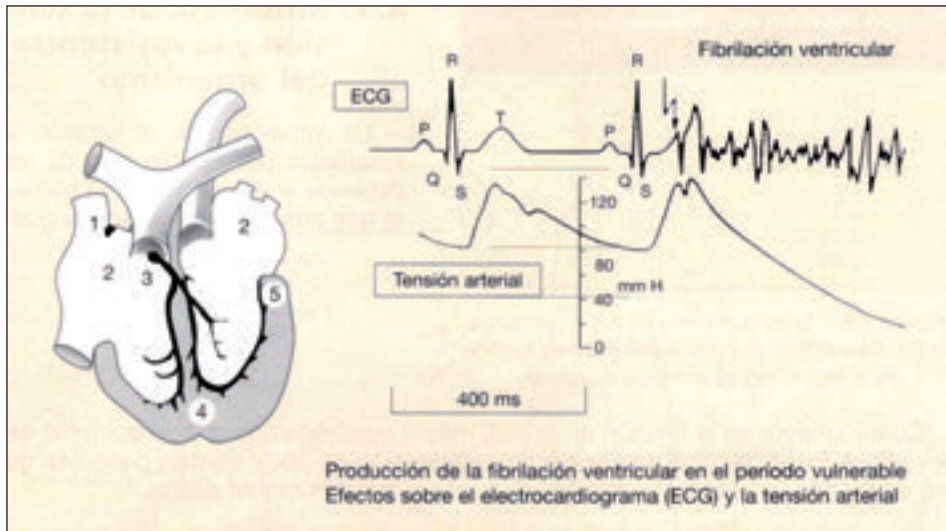
4.3. INFLUENCIA DE LA TENSIÓN Y RESISTENCIA DEL ORGANISMO.

La influencia de la tensión se manifiesta por cuanto de ella depende la intensidad de la corriente que pase por el cuerpo.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{\text{Tensión}}{\text{Resistencia}}$$

Cuanto mayor sea la tensión, mayor podrá ser el valor de la corriente eléctrica, es decir, una tensión de 380 V es más peligrosa que una de 220 V, y se pueden producir en alta tensión corrientes muy elevadas.

Para una tensión fija aplicada al cuerpo humano, la corriente que circula depende de la resistencia que presenta el organismo. Sin embargo, ésta es muy variable y depende de multitud de circunstancias, tanto internas como externas, tales como:



- Tensión de contacto: alterna o continua.
- Espesor y dureza de la piel.
- Presión de contacto.
- Superficie de contacto.
- Recorrido de la corriente por el cuerpo.
- Estado fisiológico del organismo.
- La piel es un órgano que aísla al cuerpo humano del medio exterior.

Efectivamente, ofrece una determinada resistencia al paso de la corriente porque los tejidos que la componen son muy malos conductores. Estos tejidos pueden ser comparados con un dieléctrico, formando el conjunto de la dermis y la epidermis un sistema capacitativo análogo a un condensador. Frente a una corriente continua, la piel opone mayor resistencia que ante una corriente alterna.

Una piel rugosa y seca puede ofrecer una resistencia de 10.000 Ohmios. Sin embargo, una piel fina y húmeda por su sudor o por el agua, puede presentar una resistencia de 1.000 Ohmios.

La resistencia de los tejidos internos es muy pequeña, debido a que están impregnados de líquidos conductores, y no depende de la longitud del camino recorrido. Se estima una resistencia media de 500 Ohmios.

La presión sobre el punto de contacto influye negativamente en la resistencia.

En último caso, lo decisivo en el accidente eléctrico es la densidad de corriente en las zonas de contacto:

$$\text{Densidad de Corriente} = d = \frac{I}{S} = \frac{\text{Intensidad}}{\text{Superficie}}$$

En baja tensión, cuando el contacto es puntiforme, actúa sobre la piel una gran densidad de corriente. El intenso desarrollo de calor conduce a las típicas marcas en la piel. Si el contacto es más amplio en su superficie, no hay destrucción de la piel y faltan las marcas por quemadura. $Q= 0,24 \cdot R_h \cdot I \cdot t=$ calor.

Al fallar la resistencia cutánea por quemaduras, solamente queda la resistencia de los tejidos internos. Se puede pasar de valores de resistencia de 10.000 en la piel seca, a unos 500 al ser destruida ésta y quedar solamente la resistencia interna.

El valor de la resistencia del cuerpo varía en función de la tensión que se le aplica. Según va aumentando la tensión la resistencia disminuye.

Tensión de contacto Voltios	Valor de resistencia en Ohmios	
	Piel mojada	Piel normal
25 V	2.500	10.000
50 V	2.000	5.000
250 V	1.000	2.000
Valor asintótico	650	1.000

Figura 3. Valores de la resistencia.

La resistencia de la piel en continua es mayor que en alterna, alcanzando valores de 2 a 3 veces superiores.

Los valores aplicables para corriente alterna hasta 100 Hz se indican en la figura 3. Las mediciones se han efectuado entre extremidades de mano a mano y de mano a pie. Debe considerarse que

estos valores se aceptan como mínimo. Con la piel seca, son más elevados.

De acuerdo con estas cifras se puede calcular la tensión de seguridad en locales húmedos o secos , sin que aparezcan intensidades superiores a 10 mA considerada como valor que no produce ningún efecto fisiológico nocivo.

Cálculo de las tensiones de seguridad alterna:

Resistencia piel mojada= 2.500 Ohmios. Resistencia piel normal= 5.000 Ohmios.

Corriente máxima= 10 mA Corriente máxima= 10 mA.

$U= R \cdot I=2.500 \cdot 0,01= 25 \text{ V.}$ $U =R \cdot I=5.000 \cdot 0,01 =50 \text{ V.}$

Local húmedo. Local seco.

Luego se considerarán como tensiones de seguridad los que se indican en la figura 4 (CEI 364-4)



 Corriente alterna AC	 Corriente continua DC
$U_s \leq 50$ Voltios, en locales secos o no conductores	$U_s \leq 120 \text{ V}$
$U_s \leq 24$ Voltios, en locales húmedos (exterior)	$U_s \leq 60 \text{ V}$
$U_s \leq 12$ Voltios, en locales con agua	$U_s \leq 30 \text{ V}$

Figura 4. Tensiones de seguridad.

4.4. INFLUENCIA DE LA FRECUENCIA DE LA CORRIENTE.

En todo cuanto llevamos expuesto sobre los efectos fisiológicos de la corriente eléctrica, nos hemos estado refiriendo a c.a. de baja frecuencia y a corriente continua. Si se trata de corriente alterna de alta frecuencia, harán falta intensidades mayores para producir los mismos efectos.

Cualitativamente la afirmación anterior es exacta, ya que debido al efecto Kelvin o Pelicular de la corriente alterna, la alta frecuencia tiende a circular por la piel sin atravesar órganos internos.

A partir de una frecuencia de 100.000 Hz, se empieza a tener efecto pelicular apreciable, no produciéndose en el organismo más efecto que el calentamiento de los tejidos, por efecto Joule.

Se trabaja con altas frecuencias en aparatos electroquirúrgicos o electrobisturías (del orden de 450.000 Hz) en los que la corriente eléctrica se aprovecha como fuente calorífica y no afecta a órganos vitales. De trabajar con frecuencias industriales de 50/60 Hz, los efectos serían mortales.

4.5. INFLUENCIA DEL RECORRIDO DE LA CORRIENTE.

La corriente eléctrica se establece, entre los puntos de contacto, por la trayectoria más corta dentro del cuerpo, o de menos resistencia.

Evidentemente los accidentes serán mucho más graves si en el trayecto de la corriente están órganos vitales como los pulmones, corazón o cerebro, que si se producen entre dos de los dedos de la mano, puestos en los contactos de una toma de corriente. En el primer caso y si la intensidad y el tiempo es suficiente, se producirá la electrocución y en el segundo caso, generalmente, todo se reducirá a un calambre y una quemadura entre los dedos.

4.6. CONCLUSIÓN.

Lo decisivo en baja tensión con frecuencias de 50/60 Hz, para que se produzca la electrocución, es que desaparezca nuestro escudo protector que es la piel. Esto se pone de manifiesto en accidentados con la piel mojada o con las típicas marcas eléctricas donde la piel ha sido afectada o destruida.

Ejemplo: Neutro conectado a tierra (*Figura 5*).

a) Resistencia piel íntegra y seca 50.000 , con suelo no conductor.

Tensión de red $U = 400$ V. Tensión fase-tierra $U = 230$ V.

b) Resistencia piel quemada o mojada= 1.000 . (suelo conductor, $R=0$)

Tensión de contacto= 230 V= U para una $U = 400$ V.

$$I = \frac{U}{R_s + r_h} = \frac{230}{50.000 + 50.000} = 2,30 \text{ mA}$$

$$I = \frac{U}{R_s + r_h} = \frac{230}{0 + 1.000} = 230 \text{ mA}$$

Vemos como en el primer caso los valores de corriente son inocuos, y en el segundo caso, si la corriente circula durante algún tiempo y atraviesa órganos vitales, la electrocución es inminente.

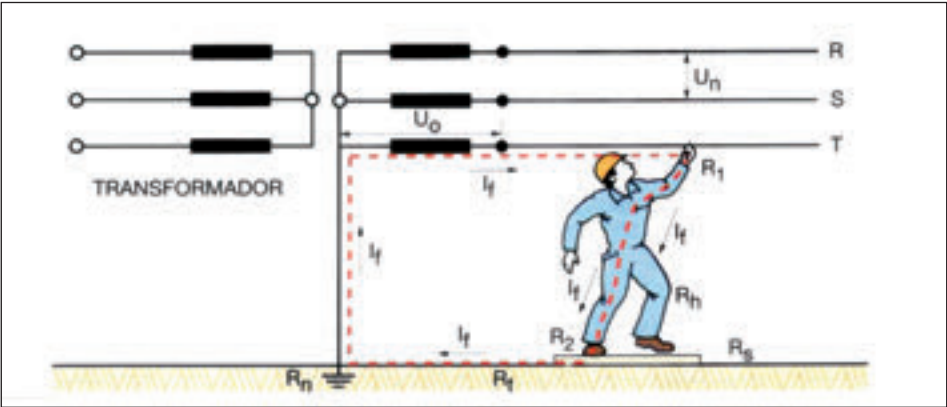


Figura 5. Contacto eléctrico con la red.

- c) Los suelos y paredes no conductores deben presentar una resistencia no inferior a (BT-24):
- 50k si la tensión de la instalación es $U < 500 \text{ V}$.
100K si la tensión de la instalación es $U > 500 \text{ V}$.

4.7. TENSIÓN Y TIEMPO DE CONTACTO.

Tensión de contacto que puede producirse		Tiempo máx. admisible de desconexión
AC (V)	DC (V)	(s)
< 50	< 120	∞
50	120	5,0
75	140	1,0
90	160	0,5
110	175	0,2
150	200	0,1
220	250	0,05
280	310	0,03

Tabla II. Tiempo máximo de contacto

Los parámetros señalados para la Intensidad-tiempo de contacto, los podemos transpolar con un valor de resistencia del cuerpo humano, a valores prácticos de tensión-tiempo máximo de contacto, Tabla II.

La tensión de contacto es la existente en mano-pies. (Fig. 6).

De esta manera comprobamos que los efectos fisiológicos dependen de la cantidad de electricidad que puede circular por el organismo, para una tensión fija:

$$Q = I \times t.$$

Y en el caso de que la tensión varíe, lo definitivo en el accidente será la energía que pueda atravesar al accidentado:

$$E = U \times I \times t \text{ en Julios.} \quad E. \text{ en Julios} = \text{Wattios} \cdot \text{segundo.}$$

Valores energéticos

Perceptible = 2 mili Julios

Calambre o sacudida= 10 mili Julios.

Shock eléctrico= 0,25 Julios.

Electrocución= 10 Julios.



Figura 6. Riesgo de contacto eléctrico

4.8. QUEMADURAS ELÉCTRICAS.

La corriente eléctrica provocará quemaduras en la piel por efecto Joule: $E = U \cdot I \cdot t$; $Q = 0,24 R I^2 \cdot t = \text{calorías}$. Las corrientes elevadas de alta tensión pueden provocar quemaduras muy graves.

Las quemaduras pueden ser producidas también por el arco eléctrico accidental, cuya elevada temperatura puede afectar a la piel, por radiación o convección, en distintos grados (Figura. 7). La temperatura que alcanza el arco varía según la Energía que circula ($E = U_a \times I \times t$) y en baja tensión llega a alcanzar unos 4000º C (Figura 8).

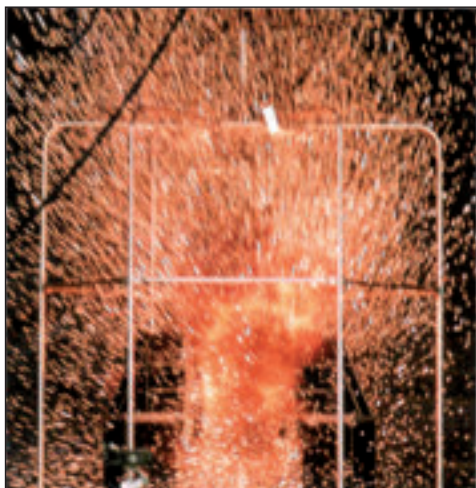


Figura 7. Arco eléctrico.

Las quemaduras son el resultado de una transferencia de energía desde el agente productor al organismo. La consecuencia es la destrucción más o menos profunda de la piel y de los tejidos subyacentes, dependiendo de la capacidad del agente causal, del tiempo y de la exposición y de la circunstancias de cada accidente (Figura. 9).



Figura 8. Efectos del arco eléctrico.

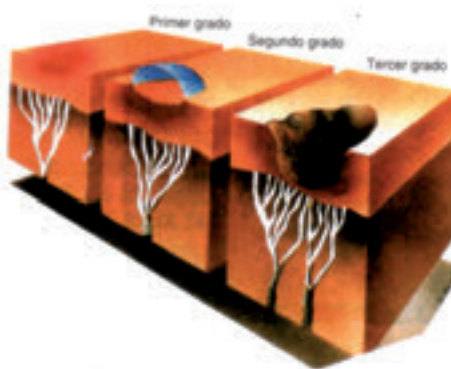


Figura 9. Grado de las quemaduras.

Las quemaduras pueden ser de primer grado (enrojecimiento de la piel), de segundo grado (formación de ampollas) y de tercer grado (con un daño permanente en las capas de la piel que dejan cicatrices permanentes en los tejidos después de curarse) (Ver Figura 10).



Figura 10. El impacto de las quemaduras.



Figura 10 bis Quemaduras por arco eléctrico en baja tensión.

4.9. ALTA TENSIÓN.

En alta tensión puede producirse un accidente incluso antes de que la persona entre en contacto con el conductor, cuando la distancia al mismo (Figura 11) es lo suficientemente pequeña como para la diferencia potencial entre el conductor y el sujeto sea superior a la tensión crítica de descarga. En este momento el aire, habitualmente aislante, es atravesado por una descarga eléctrica. La descarga está influenciada por el efecto “corona”, que es una emisión de electrones que ioniza el aire que circunda el conductor.

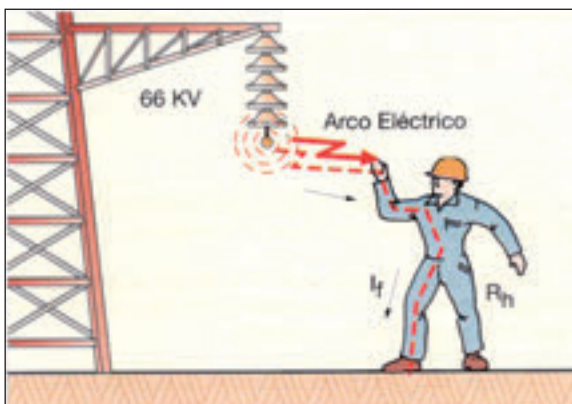


Figura 11 Baja y alta tensión en un transformador de distribución.

La tensión crítica sigue las leyes de la descarga en los gases, y depende de las condiciones atmosféricas; presión, temperatura y humedad del aire. El aire tiene aproximadamente una rigidez dieléctrica de 10 Kv/cm en condiciones atmosféricas normales.

En el caso de contacto con una red AT, las corrientes de descarga a través del trabajador son muy elevadas (10-400 A). (Figura12).

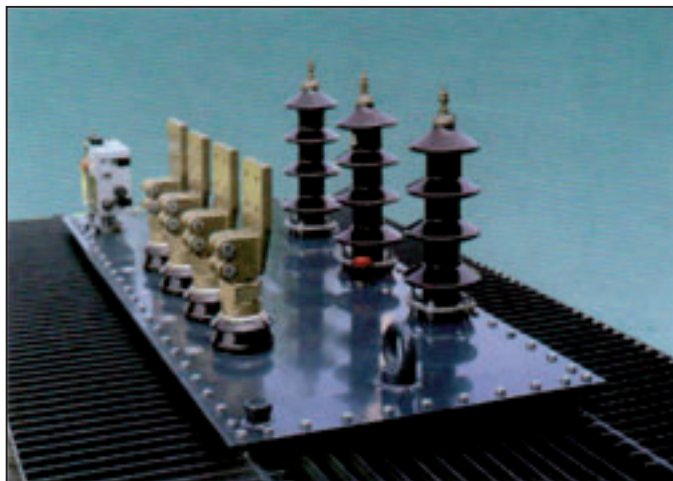


Figura 12. Bornas de baja y alta tensión en un transformador de distribución.

5. Protección contra el contacto eléctrico directo

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.D. 842/2002-ITC-BT-24) señala que la protección contra contactos directos podrá realizarse:

- Por alejamiento.
- Por aislamiento.
- Mediante protecciones o barreras.

5.1. POR ALEJAMIENTO.

Consiste esta medida en el 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 un contacto fortuito con las manos, o por la manipulación de objetos conductores, cuando éstos se utilicen habitualmente cerca de la instalación.

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en sus instrucciones BT 06 (Redes exteriores) y BT 24 (Instalaciones interiores), facilita las distancias mínimas que deben existir entre las partes activas de una instalación de Baja Tensión y los lugares donde las persona trabajan o circulan habitualmente, de forma que se haga imposible un contacto fortuito.

Se deberán reglamentar y desaconsejar que las redes de baja tensión sean desnudas, sustituyéndolas por conductores aislados o protegidos, dado el elevado riesgo de contacto que representan al trabajar los operarios en operaciones de mantenimiento y reparación, o en otras tareas realizadas en su proximidad.

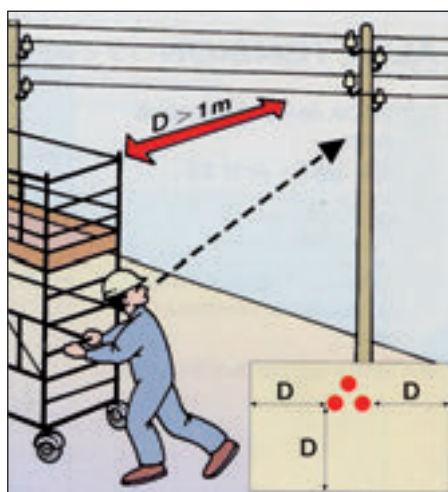
El R.D. , 614/2001 establece unas distancias mínimas de seguridad, en función de la tensión, que deberán mantenerse entre las líneas eléctricas y los trabajadores que utilizan escaleras, utensilios, andamios, vehículos, etc. (*Figura 1*).

U_n	$D_{prox 1}$	$D_{prox 2}$
$\leq 1 \text{ KV}$	1 m	3 m
$\leq 66 \text{ KV}$	2 m	3 m
$> 66 \text{ KV}$	4 m	5 m

$D_{prox 1}$: distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad, cuando resulta posible delimitar la zona de trabajo.

$D_{prox 2}$: distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad, cuando no resulta posible delimitar la zona de trabajo.

Figura 1. La distancia de seguridad será función de la tensión de la línea



5.2. POR AISLAMIENTO.

Consiste esta medida en el recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado, capaz de conservar sus propiedades con el tiempo, y que me limite la corriente de contacto a un valor no superior al miliamperio, en baja tensión.

Las corrientes capacitativas y las corrientes de fuga en las envolventes aislantes en At y hasta 30 KV, no deberán exceder de 0.5 mA en las condiciones de ensayo previstas en el Reglamento de Centrales, Subestaciones y Centros de Transformación.

Actualmente esta medida es la más generalmente empleada, sobre todo en conductores, ya que el desarrollo de las industrias del plástico ha aportado magníficas soluciones.

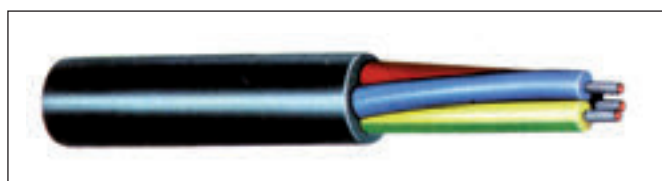


Figura 2. Conductor aislado.
Cable Gomanejo, tripolar
GN 750 F.

La identificación de conductores según el color de su capa aislante, es una medida eficaz de señalización.

- Conductor Neutro: Azul.
- Conductor Fase R: Negro.
- Conductor Fase S: Marrón.
- Conductor Fase T: Gris.
- Conductor Protección: Amarillo/verde.
- Conductor Circuitos de Alarma y mando: Rojo.

Los conductores aislados utilizados en las instalaciones temporales o en obras, tanto para las acometidas como para las instalaciones exteriores, serán de 1.000 Voltios de tensión nominal como mínimo , y los utilizados en instalaciones interiores serán de tipo flexible, aislados, de 750 Voltios como mínimo de tensión nominal.

Los cables eléctricos para la alimentación de máquinas y herramientas eléctricas portátiles, deberán estar aislados y provistos de un revestimiento adecuado a los riesgos mecánicos a que puedan estar sometidos (desgaste por frotamiento, cizallamiento, flexión, torsión, etc.) Este revestimiento puede estar compuesto por una cubierta aislante reforzada, resistente a los esfuerzos mencionados, como Neopreno, etc.

Debe procederse al aislamiento de las partes activas bajo tensión, tales como conductores, pletinas, bornas de conexión, etc. cubriéndolos con la protección correspondiente. La naturaleza y el espesor del aislante que debe recubrir las partes conductoras de la instalación eléctrica, dependerán de la tensión y de las condiciones de instalación y explotación. (Figura 3).

Ejemplo: Conductor con una resistencia de aislamiento de 500 kilo Ohmios, para una tensión de ensayo $U_e = 500 \text{ V}$, según el reglamento electrotécnico de B.T. (ITC-BT-19) :

$$I_f = \frac{U_e}{R_a} = \frac{500}{500.000} = 1 \text{ mA}$$

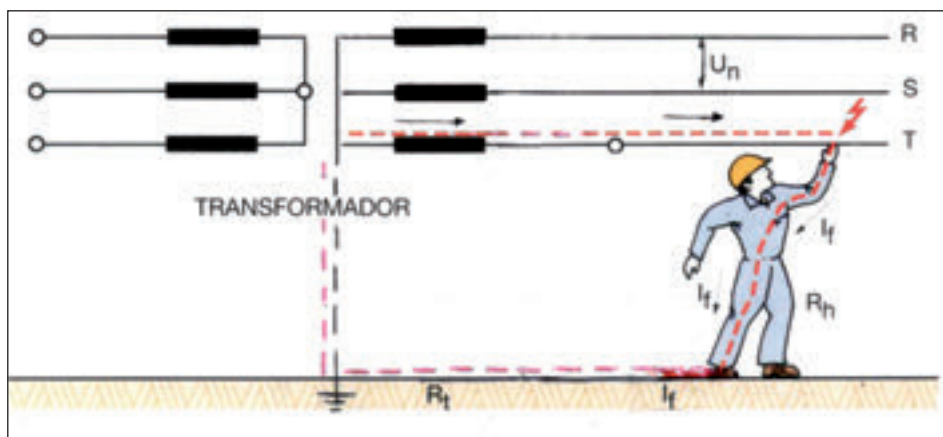


Figura 3. Protección contra contactos eléctricos directos por recubrimiento aislante de los conductores.

a) Cables eléctricos aislados para transporte de energía.

Descripción de las mezclas de goma y plástico generalmente empleadas en los cables de conducción eléctrica.

Aislamientos:

- Termoplástico: Al calentarse se reblandece progresivamente. Se carboniza a 250 °C.
- Termoestable: Permanece estable con el calor. A una determinada temperatura se carboniza (300°C).

Método de designación:

- Cenelec establece un sistema de designación para los distintos tipos de conductores y cables que puede verse en la Tabla I.

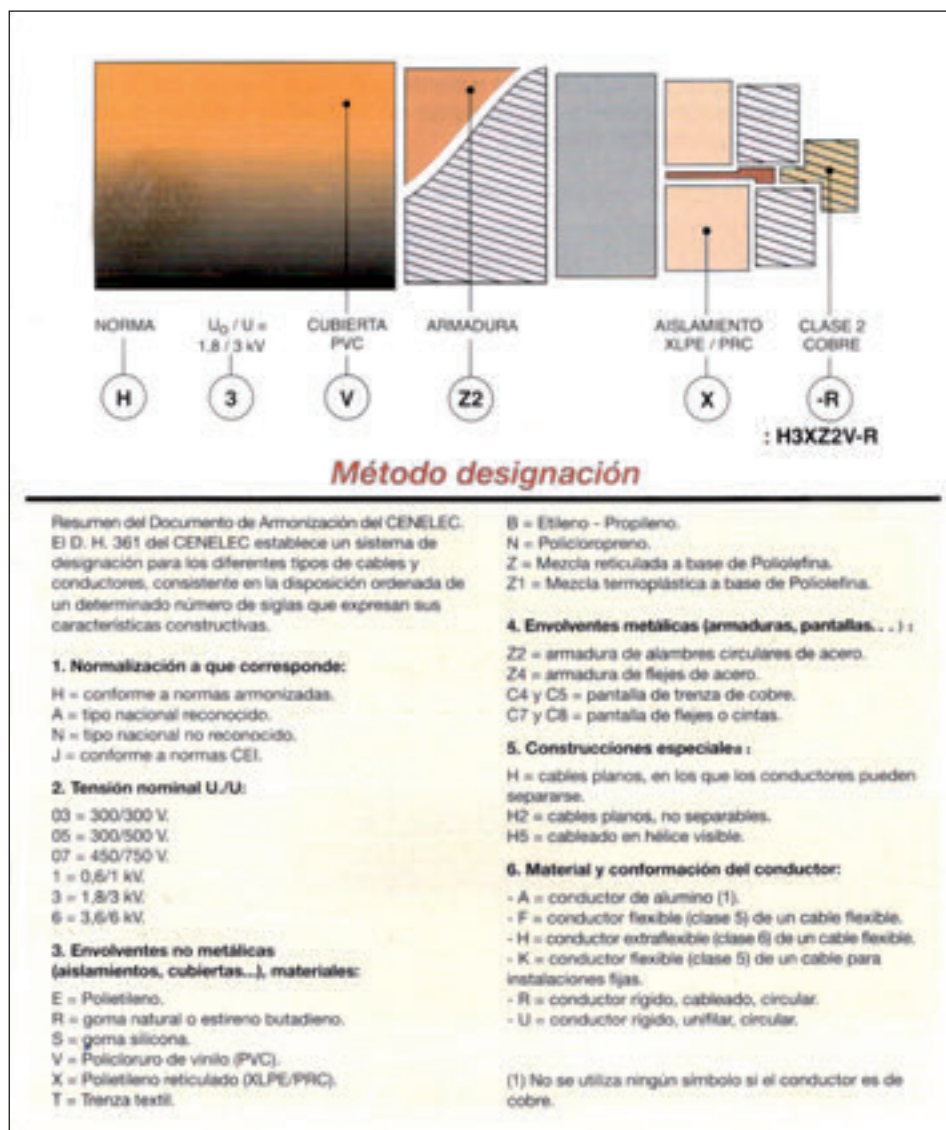


Tabla I. Método de designación de Conductores eléctricos normalizados, según CENELEC.

Materiales:

- Goma butílica: Termoestable. Elastómero caracterizado por sus excelentes cualidades en cuanto a la resistencia al calor, al agua y al ozono, así como por su flexibilidad.
- Policloruro de vinilo especial: Material termoplástico, que a su rigidez, resistencia mecánica y resistencia al ozono, suma su resistencia a la mayoría de los agentes químicos y el envejecimiento, siendo de destacar su cualidad de no propagador de la llama.
- Polietileno reticulado: Plástico termoestable, resistente a las altas temperaturas, humedad y agentes químicos.
- Etileno propileno: termoestable. Elastómetro de excelentes propiedades dieléctricas y de gran estabilidad térmica, además de ser resistente al agua, al ozono y a las descargas parciales.
- Poliolefinas: termoplástico de propiedades excepcionales frente al fuego, es no propagador de la llama ni el incendio, de cero halógenos, no tóxico y de baja emisión de humos. Será el conductor que sustituya al PVC. Los conductores para el cableado dentro de los armarios de la obra deberán de ser de estas características.

b) Resistencias de aislamiento de una instalación.

La resistencia de una instalación debe satisfacer las prescripciones siguientes: en una instalación sin los aparatos de consumo debe ser (ITC-BT19):

Tensión Nominal	Tensión de Ensayo	Resistencia
MBT \leq 50 V	250 V c/c	\geq 250 K Ω
BT \leq 500 V	500 V c/c	\geq 500 K Ω
BT > 500V	1000 V c/c	\geq 1 M Ω

Corriente máxima de fuga 1 mA

c) Recomendaciones de seguridad

- No utilices cables con el aislamiento defectuoso.
- Caso de tener que empalmar dos conductores, no utilice cinta aislante, sino elementos de conexión o tomacorrientes adecuados.
- Utilice enrolladores o alargaderas en caso de que los conductores sean de gran longitud.
- Evite que se estropeen los conductores, por cortes producidos por aristas vivas, máquinas en funcionamiento, etc.
- No coloque los conductores cerca de una fuente de calor o en contacto con sustancias corrosivas.

5.3. PUESTA FUERA DE ALCANCE POR MEDIO DE PROTECCIONES.

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE 20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos,, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen partes activas y se garantizará que las personas que sean conscientes del hecho de que las partes activas no puedan ser tocadas voluntariamente.

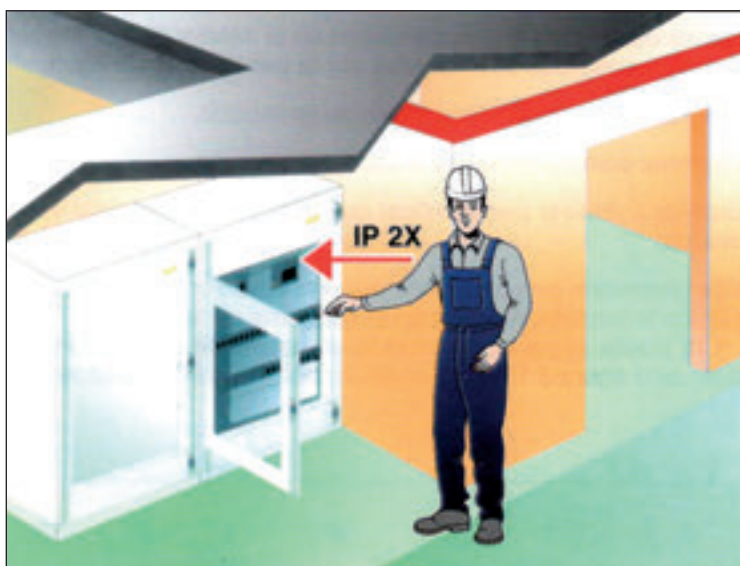


Figura 4. Cuadro eléctrico de baja tensión. Protección por barrera aislante.

Cuando sea necesario abrir las envolventes existirá una segunda barrera que sea como mínimo un grado de protección IP2X o IPXXB (*Figura 4*).

Las protecciones podrán ser realizadas mediante cubiertas o barreras. Por cubiertas o barreras se entiende, las pantallas, fundas, envueltas, tapas, etc. que se aseguran a la vez la protección contra los contactos directos y contra la penetración de polvo o agua, si fuese necesario (grados IP de protección).

La apertura o retirada de una cubierta no debe ser posible más que por medio de una llave o un útil especial.

a) Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP)

El código IP es un índice que indica el grado de protección proporcionado por la envolvente (caja, armario, etc.) o por el propio material eléctrico. Viene definido por las normas UNE 20234-93, CEI529 y EN 60529.

Esta norma se aplica para la clasificación de los grados de protección proporcionados por las envolventes para equipos eléctricos con una tensión nominal hasta

La norma UNE 20234-93 establece:

- a) Las definiciones de los grados de protección proporcionados por las envolventes de los materiales eléctricos con respecto a:
 - 1.- La protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas situadas en el interior de la envolvente.
 - 2.- La protección de los materiales situados en el interior de la envolvente contra los efectos perjudiciales ocasionados por la penetración de cuerpos sólidos extraños.
 - 3.- La protección de los equipos situados en el interior de la envolvente, contra los efectos perjudiciales ocasionados por la penetración de agua.
- b) las designaciones para estos grados de protección.
- c) los requisitos correspondientes a cada designación.
- d) Los ensayos a realizar para verificar que la envolvente satisface los requisitos de esta norma.

El grado de protección proporcionado por una envolvente se representa mediante el código IP de la manera indicada en el esquema de la tabla II. En el cuadro de la tabla III puede verse la descripción abreviada de los elementos del código IP. Los cuadros de la tabla IV amplían información sobre los grados de protección.

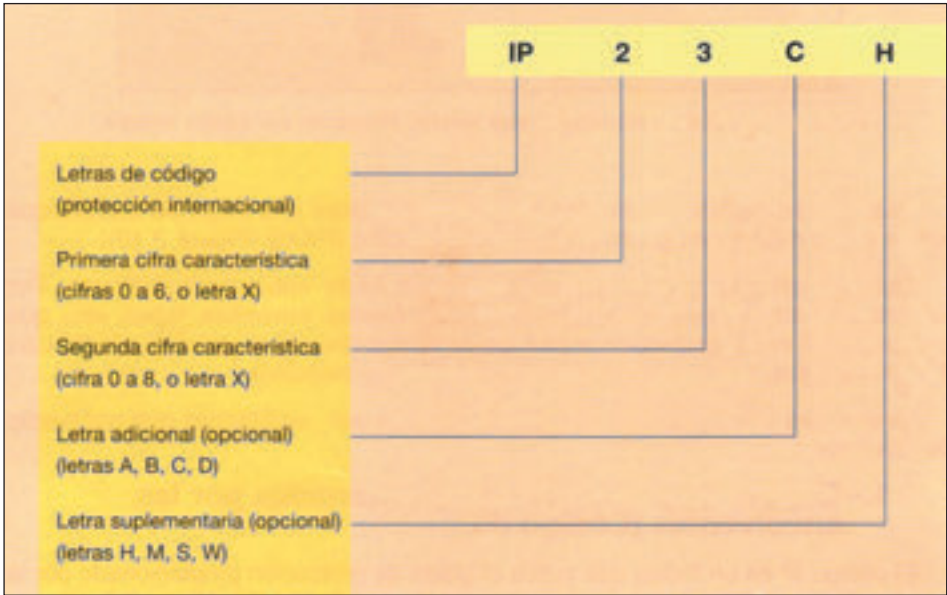


Tabla II- Disposición del código IP.

Elemento	Cifras o Letras	Significado para la protección del equipo	Significado para la protección de personas
Letras del código	IP		
Primera cifra característica	0 1 2 3 4 5 6	Contra el ingreso de objetos extraños sólidos (no protegido) ≤ 50 mm de \varnothing $\leq 12,5$ mm de \varnothing $\leq 2,5$ mm de \varnothing $\leq 1,0$ mm de \varnothing protegido contra el polvo totalmente protegido contra el polvo	Contra el acceso a partes peligrosas con: (no protegido) el dorso de la mano dedo herramienta alambre alambre alambre
Segunda cifra característica	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Contra la penetración de agua con efectos perjudiciales (no protegido) protegido contra las caídas verticales de gotas de agua protegido contra las caídas de agua con inclinación máx. de 15° protegido contra el agua en forma de lluvia protegido contra las proyecciones de agua protegido contra los chorros de agua protegido contra los chorros fuertes de agua inmersión temporal inmersión continua	
Letra Adicional (Opcional)	A B C D		Contra el acceso a partes peligrosas con: dorso de mano dedo herramienta alambre
Letra Suplementaria (Opcional)	H M S W	Información Suplementaria específica de: Material a alta tensión Movimiento durante el ensayo de agua Inmóvil durante el ensayo de agua Intemperie	


Tabla III. Elementos del código IP y su significado.





Grado de protección IP de las envolventes según las Normas CEI 529 - EN 60529

1.ª CIFRA CARACTERÍSTICA: Protección contra la entrada de cuerpos extraños y el acceso a partes peligrosas

significado	0	1	2	3	4	5	6
Protección de la envolvente contra la entrada de		Cuerpos sólidos de dimensiones superiores a 50 mm	Cuerpos sólidos de dimensiones superiores a 12,5 mm	Cuerpos sólidos de dimensiones superiores a 2,5 mm	Cuerpos sólidos de dimensiones superiores a 1 mm	Polvo sin sedimentos perjudiciales	Polvo (totalmente protegido)
Método de ensayo		 calibre del objeto Ø 50 mm	 calibre del objeto Ø 12,5 mm	 calibre del objeto Ø 2,5 mm	 calibre del objeto Ø 1 mm	 polvo de talco	 polvo de talco
Protección de la persona contra el acceso con		el dorso de la mano	un dedo	una herramienta			
Método de ensayo		 calibre accesibilidad Ø 50 mm	 Dedo de ensayo articulado	 calibre accesibilidad Ø 2,5 mm	 calibre accesibilidad Ø 1 mm		

2.ª CIFRA CARACTERÍSTICA: Protección contra la penetración de agua

significado	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Protección de la envolvente contra los efectos peligrosos derivados de		Caida vertical de gotas de agua	Caida vertical de gotas de agua con la envolvente inclinada hasta 15°	Lluvia	Proyecciones de agua	Lanzamiento de agua	Lanzamiento de agua similar a golpes de agua	Inmersión temporal	Inmersión prolongada
Método de ensayo									
									Acordado por constructor y usuarios, si bien más estricto que los de cifra 7

LETRAS OPTATIVAS: Protección contra el acceso a partes peligrosas					LETRAS COMPLEMENTARIAS	
significado	A	B	C	D	Información suplementaria para la protección del material	
Protección de la persona contra el acceso con	El dorso de la mano	El dedo	Una herramienta	Un hilo	H	Equipos alta tensión
Método de ensayo	 Ø 50 mm calibre accesibilidad Ø 50 mm	 Ø 12 mm Dedo de ensayo articulado	 Ø 2.5 mm calibre accesibilidad Ø 2.5 mm x 100 mm	 Ø 1 mm calibre accesibilidad Ø 1 mm x 100 mm	M	Ensayo de los efectos peligrosos provocados por la entrada de agua con las partes móviles del equipo en movimiento
					S	Ensayo de los efectos peligrosos provocados por la entrada de agua sin que las partes móviles del equipo estén en movimiento
					W	Indicado para su uso en condiciones atmosféricas determinadas y equipados con medidas y procedimientos adicionales

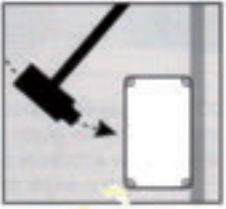
Sólo se utiliza si:

- la protección efectiva contra el acceso a partes peligrosas es superior a la indicada por la primera cifra característica.
- sólo se indica la protección contra el acceso a partes peligrosas y la primera cifra característica es sustituida por una X.

2.- Protección contra los choques mecánicos: Índices de protección - IK

Según UNE EN 60529

IK	Energía de choque (julios)	Antigua 3ª cifra IP	IK	Energía de choque (julios)	Antigua 3ª cifra IP
00	0	0	06	1	
01	0,15		07	2	5
02	0,20		08	5	
(1)	0,225	1	(2)	6	7
0,3	0,35		09	10	
04	0,50	3	10	20	9
05	0,70				



- Esta tabla permite conocer la resistencia de un producto a un impacto dado en julios, partiendo de un grado IK.
- También permite conocer la correspondencia con la antigua 3ª cifra IP:

(1) Se admite que un producto que tenía IP xx1, cumple las condiciones de un IP xx - IK 02

(2) Se admite que un producto que tenía IP xx7, cumple las condiciones de un IP xx - IK 08

Tabla IV. Grados de protección de las carcasas de los materiales eléctricos, según las normas CEI 529, EN 60529 y UNE 50102/96.



Figura 5. El aperellaje eléctrico a instalar debe tener un grado de protección IP 20 como mínimo.

b) Grados de protección frente a los choques mecánicos (Código IK)

El código IK es un índice que indica el grado de protección proporcionado por la envolvente o por el propio material eléctrico, frente a los golpes o los choques. Viene definido por las normas Une En 50102/96.

En la *tabla IV* aparecen los grados IK comparados con la 3ª Cifra del IP.

c) Grados de protección de los equipos eléctricos

La aparamenta eléctrica a instalar en cuadros eléctricos como son interruptores automáticos, diferenciales, etc., en el interior de envolventes, deberá ser de un grado IP 20 como mínimo (figura 5).

En aparatos eléctricos y de iluminación aparecen, junto al grado de protección, símbolos de identificación marcados en su superficie o en la etiqueta de características. En la *tabla V* aparecen estas identificaciones y su comparación con los grados IP.

Designación C.E.E.	Marca C.E.E. de los aparatos de iluminación	Grado de protección mínima según UNE
Sin protección frente a sólidos y líquidos	—	IP 00
Protección mínima en locales secos	—	IP 20
Protegido contra la caída vertical de gotas de agua	●	IP 21
Protegido contra la lluvia	●	IP 23
Protegido contra las proyecciones de agua	▲	IP 34
Protegido contra los chorros de agua	▲ ▲	IP 35
Protegido contra los efectos de la inmersión	● ●	IP 47
Estanto a la inmersión	▽ ● ● - - - m - - -	IP 48
Protegido contra el polvo	◆	IP 50
Totalmente protegido contra el polvo	◆	IP 60

Tabla V. Cuadro de equivalencias aproximadas entre los sistemas CEE y UNE.

6. Influencia de las condiciones ambientales sobre la instalación eléctrica

La utilización de material eléctrico en las obras tiene lugar en unas condiciones generalmente muy severas, por lo que es sumamente importante que este tipo de materiales sea capaz de soportar las solicitaciones de todo género a que se verá sometido. Los aspectos a tener en cuenta en este sentido, son principalmente los siguientes:

6.1. AMBIENTE HÚMEDO.

En las instalaciones eléctricas de baja tensión, los cuadros de distribución y maniobra son los elementos que canalizan toda la energía que recibe el consumidor y suponen siempre un problema de seguridad para el personal.

Las cajas de conexión y los cuadros eléctricos de obra deberán ser de material aislante (*Figura 1*) porque estarán normalmente en el exterior, en ambiente húmedo (Reglamento de B.T.).

El grado de protección debe ser aquél que proteja contra los contactos eléctricos directos y contra el ambiente húmedo, por ejemplo IP44 (UNE EN 60439-4).



Figura 1. Cuadro eléctrico de obra, de material aislante.

6.2. PRESENCIA DE AGUA.

El grado de protección del material eléctrico y de las tomas de corriente deberá ser IP 44, lo que significa que estará protegido, por una parte, contra la penetración de objetos o de un hilo de 1 mm de diámetro, y por otra, contra las pulverizaciones de agua en cualquier dirección. Este grado IP 44 garantiza igualmente la protección contra los contactos directos.



Algunos equipos o aparatos llevan símbolo, , lo que significa que su envolvente les protege contra las pulverizaciones de agua. Los aparatos que llevan símbolo, , ofrecen una excelente protección contra las proyecciones de agua IP 55 (Figura 2).



Figura 2. Material eléctrico con el reglamentario grado IP 44-55 de protección, para ambientes húmedos o mojados.

6.3. SOLICITACIÓN MECÁNICA.


Como quiera que el riesgo de daños de origen mecánico es particularmente elevado en las obras para el material eléctrico, éste deberá ser resistente a los choques y contar con suficiente rigidez; tanta como la que presenta el material eléctrico utilizado en la industria pesada. La tercera cifra del grado de protección IK, deberá ser al menos 8, que corresponda a un choque de 5 Julios de energía. Para ciertos materiales particularmente expuestos, accesibles a todo el personal, se recomienda el índice IK 09.

6.4. TEMPERATURA.

Es preciso asegurarse de que el material eléctrico, después de su instalación y durante su funcionamiento, conserve todas sus características, ya que puede darse el caso de que las temperaturas que se alcancen, por ejemplo dentro de un armario, rebasen los límites máximos admisibles. En todos los casos el material eléctrico a instalar deberá seleccionarse en función de la temperatura que ha de soportar en su lugar concreto de instalación. (Figura 3).

Para los equipos eléctricos se especifican los siguientes símbolos:

Aparatos sin alimentadores ni transformadores incorporados, adecuados para el montaje directo sobre superficies combustibles (con temperatura mínima de encendido $>200^{\circ}\text{C}$ y que no se deforman ni se ablandan a dicha temperatura). **Signo gráfico:** *ninguno*.

Aparatos con alimentadores o transformadores incorporados adecuados para el montaje directo sobre superficies combustibles (con temperatura mínima de encendido $\geq 200^{\circ}\text{C}$ y que no se deforman ni se ablandan a dicha temperatura). **Signo gráfico:** .

6.5. PODER DE AUTOEXTINCIÓN.

Este apartado no se refiere solamente a cuadros construidos con el Aislamiento Total, sino que es un problema general de la seguridad de explotación, ya que sería inadmisiblemente que la aparamenta eléctrica y que los materiales empleados por las cajas aislantes presentasen riesgo de incendio. De hecho todas las propiedades exigidas a las materias utilizadas en la construcción de equipos de maniobra y cuadros de distribución, son comunes (figura 4).

Los aislantes termoestables utilizados para las bases de cajas aislantes son incombustibles. Su descomposición química por el calor (pirolisis) no empieza hasta una temperatura superior a 700°C

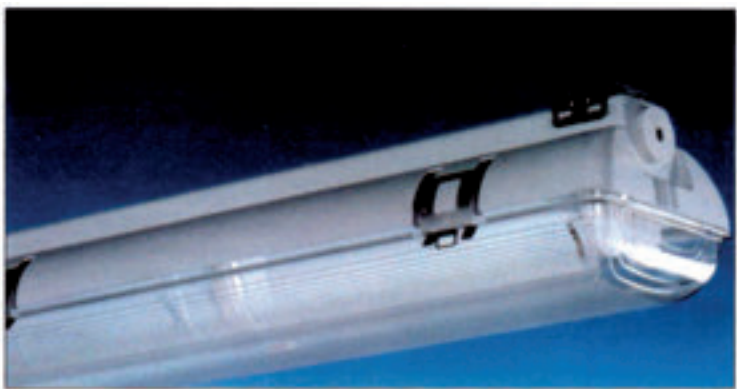


Figura 3.
Luminaria IP 65

Aparato de prueba	Condiciones a verificar	Clasificación (temperatura del hilo incandescente °C)					
		Temperatura del hilo	550 °C	650 °C	750 °C	850 °C	960 °C
	Hilo calentado electrónicamente se aprieta contra la muestra. Puede penetrar pero no debe provocar el encendido o la caída de gotas incandescentes.	uso típico	Componentes empotrados o de pared incombustible	Canales y pasarelas a vista	Canales y pasarelas a vista	Componentes empotrados en pared combustibles o que contienen partes activas	Componentes empotrados en pared combustibles o que contienen partes activas

Para minimizar riesgos, las carcassas de los aparatos están realizadas en materiales **plásticos autoextinguibles**.

960 °C

Figura 4.- Indices para evaluar la reacción al fuego de los componentes fabricados con material aislante orgánico.
Método de hilo incandescente
(Glow wire test - según IEC 50-11 - IEC 695-2-1).

7. Protección contra el contacto eléctrico indirecto

7.1. DEFINICIÓN DEL RIESGO.

Se entiende por contacto indirecto el contacto entre una parte del cuerpo de una persona y las masas puestas accidentalmente bajo tensión como consecuencia de un defecto de aislamiento.

Se denomina masa a las partes o piezas metálicas accesibles del equipo eléctrico, que normalmente no están bajo tensión, pero que pueden estarlo si se produce un defecto de aislamiento. Por extensión, los elementos conductores directamente conectados a estos equipos eléctricos, son igualmente considerados como masas.

Bajo ciertas condiciones el peligro aparece cuando el trabajador toca el aparato o equipo eléctrico defectuoso. Entonces puede verse sometido a una diferencia de potencial establecida entre una masa y el suelo. La masa en contacto con la fase y el terreno en contacto con el neutro.

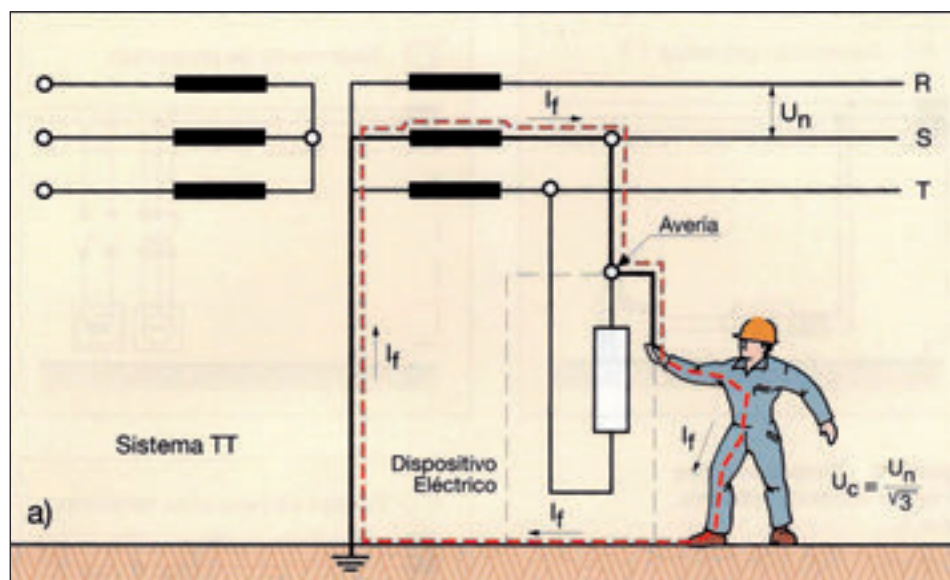
En la figura 1 a) se representa un contacto indirecto, al tocar la caja de un dispositivo eléctrico, que está averiado y ha perdido su aislamiento, en una red de baja tensión cuyo transformador tiene el neutro conectado a tierra.

En la figura b) se representa la protección contra los contactos indirectos, por puesta a tierra de las masas y los dispositivos de corte.

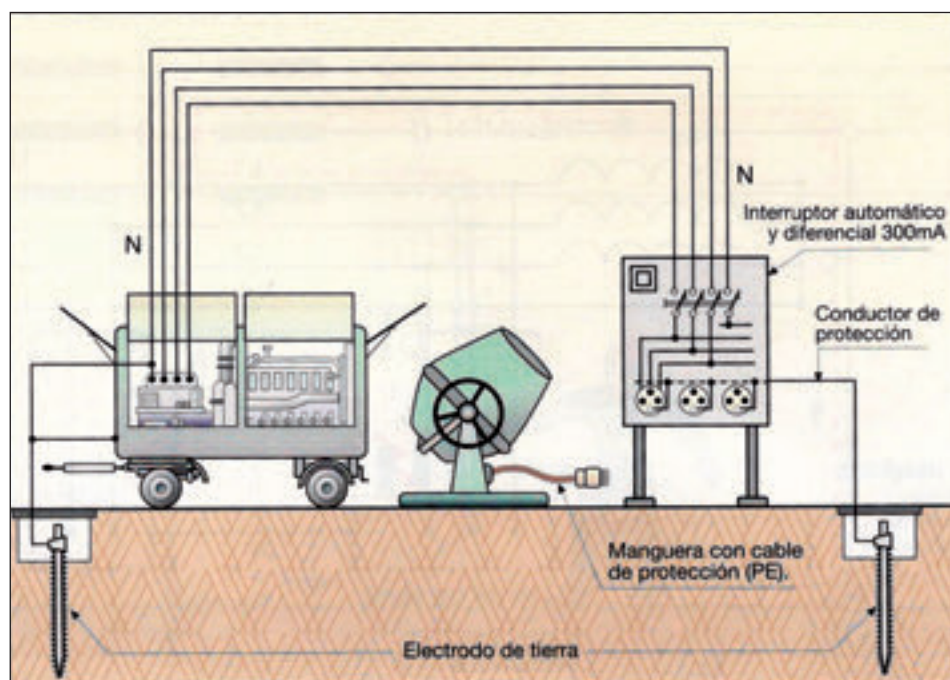
7.2. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS ELÉCTRICOS INDIRECTOS.

Para la protección de las personas contra los contactos con masas puestas accidentalmente bajo tensión, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (ITC-BT 24), establece:

- Protecciones sin corte de la instalación (Clase A)
- Protecciones con corte de la instalación (Clase B)



a)



b)

Figura 1: a) contacto eléctrico indirecto.
b) Tomas de tierra de servicio y protección.

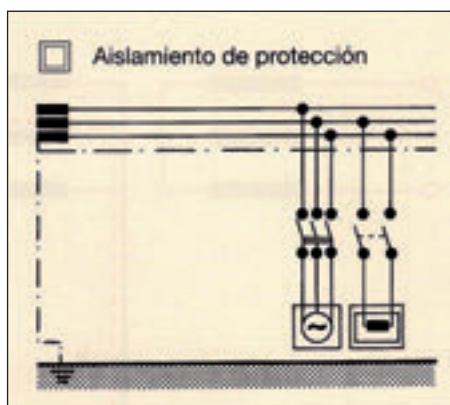
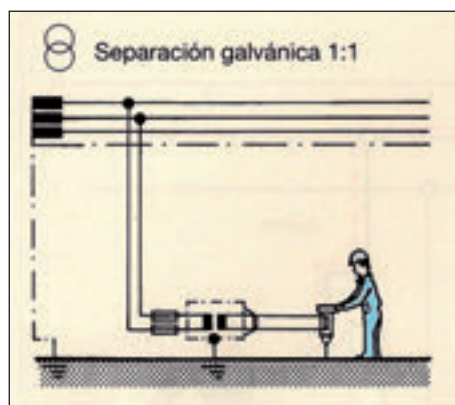
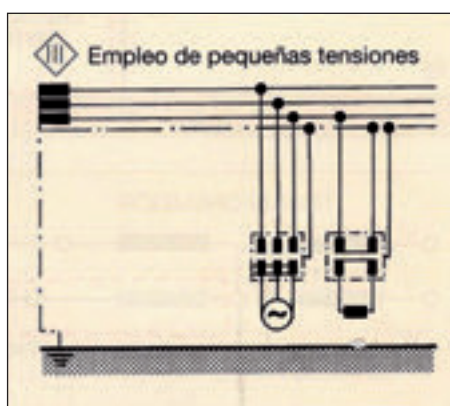


Figura 2: Protección contra contactos eléctricos indirectos.
Clase A.



Clase A

Esta medida consiste en adoptar medidas destinadas a suprimir el riesgo en sí mismo, haciendo que los contactos no sean peligrosos (*Figura 2*).

Los sistemas de la clase A más frecuentemente utilizados son:

- Empleo de pequeñas tensiones de seguridad.
- Separación de circuitos
- Recubrimiento de las masas con aislamiento doble o complementario.

Clase B

Esta medida consiste en la puesta a tierra de las masas de los aparatos (*Figura 3*) asociándola a un dispositivo de corte automático que origine la desconexión del aparato defectuoso.

De esta manera evitaremos que, en caso de defecto, aparezcan en los aparatos tensiones superiores a las de seguridad. Los valores límite de tensiones de seguridad son:

- 24 Voltios en locales húmedos y mojados.
- 50 Voltios en locales secos y no conductores.

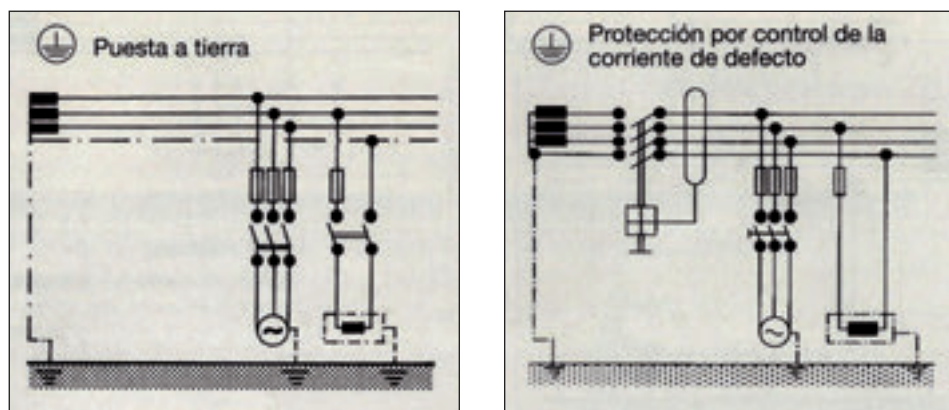


Figura 3. Puesta a tierra de las masas.

7.3. SISTEMAS DE PROTECCIÓN CLASE A.

a) Doble aislamiento.

El doble aislamiento consiste en colocar en el aparato protegido, otro aislamiento, además del funcional que llevan los elementos en tensión eléctrica, es decir, dos aislamientos, cada uno de los cuales por sí solo, es capaz de garantizar una buena protección (Figura 4).

El sistema de doble aislamiento puede realizarse de dos maneras:

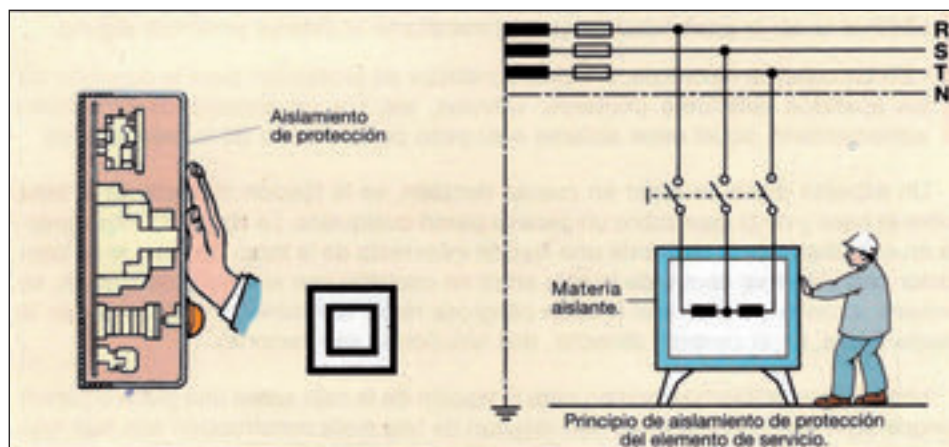


Figura 4.- Doble aislamiento.


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

Este sistema de protección consiste en el empleo de aparatos y materiales que dispongan de aislamientos de protección reforzados entre sus partes activas y sus masas accesibles.

- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección.

Este sistema de protección consiste en recubrir las masas con un aislamiento de protección. El material aislante será prácticamente continuo, incluyendo todas las partes metálicas.

El empleo de estas medidas de protección dispensa de tomar otras contra los contactos indirectos.

Los receptores de doble aislamiento llevan el símbolo  situado, junto a los otros símbolos indicadores de sus características.

El aislamiento de protección, en concepto de suplemento del aislamiento funcional, deberá asegurar que en ningún caso las partes metálicas serán susceptibles de ser puestas bajo tensión por un defecto del aislamiento funcional (*Figura 5*).

- Normas a seguir para la construcción de órganos o aparatos en aislamiento total.

En la construcción de los órganos o aparatos de Aislamiento Total se exige la observancia rigurosa de los principios básicos siguientes:

- Impedir la aparición de una tensión de contacto peligrosa.
- Suprimir el conductor de protección.

Estas disposiciones significan que:

- Ningún elemento metálico conductor debe atravesar la envolvente aislante, para eliminar la así la posibilidad de que se manifestase al exterior potencial alguno.
- En los cuadros eléctricos, si existe conductor de protección para la conexión de los aparatos exteriores (motores, válvulas, etc.,) a un sistema de protección suplementario, aquel debe aislarse a su paso por el interior de la caja aislante.

Un aspecto digno de tener en cuenta también, es la fijación correcta de la tapa sobre la base y de la caja sobre un panel o pared cualquiera. La figura 6 nos muestra en el grabado de la izquierda una fijación incorrecta de la tapa. En ésta, si un conductor con potencial dentro de la caja entra en contacto con el tornillo de fijación, se derivará a través de éste una tensión peligrosa hacia el exterior. Puede verse en la misma figura, en el centro y derecha, dos soluciones satisfactorias.

Los mismos problemas existen para la fijación de la caja sobre una placa o pared, aunque aquí las consecuencias que resultan de una mala construcción son aún más graves, puesto que en caso de avería todo el soporte de fijación quedará sometido a un potencial peligroso a través del tornillo de fijación.



Figura 5. Armario de obra de doble aislamiento.

Las bornas de empalme de un conductor de protección que atraviese el interior de la caja, serán montadas sobre soportes aislantes, como las bornas de los conductores principales y neutro.

b) Separación de circuitos

Esta forma de protección, para instalaciones de tensión igual o inferior a 440 voltios, consiste en separar los circuitos de utilización y alimentación, mediante un transformador de arrollamientos separados que deberá cumplir las instrucciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. El transformador de separación de circuitos, si es móvil, deberá ser de doble aislamiento.

El esquema de la *figura 7* muestra como el circuito de una corriente de defecto no puede cerrarse. No aparece una tensión de contacto entre la mano y el pie del trabajador.

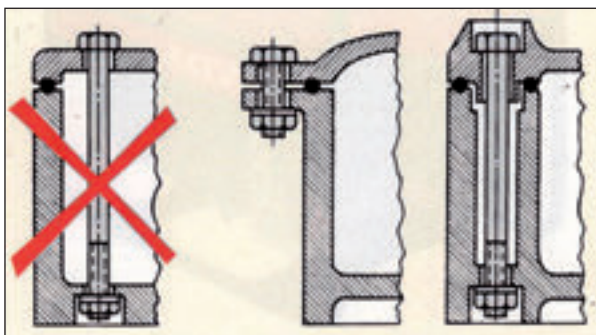


Figura 6. Fijación correcta de la tapa en una caja de Aislamiento Total. A la izquierda, posibilidad de un potencial peligroso a través del tornillo de fijación; en centro y derecha por su construcción no es posible.

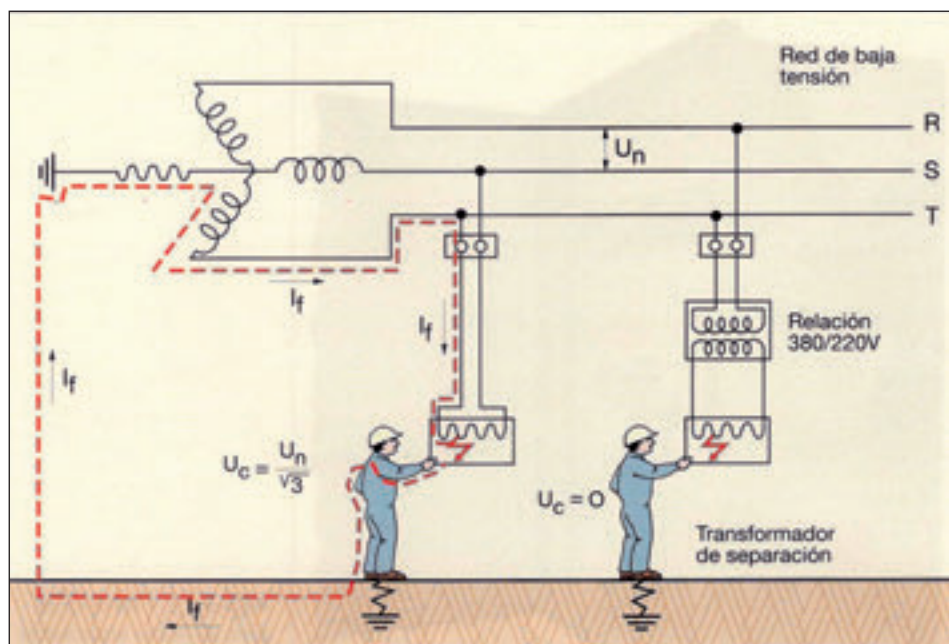


Figura 7. Esquema de principio de la protección por separación de circuitos.

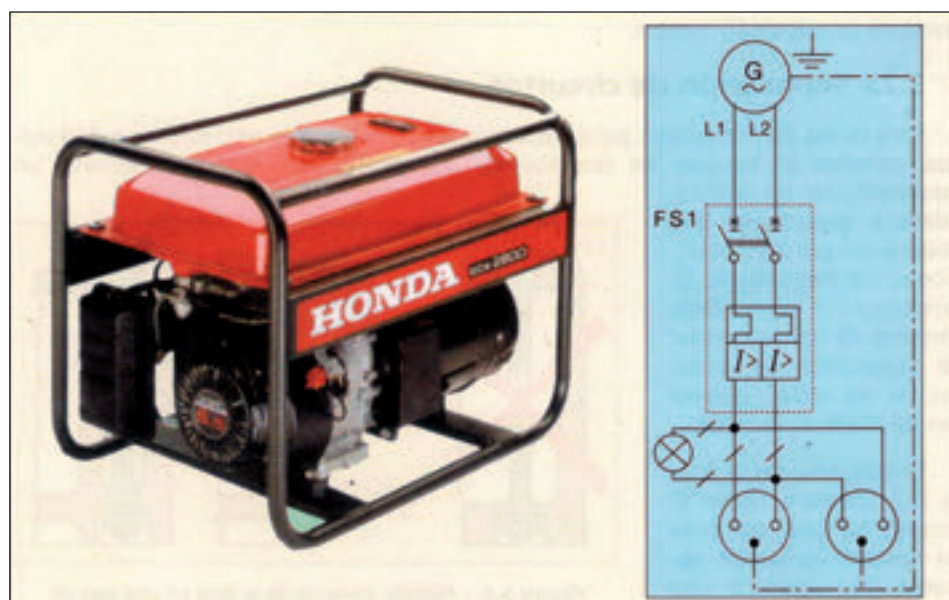


Figura 8. Alimentación de herramientas portátiles eléctricas a base de separación de circuitos (Grupo electrógeno monofásico de neutro aislado).

Un posible riesgo a considerar es que se produzca un doble fallo de aislamiento, que una fase de un conductor se ponga accidentalmente a tierra y se produzca un contacto indirecto en la envolvente, apareciendo la tensión de contacto de la red $U_c = U_n$, con el riesgo que esto representa.

Se recomienda un transformador de aislamiento para cada aparato a proteger, o que el secundario del transformador sea múltiple, de varios secundarios independientes.

Es preciso supervisar frecuentemente el buen estado de los cables de distribución de estos circuitos, para evitar fallos de aislamiento a tierra.

La tensión de los transformadores de aislamiento monofásicos será como máximo de 250 voltios y su potencia de 10 KVA. Esto es válido también para los grupos electrógenos (Figura 8).

Las tomas de corriente llevarán conductor de protección, para evitar que un doble fallo de aislamiento en dos receptores se traduzca en un cortocircuito.

En todos los casos, el circuito de utilización no ha de ser muy grande y no alimentar más que a unos pocos aparatos.

c) Tensiones reducidas

La protección contra los contactos indirectos, también puede hacerse con “tensiones reducidas” que consiste en alimentar los aparatos eléctricos con tensiones no superiores a 50 voltios, en lugares secos, 24 Voltios en lugares húmedos y 12 voltios en lugares con agua, en corriente alterna.

Existen condiciones de trabajo particularmente desfavorables en que se hace necesaria la alimentación a muy bajas tensiones, por ejemplo cuando se trabaja con lámparas y aparatos eléctricos portátiles en el interior de talleres, naves, calderas, tuberías, y en locales con ambientes mojados, corrosivos, etc., ya que en estos casos, el cuerpo humano puede tocar zonas muy conductoras.

En corriente alterna se consigue esta tensión reducida, o tensión de seguridad, por medio de transformadores convenientemente aislados (Figura 9) denominados “transformadores de seguridad” conectados a la red, cuya tensión de salida es de 24 voltios.

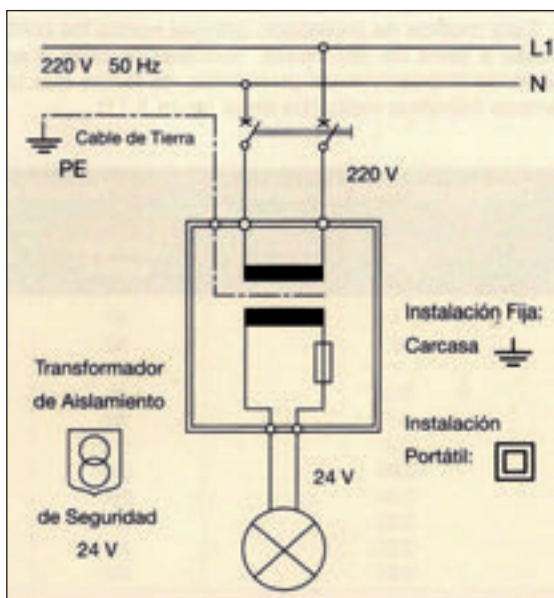


Figura 9. Esquema de un transformador de aislamiento de seguridad.

No se efectuará transformación directa de alta tensión a la tensión de seguridad. Se deberán usar transformadores de devanados separados, si son portátiles, con doble aislamiento o recubrimiento de protección aislante (Figura 10).



Figura 10. Transformador de seguridad de doble aislamiento.

Se prohibirá usar transformadores para obtener la tensión de seguridad, ya que al haber una conexión común del primario con el secundario, puede producirse un contacto con una fase de la tensión de seguridad y tierra, con lo que aparecerá la tensión simple, peligrosa, del circuito primario de alimentación.

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.

7.4. SISTEMAS DE PROTECCIÓN CLASE B.

Esta medida de protección general contra contactos indirectos consiste en la puesta a tierra de las masas, asociada al corte o apertura automática del circuito mediante dispositivos de protección, de forma que la tensión sea eliminada en los tiempos máximos indicados en la tabla I.

Tiempo máximo de corte	Tensión de contacto (Voltios)		
t (sg)	Locales secos	Locales húmedos ó mojados	Locales con agua
5	50	24	12
2	60	32	17
1	75	40	22
0,5	90	50	27
0,2	120	65	37
0,1	170	100	55
0,05	220	150	85
0,04	250	175	100
0,03	300	200	125
0,02	350	240	150
0,01	500	390	220
Ejemplos	Interiores	Obras	Fosos con agua

Tabla I. Tiempos máximos de corte para la eliminación de la tensión.

Las obras están consideradas por el Reglamento Electrotécnico de B.T. como locales mojados (Instalaciones a la intemperie).

Las tensiones producidas por un defecto o fallo accidental, deben ser anuladas en tiempo suficientemente cortos, para ser toleradas por el cuerpo humano. Para conseguir este resultado es preciso reunir las tomas de tierra y las masas mediante un conductor de protección. El tipo de dispositivo de corte automático depende de las posiciones respectivas del punto neutro, en relación a la tierra y a las masas.

Sistema del punto neutro de red.

Los distintos tipos de esquemas de conexión a tierra que pueden darse, son los siguientes; según la conexión del neutro del transformador o generador.

a) Sistema TT

Según el esquema TT el neutro está conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación eléctrica se encuentran conectadas a una toma de tierra eléctricamente distinta de la toma de tierra del neutro (Figura 11).

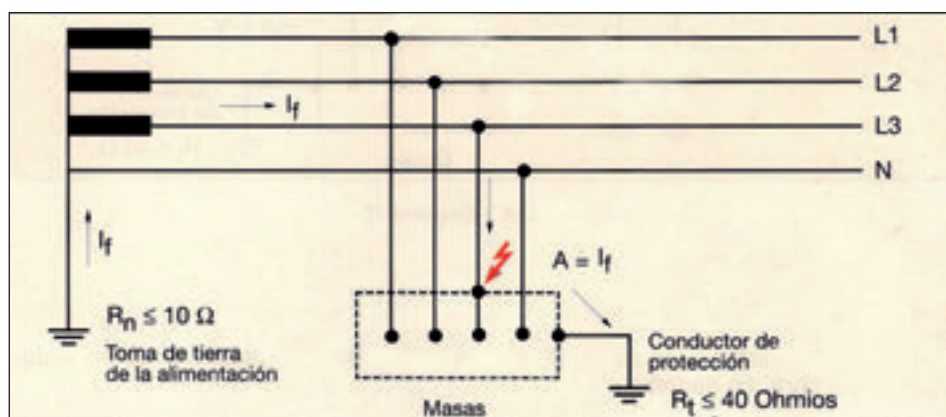


Figura 11. Esquema TT.

El valor de la toma de tierra, en Ohmios, deberá ser lo más baja posible, ya que la tensión de contacto ($U_c = U_d = R_t \times I_d$) que aparecerá en las masas, será también más baja, pudiendo llegar a las tensiones de seguridad (Figura 12).

$$I_f = \frac{U_o}{R_t + R_n} ; U_d = R_t \times I_f$$

$$U_i = (\text{tensión de seguridad}) ; R_t = \frac{R_n \times U_L}{U_o - U_L}$$

Siendo:

R_t = Resistencia tierra

R_n = Resistencia neutro

I_f = Corriente de fuga o defecto

Suelo conductor $R_s = 0$

Resistencia terreno = 0

U_c = Tensión de contacto

U_d = Tensión de defecto

U_L = Tensión de seguridad

U_d U_c ($R_s = 0$)

$R_n \leq 10$ ohmios

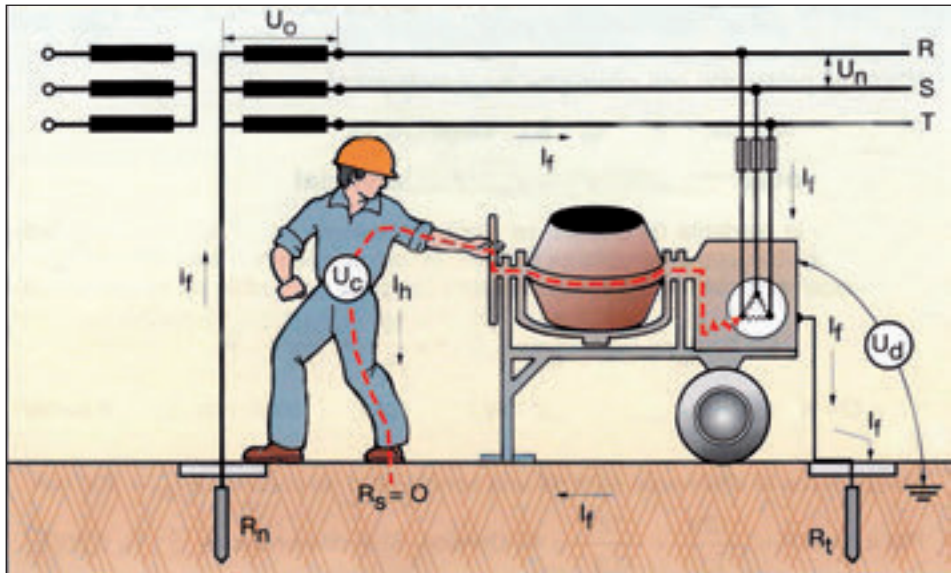


Figura 12. Tensión de contacto U_c en función de la resistencia de la toma de tierra R_t .

Ejemplo 1: $U_o = 230 \text{ V}$; $R_n \leq 10$; $U_L = 50 \text{ V} = \text{Local Soco}$

$$R_t = \frac{R_n \cdot U_L}{U_o \cdot U_L} = \frac{10 \cdot 50}{230 - 50} = 2,7 \text{ Ohmios}$$

De aquí la importancia del valor de la toma de tierra, cuanto más bajo mejor.

$$U_d = V_c = R_t \times I_d ; I_d = \frac{230 \text{ v}}{R_t + R_n} = \frac{230 \text{ v}}{2,7 + 10} = 18 \text{ A}$$

$$\text{Luego } V_d = V_c = R_t \times I_d = 2,7 \times 18 \leq 50 \text{ v}$$

Ejemplo 2: $R_n = 10 \text{ Ohmios}$

$$R_t = 80 \text{ Ohmios}$$

$$U_o = 230 \text{ V} ; U_L = 24 \text{ V} = \text{local húmedo}$$

$$I_f = \frac{230}{80 + 10} = 2,55 \text{ A}$$

$$U_c = U_d = R_t \cdot I_d \text{ (If)} = 80 \cdot 2,55 = 204 \text{ V}$$

(valor peligroso que tendrá que eliminarse en un tiempo $\leq 30 \text{ ms}$)

$$\text{El dispositivo de corte diferencial: } I_{AN} = \frac{U_L}{R_t} \leq 300 \text{ mA.}$$

Secciones de los conductores de fase (mm ²)	Sección del conductor Neutro (mm ²)
S < 50	5
50 < S < 95	50
S > 95	$\frac{S}{2}$

Sección de los conductores de neutro (MI BT008)

b) Sistema IT

El neutro del transformador o generador está aislado de tierra y solamente existe conexión a tierra en las masas.

La ventaja de este sistema es que un caso de contacto eléctrico directo e indirecto las corrientes que circulen a través del operario serán muy débiles, influenciadas no solamente por la resistencia del cuerpo sino por la capacidad de la red y su resistencia del aislamiento. Asimismo las tensiones de contacto son inócuas (Figura 13) debido a que el neutro permanece aislado de tierra.

El sistema IT tiene el riesgo de que el primer defecto o fallo a tierra de una fase en máquina determinada, no hace funcionar las protecciones y en caso de una segundo contacto accidental directo con las otras dos fases, la tensión de contacto es más elevada 400 Voltios (tensión = compuesta de la red), con mayor riesgo de electrocución en los trabajos que utilizan este tipo de instalación.

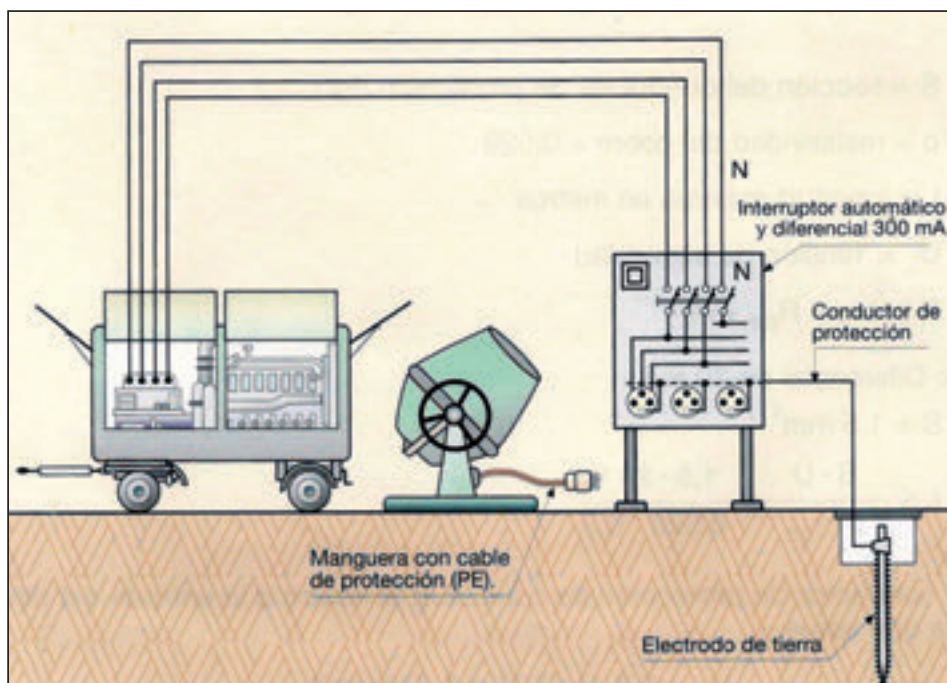


Figura 13. Sistema IT

8. Tomas de tierra y conductores de protección

8.1. REALIZACIÓN DE LA TOMA DE TIERRA.

La puesta a tierra se establece, con objeto de limitar la tensión (de contacto) que, con respeto a tierra, puedan presentar por avería en un momento dado las masas metálicas, asegurando la actuación de los dispositivos diferenciales y así eliminar el riesgo que supone un contacto eléctrico por avería en las máquinas o aparatos utilizados. Permitirá asimismo el paso a tierra de las corrientes de falta o defecto y cerrarse por la tierra del neutro del transformador que alimenta a la instalación eléctrica.

La toma de tierra se instalará al lado del cuadro eléctrico y de éste partirán los conductores de protección a conectar en las máquinas o aparatos a utilizar en la obra (*Figura 1*).

a) Puesta a tierra

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

- Toma de tierra
- Líneas de enlace con tierra
- Conductores de protección

b) Tomas de tierra

Las tomas de tierra estarán constituidas por electrodos o picas de material anticorrosivo cuya masa metálica permanecerá enterrada en buen contacto con el terreno, para facilitar el paso a éste de las corrientes de defecto que puedan sentarse.

Las tomas de tierra podrán estar constituidas por placas o picas verticales. Las placas de cobre tendrán un espesor mínimo de 2 mm, y las de hierro galvanizado de 2.5 mm.

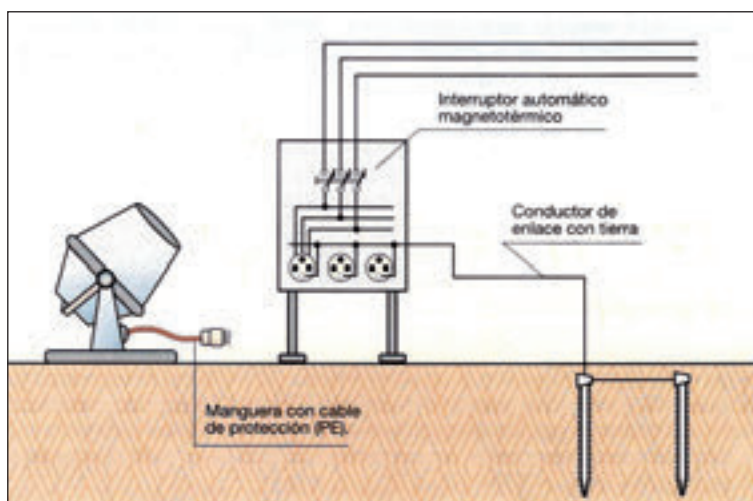


Figura 1. Disposición de la toma de tierra.

Las picas de acero o cobre serán de 25 mm de diámetro como mínimo y los perfiles de acero galvanizado de 60 mm de lado como mínimo.

Los cables de unión entre electrodos serán de una sección no inferior a 35 mm de cobre.

El valor de la Resistencia de tierra metido en las condiciones más secas del terreno, sin añadir elementos corrosivos, como sal, etc. no será superior a 40 ohmios para evitar tensiones de contacto elevadas y poder utilizar diferenciales de 300mA de sensibilidad, normales o selectivos, según especifica el R.E.B.T.

Los electrodos o picas se situarán a una distancia superior a la longitud de la pica, formado un triángulo o cuadrícula, para que los embudos de tensión no se toquen y se pueda cumplir:

$$R_1 = \frac{R_{\text{pica}}}{n^{\circ} \text{ de picas o electrodos}}$$

La resistencia de tierra de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y 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 humedad.

En las tablas I y II se reflejan éstos datos medios que pueden emplearse para una primera aproximación en los cálculos.

Ejemplo: calcular el nº de picas a instalar si se trata de un terreno de $p = 160 \Omega \times m$. Para obras $R_t \leq 40 \Omega$. Longitud de la pica = 2 metros.

$$R_t = \frac{p}{L_t}; L_t = \frac{p}{R_t} = \frac{160 \Omega \times m}{40 \Omega} = 4 \text{ metros}$$

$$\text{Si } R_t = \frac{R_p}{n^{\circ} \text{ picas}}; L_{\text{pica}} = \frac{L_{\text{total}}}{n^{\circ} \text{ picas}}; n^{\circ} \text{ de picas} = \frac{L_t}{L_p} = 2$$

(La distancia entre picas será mayor que L_p ; $d > L_p$)

Naturaleza del terreno	Valores de Resistividad (ρ) en Ohm x m
Terrenos cultivables y fértiles	50
Terrapienes compactos y húmedos	50 a 100
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Arena arcillosa	150 a 500
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Calizas blandas	100 a 300
Pizarras	150 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000

Tabla I. Resistividad el terreno

Electrodo	Resistencia
Placa enterrada	$R = \rho / P$
Pica vertical	$R = \rho / L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2\rho / L$

Tabla II. Valor de la resistencia de tierra (MIE BT 039) (ρ = resistividad del terreno OHM.M)

P = perímetro de la placa (m).

L = longitud de la pica o conductor (m).

Siguiendo el gráfico de la *figura 2* para picas se verifican el cálculo separándolas 6 metros.

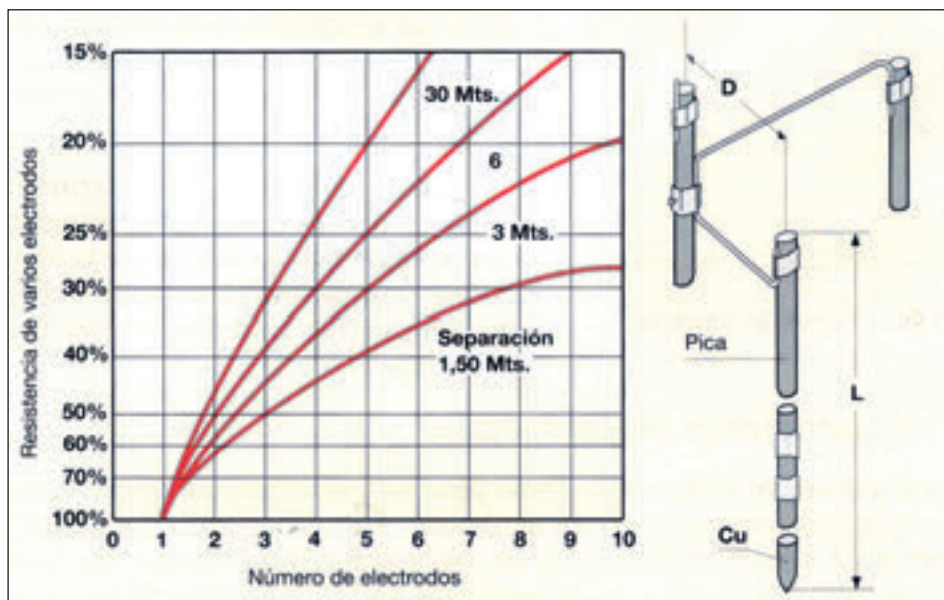


Figura 2. Número y separación de electrodos.

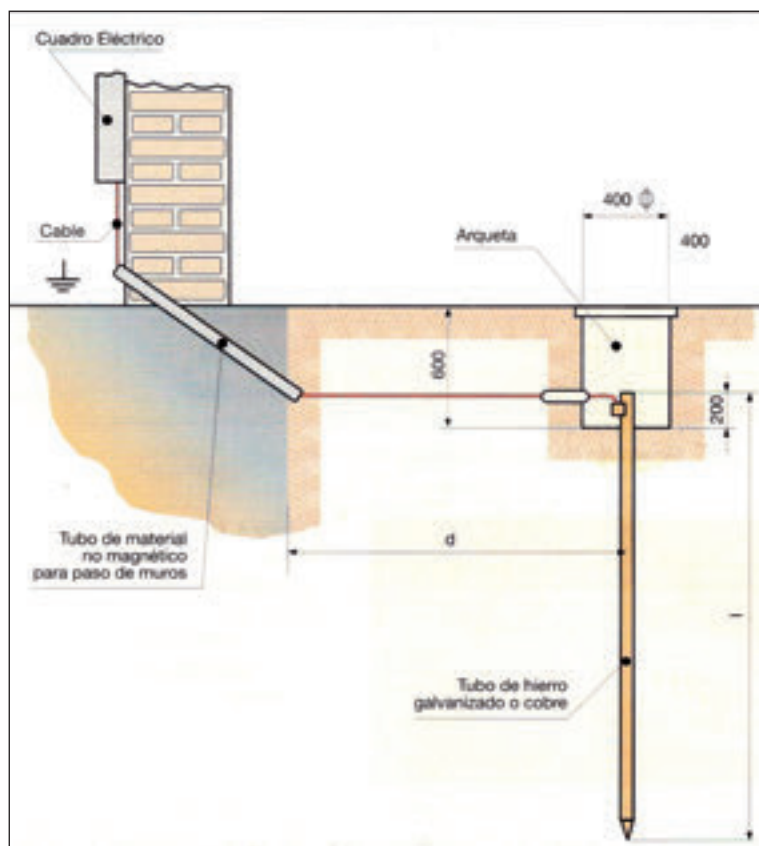


Figura 2. Línea principal de tierra de conexión del cuadro a la toma de tierra.

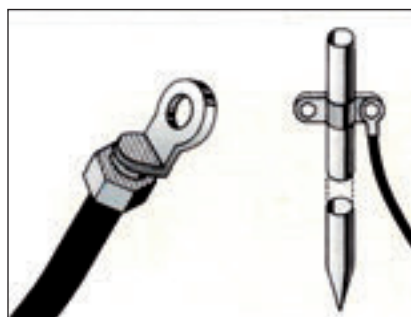


Figura 4. Conexión correcta.

c) Líneas de enlace con tierra.

Son los cables de unión entre electrodos o los electrodos y el cuadro eléctrico de obra. Su sección no será inferior a 16 mm de cobre aislado de color amarillo /verde (figura 3).

La conexión de la toma con el cable de tierra se realizará mediante empalmes llevados a cabo con la ayuda de terminales soldados o engastados al cable y sujetos mediante pernos a la pica o anillo de tierra (Figura 4).

d) Conductores de protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas metálicas de las máquinas o aparatos con la toma de tierra, con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos de las hormigoneras, grúas, etc. El conductor de protección estará incluido preferentemente en los conductores que alimenta las máquinas o separado, y se distinguirá por el color de su aislamiento verde/amarillo (figura 5), símbolo PE.

La sección del conductor de protección será como mínimo indicada en la tabla III del R.E. para un conductor del mismo metal que el de los conductores activos.

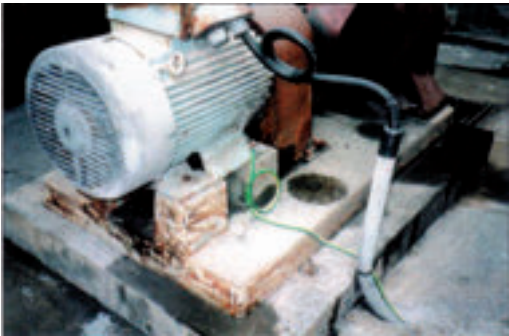


Figura 5. Localización del conductor de protección, por su colaboración amarillo/verde.

Sección de los conductores de fase de instalación S (mm²)	Sección mínima de los conductores de protección Sp (mm²)
S < 16	S (*)
16 < S < 35	16
S > 35	S/2

Tabla III. Sección del conductor de protección. (*) Con un mínimo de 4 mm, si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación.

8.2. TOMAS DE TIERRA PARA GRÚAS TORRE.

Las Grúas Torre para obras llevarán protección contra los contactos eléctricos indirectos de los motores y equipos eléctricos existentes en la misma. Para ello se conectará al cuadro eléctrico de obra con la correspondiente toma de corriente, la alimentación eléctrica más el conductor de protección (PE), que conectará las masas de los aparatos existentes en la grúa.

Así mismo, deberá existir una toma de tierra correspondiente a la red eléctrica de protección (PE), que se conectará a la estructura metálica de la grúa y se ésta es móvil a las vías de rodadura (UNE 58101-80)

Esta toma de tierra servirá como protección frente a descargas atmosféricas, inducciones de líneas aéreas desnudas de alta tensión, inducciones de emisoras de radio, etc.

El valor de la toma de tierra instalada en las proximidades de la grúa y su valor no será superior a 20 ohmios (figura 6).

Asimismo esta instalación de tierra protege también frente a un contacto directo accidental con una línea eléctrica desnuda, ya que favorece el disparo de la red y reduce la tensión de defecto que puede aparecer en su estructura y cables metálicos.

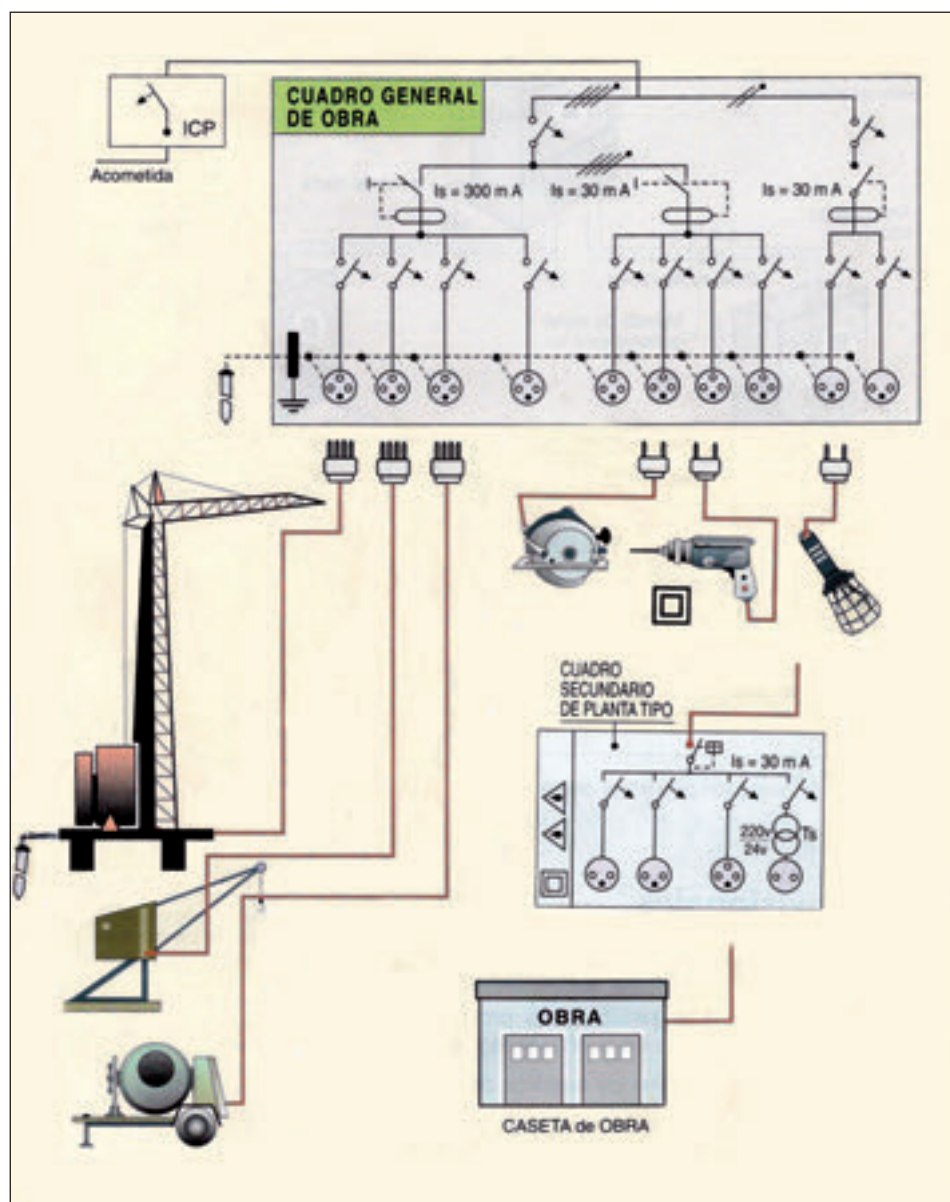


Figura 6. Tomas de tierra para Grúas Torre e instalación eléctrica de obra.

9. Receptores eléctricos de baja tensión

9.1. APARATOS ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN.

Los aparatos se clasificarán respecto a la protección contra los contactos indirectos.

Clasificación:

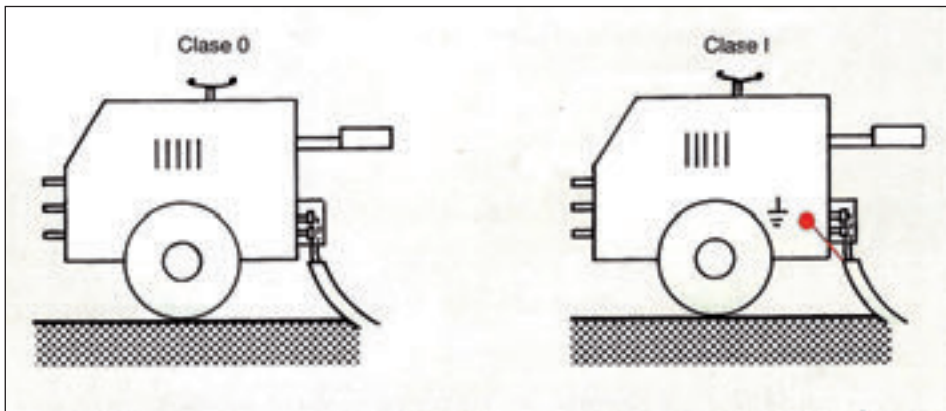


Figura 1. Aparatos de soldadura eléctrica, portátiles.

Clase 0: No llevan dispositivos que permitan unir las partes metálicas accesibles, a un conductor de protección. Su aislamiento corresponde a un aislamiento funcional. Estos aparatos deberán ser desechados en la práctica (Figura 1).

Clase I: Equipos dispuestos para ser conectados a la red, en los que la protección contra descargas eléctricas no se confía solamente al aislamiento básico, sino que se incluye, como medida adicional de seguridad, el que las partes conductoras estén conectadas a la tierra de protección general del local, con objeto de evitar que tales partes puedan convertirse en activas por fallo de aislamiento básico.

Llevar dispositivos que permiten unir las partes metálicas accesibles, a un conductor de protección.

Cuando la alimentación del aparato se realiza por medio de un conductor flexible, éste incluye el conductor de protección, y su clavija para toma de corriente dispone de contacto para este último conductor (Figura 2)



Figura 2. Receptor de la Clase I. Localización de conductor de protección verde/amarillo.

Clase II. Equipos dispuestos para ser conectados a la red principal, en los que la protección contra las descargas eléctricas no se confía solamente al aislamiento básico, sino que el factor de seguridad se incrementa por doble aislamiento o aislamiento suplementario (Norma UNE - EN 61140). No necesitan conexión a la tierra protectora (Figura 3).

Es decir, que para conseguir el doble aislamiento debe cumplirse que todas la partes susceptibles de contacto, que en caso de defecto pudieran quedar en tensión directa o indirectamente:

a) Deben estar cubiertas con material aislante de forma segura y duradera.



Figura 3. Herramienta portátil Clase II, de doble aislamiento. El símbolo de doble aislamiento debe ir marcado en la carcasa.

b) Deben quedar separadas de las partes en tensión mediante la separación con piezas aislantes fijadas de forma segura (caso de ejes de transmisión de esfuerzos o tornillo de sujeción).

Este sistema de protección representa una seguridad eficaz, de tal manera que en la actualidad se está aplicando e las herramientas portátiles, con gran ventaja con respecto a las otras clases (no precisan conductor de protección).

Se tendrá gran cuidado en las reparaciones de estos aparatos, con objeto de conservar los aislamientos y sustituir las piezas aislantes deterioradas por otras de igual garantía protectora.

Clase III: Equipos en los que la protección contra descargas eléctricas se confía a la alimentación con voltajes de baja tensión de seguridad (*Figura 4*). Son los que están previstos para ser alimentados a una tensión no superior a los 50 Voltios. No tiene ningún circuito interno ni externo que funcione a una tensión superior a ésta.

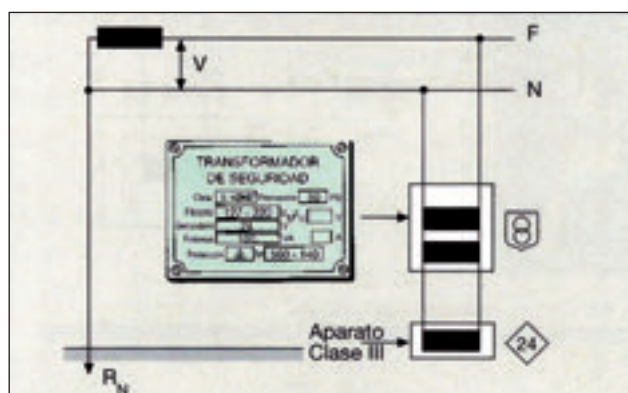


Figura 4. Alimentación de receptores. Clase III

9.2. HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS PORTÁTILES.

Los útiles y herramientas eléctricas portátiles son los equipos más peligrosos, dado el estrecho contacto que existe entre el hombre y la máquina y teniendo en cuenta que los trabajos son realizados en las obras, la mayoría de las veces, sobre emplazamientos mojados o conductores.

La tensión de alimentación de las herramientas eléctricas portátiles de accionamiento manual no podrá exceder de 250 Voltios respecto a tierra.

Las herramientas portátiles utilizadas en obras de construcción de edificios, talleres, etc. serán de clase II o doble aislamiento.

Cuando estas herramientas se utilizan en emplazamientos húmedos o muy conductores, que se caracterizan por su reducido espacio y por la conductividad de sus paredes metálicas y/o húmedas, son muchas las posibilidades de contacto del operario con las paredes y de que la corriente circule por su cuerpo, con el consiguiente riesgo de electrocución. Se utilizará protección diferencial de alta sensibilidad (30 mA) (*Figura 5*).

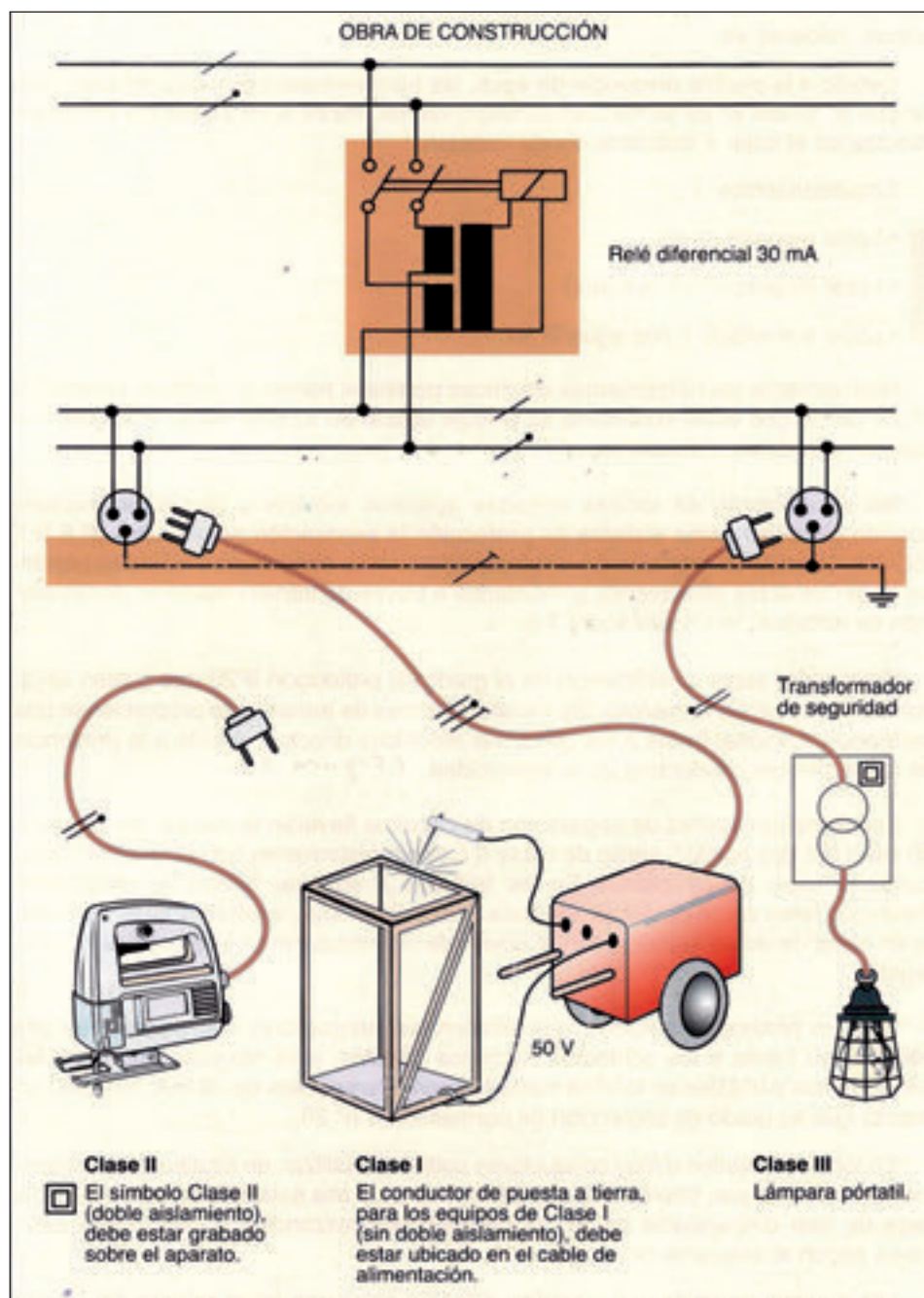


Figura 5. Conexión eléctrica de aparatos de las Clases I, II y III. Cualquiera que sea la clase de la máquina utilizada, las bases de la toma de corriente deben llevar incorporada una puesta a tierra, excepto para las máquinas de la clase III.

En general es suficiente con que una de las cotas de lugar de trabajo sea reducida para que éste sea un recinto conductor, como por ejemplo: cisternas, habitaciones, calderas, etc.

Debido a la posible presencia de agua, las herramientas eléctricas deberán contar con el grado IP de protección correspondiente, frente a los contactos eléctricos directos en el lugar y ambiente donde trabajen.

Emplazamientos

- Local húmedo IP 43
- Local mojado IP 44 (exterior)
- Local sumergido o con agua IP 67

Normalmente las herramientas eléctricas portátiles tienen el grado de protección IP 20, por lo que éstas están solamente se podrán utilizar en locales secos y húmedos si cuentan con dobles aislamiento.

No se utilizarán en locales mojados aparatos móviles o portátiles, excepto cuando se utilice como sistema de protección la separación de circuitos (R.E.B.T.ITC 30). Cuando se empleen en emplazamientos muy conductores los útiles portátiles serán de doble aislamiento, alimentados a través de transformadores de separación de circuitos. (Figura 6).

Para poder suplir la deficiencia en el grado de protección IP20 que suelen llevar normalmente las herramientas, los transformadores de aislamiento proporcionan una protección adicional frente a los los contactos eléctricos directos, debido a la presencia de agua, posible conductora de electricidad. (Figura 6).

Los transformadores de separación de circuitos llevarán la marcha y cuando sean del tipo portátil serán de clase II o doble aislamiento proporcionan una protección adicional frente a los contactos eléctricos directos, debido a la presencia de agua, posible conductora de electricidad (figura 7).

Dada la protección adicional que ofrecen los interruptores diferenciales de alta sensibilidad frente a los contactos eléctricos directos, será necesario proteger las herramientas portátiles en locales húmedos con diferenciales de 30 mA, teniendo en cuenta que su grado de protección es normalmente IP 20.

En locales mojados o muy conductores podremos utilizar, en sustitución del transformador de choque, diferenciales de 10 mA de muy alta sensibilidad o de 15 mA, a base de usar diferenciales de 30 mA tetrapolares realizando sus conexiones exteriores según el esquema de la figura 8.

Los equipos de soldadura eléctrica, deberán colocarse en el exterior del recinto en el que opera el trabajador. La tensión entre el electrodo y la pieza a soldar será y en los locales muy conductores o húmedos no se emplearán tensiones superiores a 50 Voltios c/a y 75 Voltios c/c.



Figura 6. Receptores de doble aislamiento, alimentados con separación de circuitos.

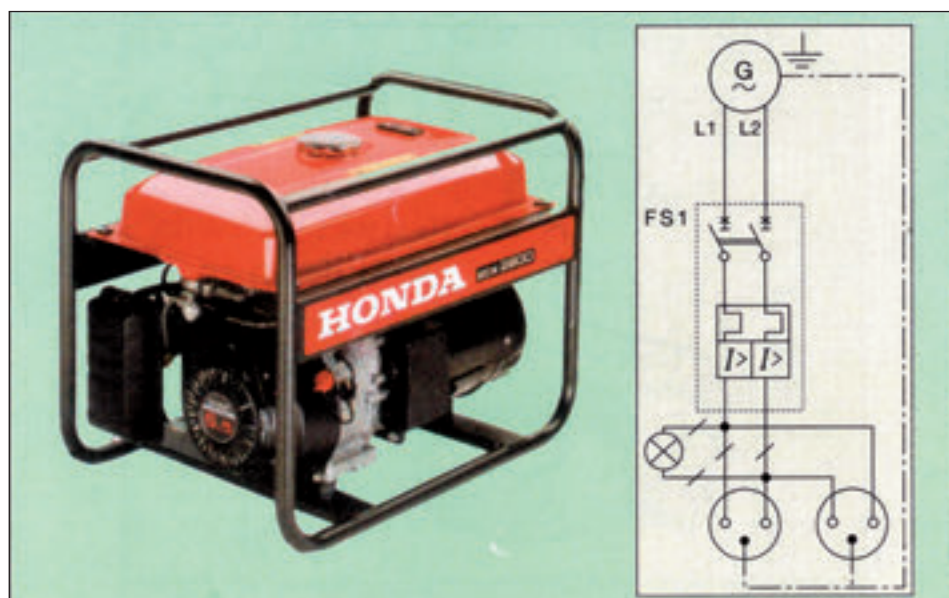


Figura 7. Alimentación de herramientas portátiles eléctricas a base de separación de circuitos (Grupo Electrónico).

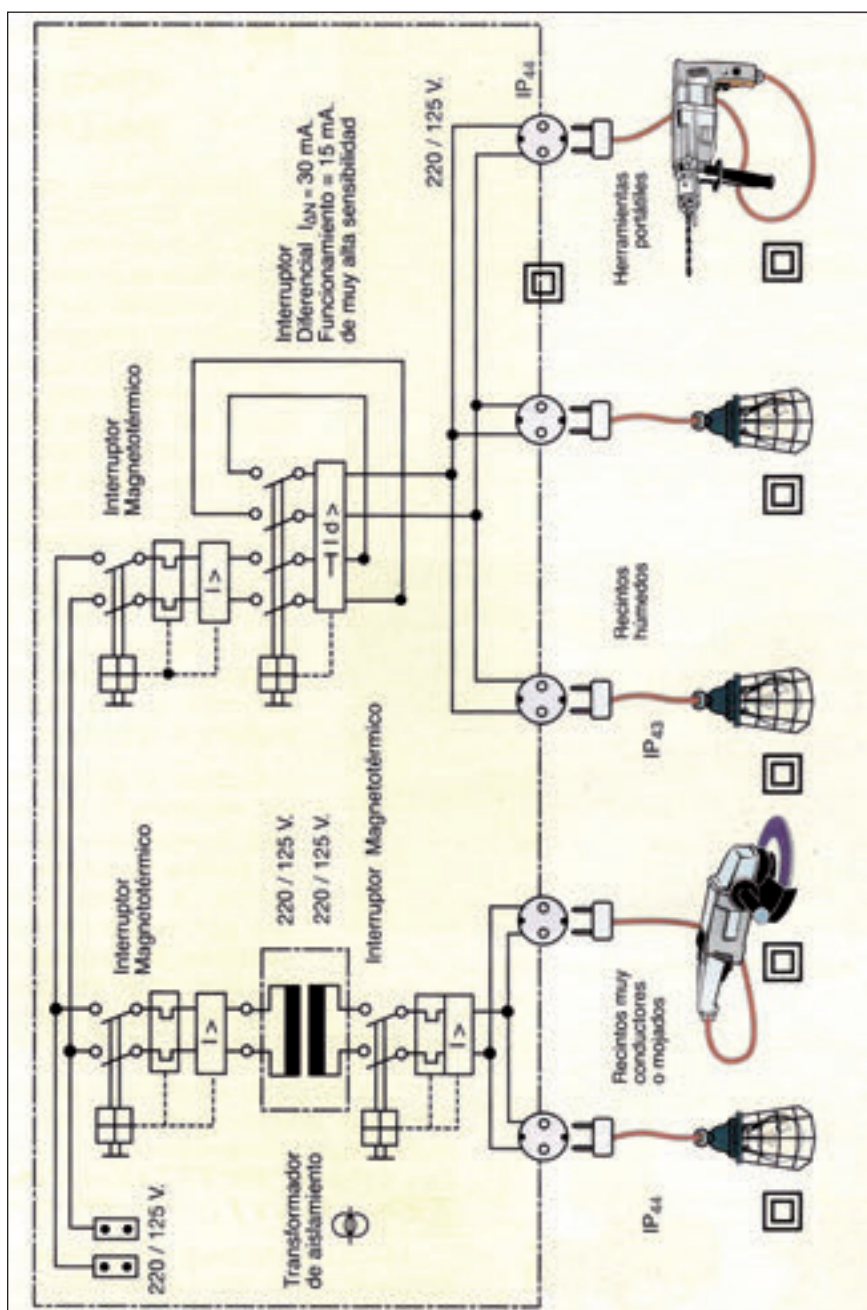


Figura 8. Cuadro eléctrico para la conexión de maquinaria portátil.

Los conductores eléctricos tienen una elevada importancia a efectos de seguridad, ya que están sometidos a toda clase de agresiones mecánicas, flexiones, torsiones, abrasión, cortes, etc., por lo que deberán ser de tipo flexible con aislamiento reforzado de 750 V de tensión nominal como mínimo, tipo HO7RN (Figura 9).

Características:

Normas de referencia: UNE 21027, HD 22.4.S. IEC 60245.

Temperatura de Servicio: - 30 + 85 °C.

Tensión Nominal (Servicio Móvil): 750 V.

(Servicio Fijo): 0,6 / 1 kV.

Ensayos de fuego que supera:

No propagación de la llama: UNE 20432 I (IEC 332 II).

Aplicaciones:

- Servicio móvil (máquinas y equipos móviles, obras, grúas, etc.).
- Ambientes húmedos o mojados (piscinas, estanques, etc.).
- Servicio bajas temperaturas (móvil - 30 °C, fijo - 50 °C).
- Resistencia a los aceites, grasas y combustibles líquidos.
- Equipos de soldadura.



Figura 9. Conductor tipo H07RN-F

9.3. LÁMPARAS ELÉCTRICAS PORTÁTILES.

Estas lámparas deben responder a las Normas UNE 20-417 y UNE 20-419 y estar provistas de una protección contra los choques, una tulipa que garantice la protección contra proyecciones de agua y un mango aislante que evite al riesgo de choque eléctrico. Las portátiles deben estar construidas de tal forma que no puedan ser desmontadas sin la ayuda de herramientas.

Las lámparas portátiles deberán ser de clase II (doble aislamiento) y podrán utilizarse en locales secos o húmedos a una tensión no superior de 220 Voltios

Cuando se utilicen en locales mojados o en superficies conductoras, su tensión no podrá exceder de 24 Voltios, si no son alimentados por medio de transformadores de separación de circuitos que se colocarán en el exterior de estos lugares (R.E.B.T.-ITV-BT 44). (Figura 10)

Las lámparas eléctricas portátiles tendrán sus piezas metálicas bajo tensión protegidas. Los portalámparas y pantallas deberán estar protegidas con grados IP (Figura 11).

Los conductores de alimentación de las lámparas serán del tipo flexible, de aislamiento reforzado, de 750 voltios de tensión nominal como mínimo (H07RN).

Las lámparas portátiles serán de grado de protección IP adecuado a los locales donde se tengan que funcionar, es decir estarán protegidas contra la caída vertical de agua en ambientes húmedos, protegidas contra las proyecciones de agua y también frente al polvo.

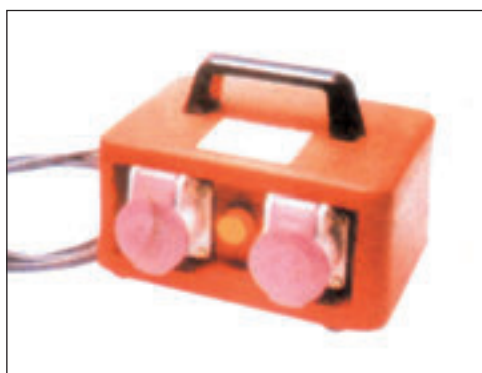


Figura 10. Transformador de seguridad con salida a 24 voltios.



Figura 12. Cuadro auxiliar con diferenciales de alta sensibilidad.

Grados de protección (mínimos)

- Locales secos IP20
- Locales húmedos IP43
- Locales mojados (exterior) IP44
- Locales pulverulentos IP55

Debido a que en las obras se utilizan lámparas portátiles y herramientas con grado de protección IP20, y a que muchos lugares son de ambiente húmedo, deberán estar protegidos con diferenciales de alta sensibilidad (Figura 12).



Figura 11. Lámpara portátil.


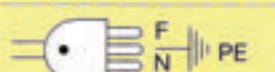

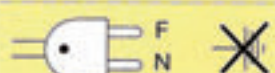

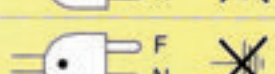
Clase del aparato	Indicaciones en la placa de características	Conexión a la red
0	Clase 0 o sin indicación	
I	Clase I o el símbolo de puesta a tierra 	
II	Clase II o el símbolo 	
III	Clase III o el valor de la tensión nominal 	

Figura 13. Clasificación de receptores UNE 20314.



9.4. CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA.

Según la clase de aparatos, las clavijas o tomas de corrientes llevarán para su conexión a la red correspondiente toma o no al conductor la protección o toma de tierra (*Figura 13*).

Así las clavijas para aparatos de clase III, no llevarán conexión de tierra. Las bases de toma de corriente, llevarán siempre toma de tierra, menos las que son alimentadas con tensiones de seguridad.

9.5. ENSAYOS.

Se verificará por ensayos las distintas clases de receptores eléctricos:

Características	Receptor			
Clase	0	I	II	III
Indicaciones	—			t. nom.
Aislamiento	func.	func.	doble	func.
Puesta a tierra de masas	no	si	no	no
Tensión alimentación máxima	440 V	440 V	440 V	50 V
Protección contra contactos indirectos	nec.	nec.	no nec.	no nec.
Resistencia de aislamiento mínima (M Ω)	2	2	7	2
Corriente de fuga en la red y las masas accesibles (mA)	0,5	0,75	0,25	0,5
Tensión de ensayo	1.500	1.500	4.000	500 V

10. Aparamenta eléctrica. Interruptores. Interruptores automáticos. Diferenciales

10.1. APARAMENTA ELÉCTRICA.

10.1.1. Normas europeas cei 947, en 60947 para aparamenta de baja tensión.

En la CEI (Comisión Electrotécnica Internacional) se ha reelaborado las reglamentaciones para aparamenta de baja tensión contenidas en diferentes normas. Se han agrupados en una sola con el Nº 947 y se han publicado de nuevo. Esta norma constituye en Europa la base para la armonización de las normas nacionales. Para ello, el CENELEC ha confeccionado documentos de armonización en los que la norma CEI 947 ha sido recogida en una Norma Europea; la EN 60 947. Esto significa que todos los países miembros adoptarán esta Norma Europea (Figura 1).

La aparamenta eléctrica, interruptores automáticos, contadores, relés térmicos, etc., tendrán un grado de protección mínimo IP 20, contra contactos eléctricos directos, de tal manera que los dedos de las manos no puedan acceder a las partes activas. (Figura 2).

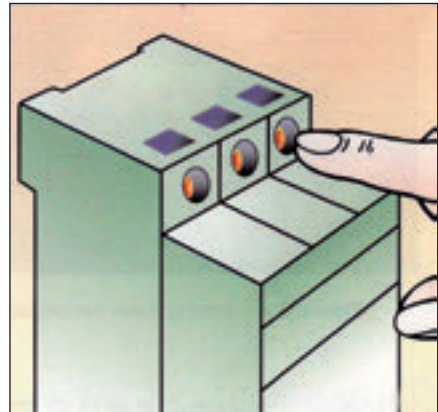


Figura 2. La protección IP20 de las bornas elimina los riesgos de contacto accidental con las piezas en tensión.

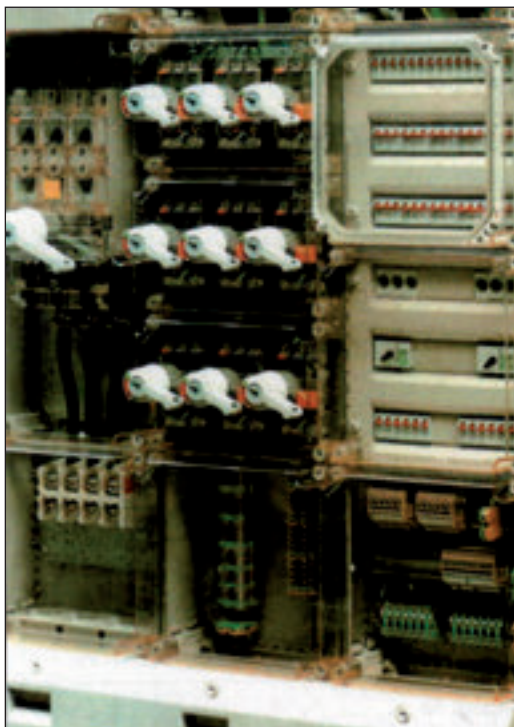


Figura 1. Aparata eléctrica.

10.2. INTERRUPTORES.

10.2.1. Interruptor-seccionador.

- Separación de la red de todo el equipo eléctrico durante los trabajos de mantenimiento, reparación y desconexión (*figura 3*).
- Establecimiento de las distancias de separación de contactos descritas en IEC 408, DIN 57660/-VDE 0660 (desconexión-seccionamiento)
- Solamente tiene una posición de paro y otra de marcha, con sus correspondientes topes. Estas posiciones están marcadas con “O” y “I”.

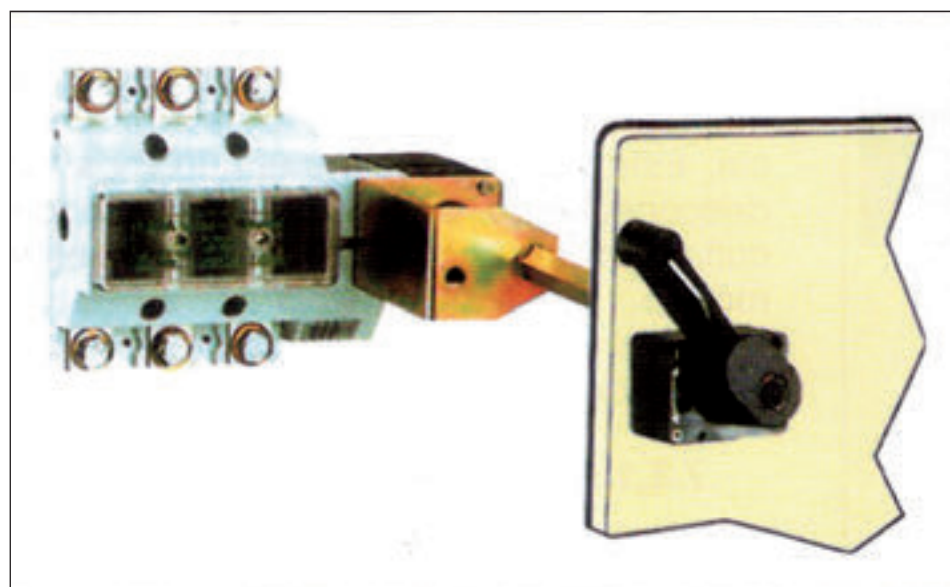
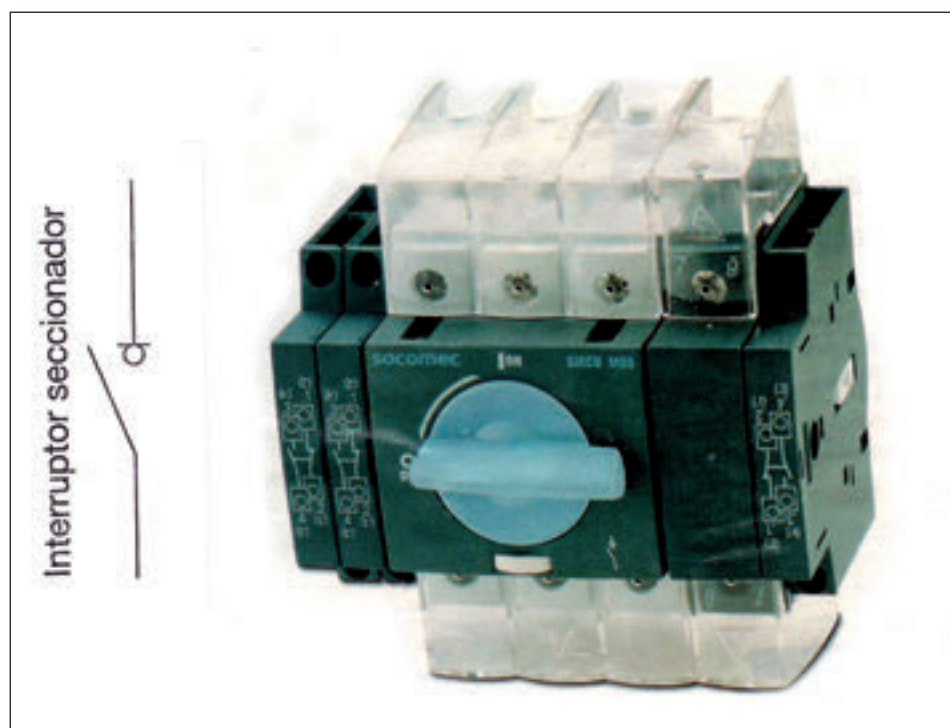


Figura 3. Interruptores seccionadores.

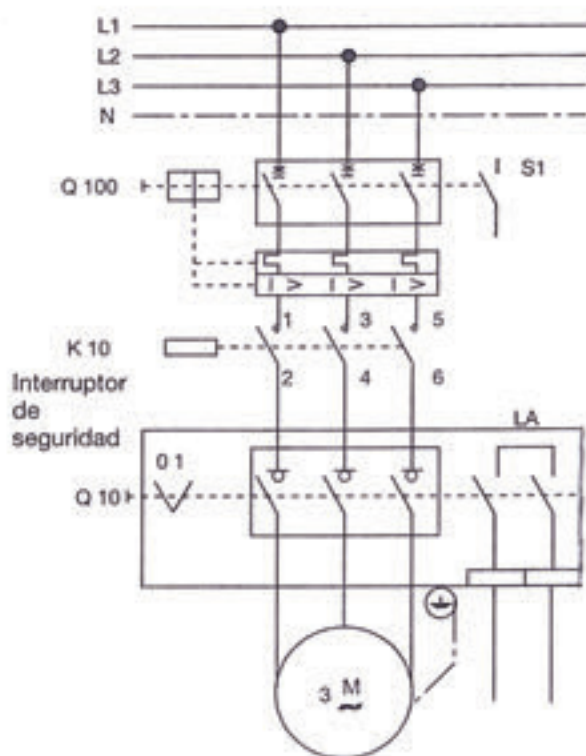
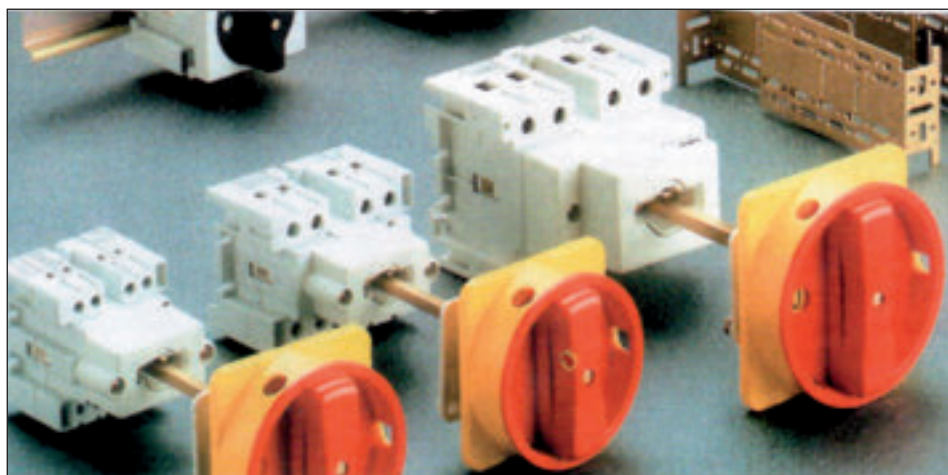


Figura 4. Interruptor seccionador de seguridad o emergencia.

- Posibilidad de enclavar la posición de “desconectado”, por ejemplo mediante un candado final.
- Poder de maniobra: mínimo como interruptor de carga (AC-2) para la In. del aparato.
- Bornes de conexión a la red protegidos contra un contacto ocasional y señalizados como partes bajo tensión mediante una placa de advertencia o IP20.

10.2.2. Interruptor de seguridad-paro de emergencia.

• La máquina debe detenerse de modo que se evite cualquier peligro para las personas o para la máquina misma. Los procesos de frenado o los movimientos de retroceso no deben estorbarse.

- Además de lo señalado para el interruptor-seccionador, deberá ofrecer:
 - Poder de corte suficiente para poder desconectar con la intensidad del motor de mayor potencia en estado (AC-3) bloqueado, más la carga de todos los demás receptores en servicio normal ($AC-3 \geq 6 I_n$)
 - Apertura forzosa de los contactos (IEC 204).
 - Órgano de mando (manecilla) de color rojo. Superficie detrás del órgano de mando de color amarillo para un mejor contraste (*Figura 4*).

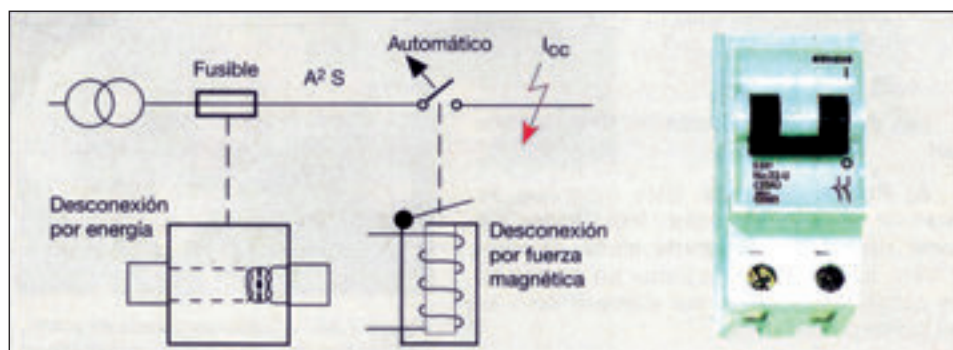
En la alimentación eléctrica a los cuadros eléctricos de obra, grúas, montacargas, etc., y cualquier tipo de máquina eléctrica se instalará un interruptor de seguridad-paro de emergencia. (*Figura 5*)

10.3. INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.

Su función básica es la interrupción de las corrientes de cortocircuito y de sobrecarga, por acción refleja o comparativa con su propia corriente, pero permite también, por una acción exterior voluntaria (manual), el corte de las corrientes. Los interruptores automáticos disponen de:



Figura 5. Interruptor seccionador de seguridad.



Protección frente al cortocircuito.

Interruptor	
Seccionador	
Contactador	
Ruptor	
Disyuntor (Interruptor automático)	
Interruptor seccionador	
Interruptor seccionador con apertura automática	
Fusible seccionador	
Interruptor Diferencial	

Símbolos gráficos UNE-EN-60617

- Mecanismos de cierre y apertura.
- Relés.
- Elementos de corte (contactos, cámaras de corte, etc.)

Los automáticos (Figura 6) disponen en su interior de dos tipos de relés: uno térmico contra sobrecargas y otro magnético contra cortocircuitos.

El relé térmico actúa por dilatación, al aumentar la corriente nominal del automático. El relé magnético dispone de una bobina que actúa por atracción en el caso de que la intensidad de la corriente sea muy elevada, generalmente por cortocircuito. (Figura 6).

10.3.1. Las funciones.

a) Cerrar el circuito.

Por acción sobre el mecanismo al mínimo contacto, los receptores reciben alimentación en corriente. Con la entrada en tensión, algunos receptores absorben valores de corriente netamente superiores al valor nominal I (Ejemplo: motor sometido a 7 u 8 veces la I durante algunos segundos). Para que estas sobreintensidades no deterioren los contactos del aparato (erosión producida por el arco), la aproximación al cierre debe ser brusca.

b) Abrir el circuito, cortar la corriente.

- Por acción voluntaria sobre el mecanismo manual o telecomando, cualquiera que sea la corriente
- Por acción refleja sobre el mecanismo, provocada por el relé térmico o magnético después de una sobreintensidad. Esto provoca una apertura automática y definitiva del interruptor automático aunque el órgano de maniobra se mantenga en posición de “cerrado”.

En caso de cortocircuito, para obtener tiempo cortos de disparo es imprescindible que la actuación corresponda al relé magnético de los interruptores automáticos que protegen la instalación.

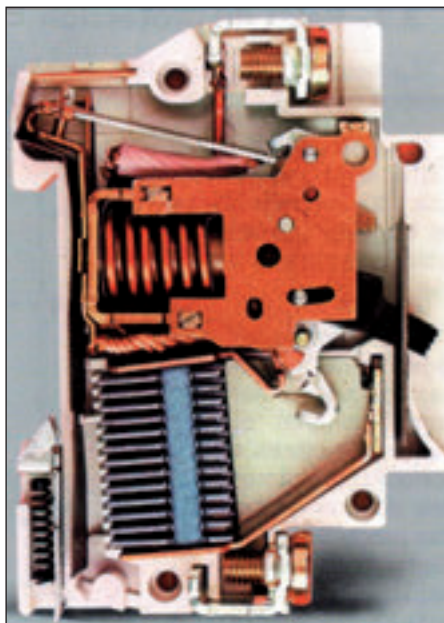


Figura 6. Interruptor automático magnetotérmico.

c) Asegurar el seccionamiento:

Cuando el interruptor está abierto se requiere un nivel de aislamiento entre partes “en tensión”. Este nivel de aislamiento es el requerido para los ensayos prescritos en la norma CEI 947-2:

- Un ensayo de corriente de fuga máxima entra entrada y salida bajo una tensión U_e (0,5 mA a 1,1 U_e para un aparato nuevo).
- Una tensión de choque (por ejemplo: 6 Kv) $U_{imp} = \text{Valor cresta, onda } 1,2 / 50 \text{ s}$
- Un ensayo de resistencia mecánica del mecanismo denominado “de contacto soldado” (de 15 dN a 40 dN ó 15 a 40 Kg, tres veces el esfuerzo para realizar su maniobra).

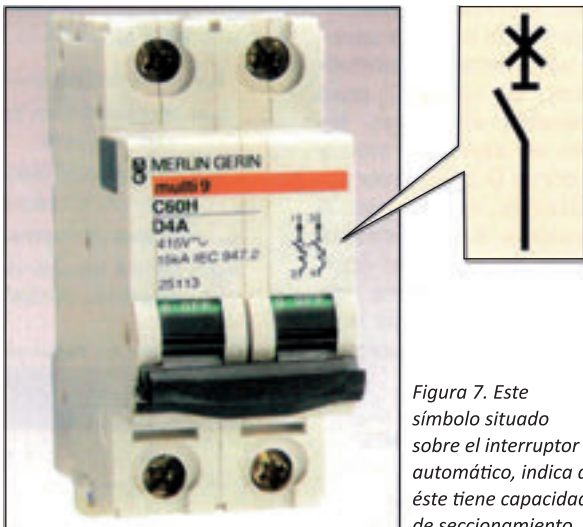


Figura 7. Este símbolo situado sobre el interruptor automático, indica que éste tiene capacidad de seccionamiento.

El símbolo de la figura 7 sobre un interruptor automático, indica que éste tiene capacidad de seccionamiento.

10.3.2. Relés de protección eléctrica.

La norma UNE-EN 60 898, indica las características de los Interruptores Automáticos en instalaciones domésticas y análogos.

La norma CEI-947-2 y UNE-EN 60947-2, señala las características de los Interruptores Automáticos para la industria.

Los automáticos protegen frente a sobrecargas (aumentos de consumo nominal de los equipos, motores, etc.) y cortocircuitos (intensidades de corriente elevadas producidas al unirse elementos en tensión de baja resistencia). Las curvas de actuación quedan reflejadas en la figura 8.

Existen diferentes tipos de curvas B, C y D, para distintas aplicaciones. Así la curva B servirá para proteger conductores; la curva C para aparatos eléctricos, tomas de corriente, etc.; y la curva D para proteger motores eléctricos o equipos con elevada punta de conexión (curva deseable para los ICP actuales y no normalizados de las compañías eléctricas).

Curvas de actuación de los Magnéticos

CURVA B = 3 a 5 veces la I_n
CURVA C = 5 a 10 veces la I_n
CURVA D 10 a 14 veces la I_n

Tiempo de disparo del relé magnético: $t \leq a 0,1 \text{ s}$

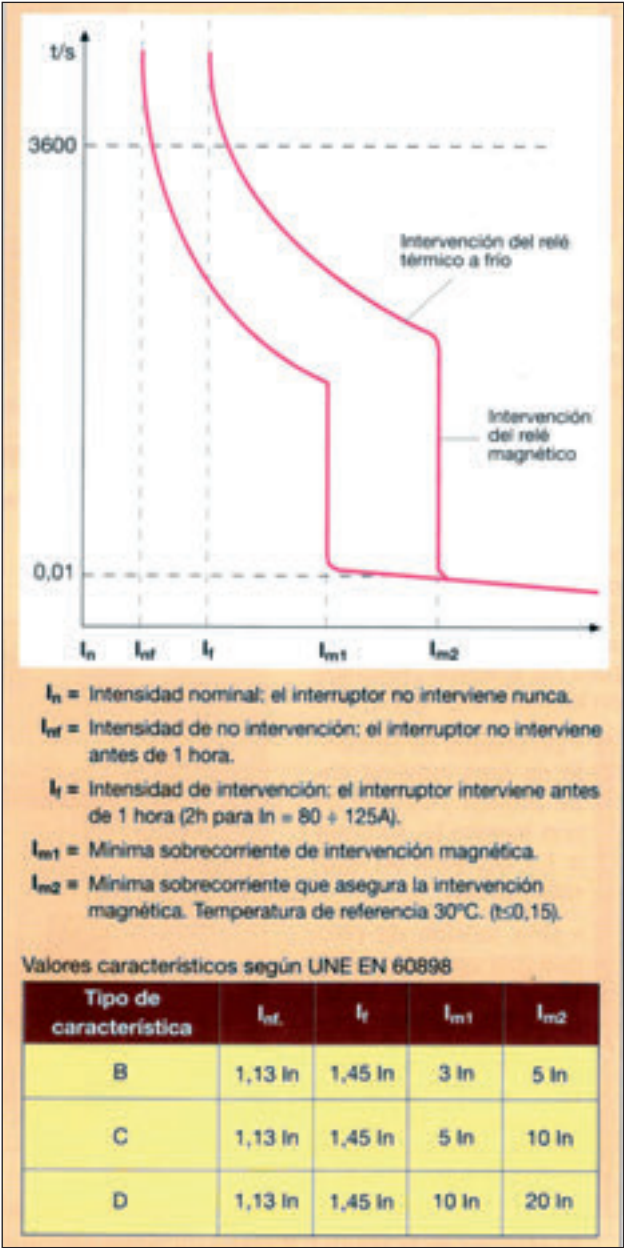
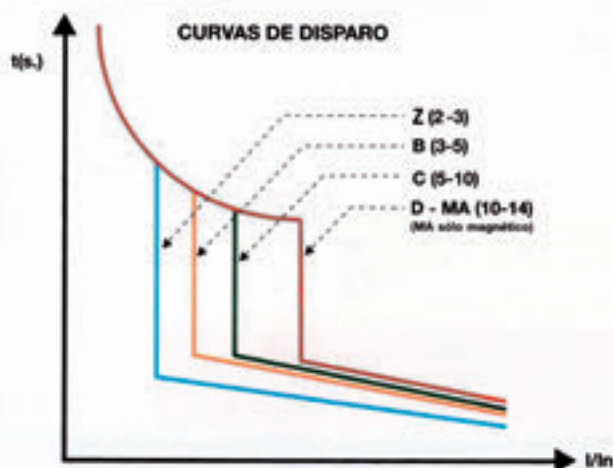


Figura 8. Valores importantes de la curva de intervención (Curva tiempo-intensidad).



Curva B:	<p>Protección de generadores, de personas y grandes longitudes de cable (en régimen TN e IT).</p> <p>Sobrecarga: térmico standard.</p> <p>Cortocircuito: magnéticos fijados por curva B. (I_m entre 3 y 5 I_n o 3,2 y 4,8 I_n, según el tipo de aparato, y de acuerdo a EN 60898 y EN 60947.2 respectivamente).</p>
Curva C:	<p>Protección de cables que alimentan receptores clásicos.</p> <p>Sobrecarga: térmico standard.</p> <p>Cortocircuito: magnéticos fijados por curva C. (I_m entre 5 y 10 I_n ó 7 y 10 según los aparatos, y de acuerdo a EN 60898 y EN 60947.2 respectivamente).</p>
Curva D:	<p>Protección de cables que alimentan receptores con fuertes puntas de arranque.</p> <p>Sobrecarga: térmico standard.</p> <p>Cortocircuito: magnéticos fijados por curva D. (I_m entre 10 y 14, de acuerdo a EN 60898 y EN 60947.2).</p>
Curva MA:	<p>Protección arranque de motores.</p> <p>Sobrecarga: no hay protección.</p> <p>Cortocircuito: umbrales magnéticos fijados por curva MA. (I_m fijado a 12 I_n según EN 60947.2).</p>
Curva Z:	<p>Protección de circuitos electrónicos</p> <p>Sobrecarga: térmicos standard</p> <p>Cortocircuitos: magnéticos fijados por curva Z (I_m entre 2,4 y 3,6 según EN 60947.2).</p>

Resumen de curvas de desconexión para interruptores automáticos para instalaciones industriales (según EN 60947-2) y domésticas (según 60898).

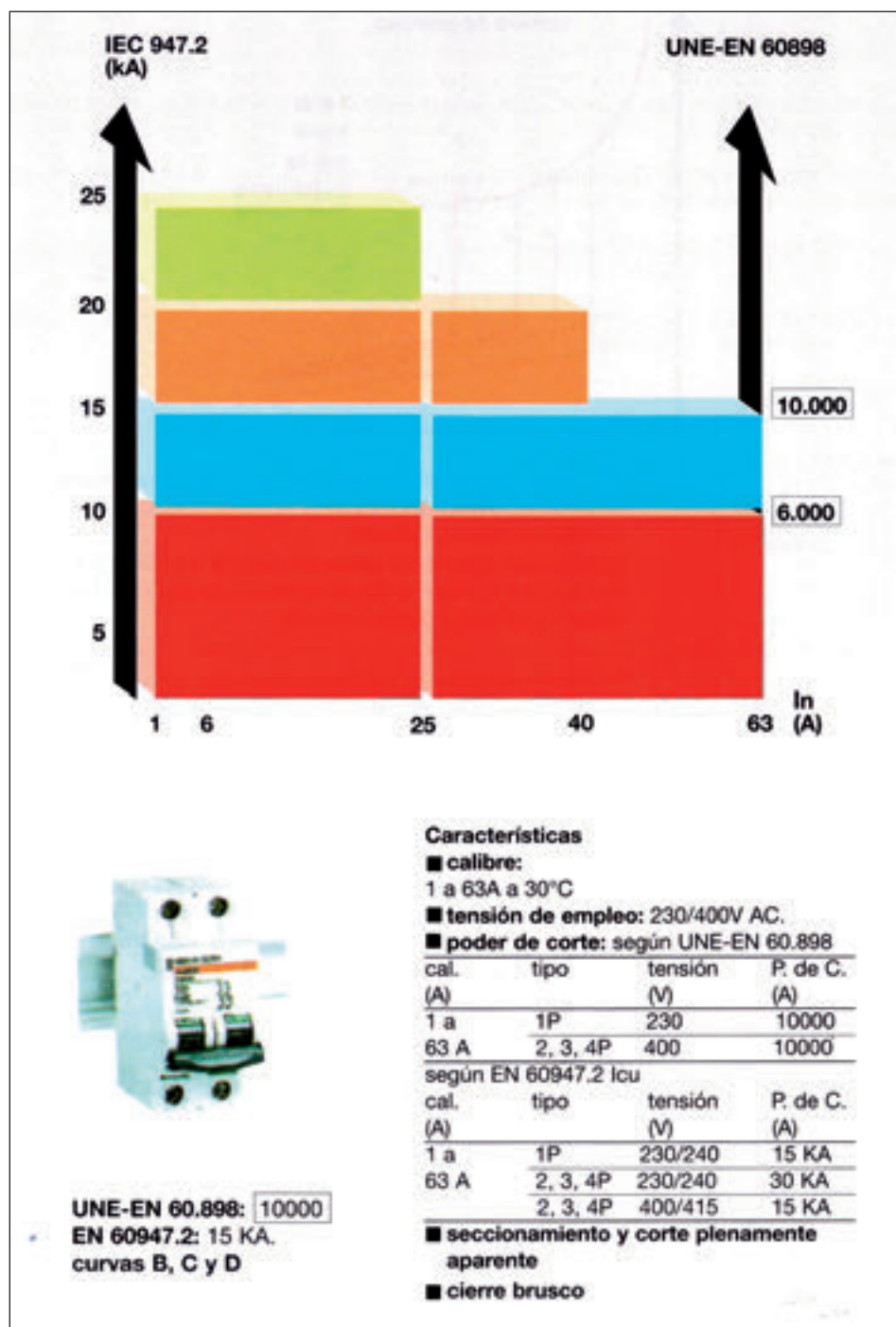


Figura 9. Ejemplo de poderes de corte, según normas europeas, para interruptores automáticos en instalaciones domésticas e industriales.

10.3.3. Sección de conductores y automátí os.

Sección Nominal mm	Automático Intensidad asignada Carga Permanente (Amperios)	
	Bipolar	Tripolar
1,5	10	10
2,5	16	16
4	20	20
6	25	25
10	40	35
16	63	50
25	80	63
35	100	80
50	125	100

Secciones de conductor de cobre en función de intensidad del automático.

10.3.4. Poder de corte.

En caso de cortocircuito las intensidades que puedan aparecer en los circuitos eléctricos pueden ser elevadas: 6.000 A, 10.000 A, KA, etc., por lo que los automáticos deberán responder a estas elevadas sollicitaciones térmicas.

Para su uso doméstico u otros usos, la norma UNE-En 60 947-2, ha de indicarse el valor del poder de corte I_{cn} en KA (Figura 9).

En las obras se deben instalar automáticos con un poder de corte de 10.000 A (10 KA), como mínimo.

10.3.5. Corrientes de cortocircuito.

La mayoría de las veces, los automáticos se colocan en instalaciones o distribuciones, cuya intensidad de cortocircuito prevista en el punto de utilización no se conoce, o ésta puede modificarse. Un cambio en la potencia del transformados de alimentación o una modificación en la instalación o en la distribución, por ejemplo, pueden producir una variación de la intensidad de cortocircuito. En la mayoría de los casos se realiza un cálculo de la intensidad de cortocircuito en el punto de instalación del automático (Figuras 10 y 11).

Potencia del transformador P_n (KVA)	Intensidad nominal I_n (A)	Tensión de C.C. U_{cc} (%)	Corriente cortocircuito I_{cc} (1) (KA)
63	90	4	2,3
100	140	4	3,8
125	180	4	4,5
160	230	4	5,8
200	290	4	7,3
250	360	4	9,0
315	450	4	11,0
400	580	4	14,5
500	720	4	18,0
630	910	4	23,0
800	1150	4	28,0
1000	1440	4	29,0
1250	1800	4	36,0
1600	2310	6,25	37,0
2000	2890	6,25	46,0

(1) I_n e I_{cc} corresponden a una tensión nominal $U_n = 380$ V. Para otras U_n , multiplicar por los siguientes coeficientes K.

U_n (V)	220	400	415	440	480	500	660
K	1,73	0,95	0,91	0,89	0,79	0,76	0,57

Figura 10. Valores de I_n e I_{cc} para distintas potencias del transformador.

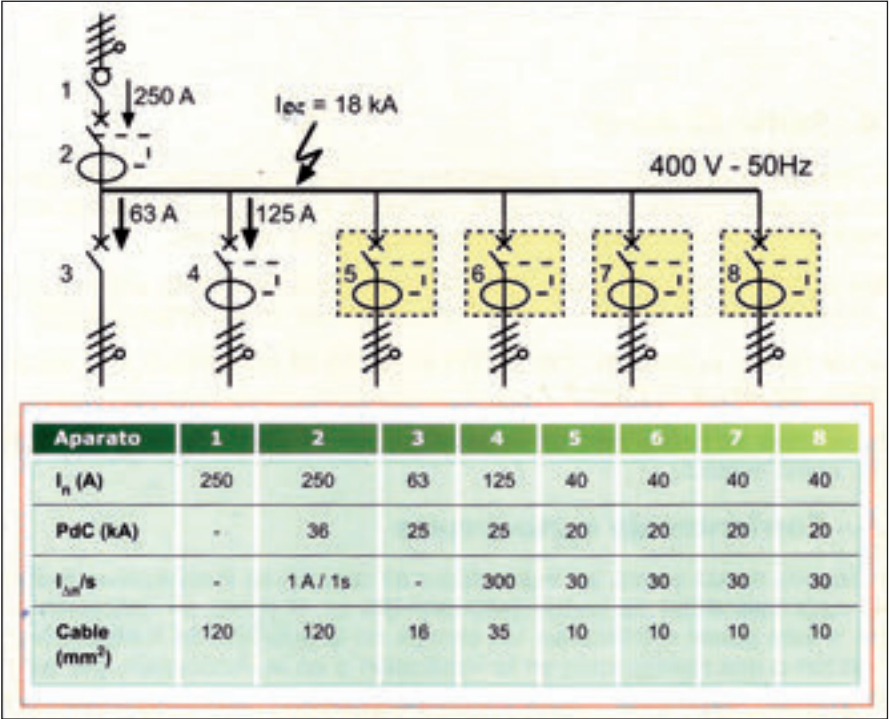


Figura 11. Esquema unifilar de un cuadro eléctrico.

La corriente del cortocircuito es máxima en los bornes de baja tensión del transformador, y disminuye a medida que se aleja del mismo, en función de la resistencia de los conductores.

La presencia de un cable de sección y longitud determinadas después de la salida del transformador, incluye en el circuito una impedancia que limita el valor de la intensidad de cortocircuito prevista. (Z = impedancia del cable).

La tabla I, señala y proporciona de una forma aproximada, la I aguas abajo, en función de:

- La I en cabecera sera: $I_c = \frac{U_n}{\sqrt{3} \times t}$ (Siendo Z_t = Impedancia del transformador que alimenta la red de B.T.)
- La longitud sección y naturaleza del conductor. $I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} (Z_t + Z_c)}$

Caso de utilizar dos transformadores de potencia en derivación, la corriente de cortocircuito en barras será el doble y si son “n” los transformadores en paralelo, la I será “n” veces mayor.

230 V-													Cable (mm ²)		400 V-													Longitud del cable en metros	
													15	25															
2	1,5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	1,5	2	3	5			
4	3	1,5	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-	-	-	-	1	1,5	2	3,5	5				
6	5	2,5	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	1	1,5	2	4	6	8			
9	7	4	2,7	2	-	1	-	-	-	-	-	-	6	10	-	-	-	-	-	1	1,5	2,5	3	5,5	9	12			
16	11	7	4	3	2,5	-	1	-	-	-	-	-	10	16	-	-	-	-	1	1,5	2,5	4	5	9	15	21			
26	17	11	7	5	4	3	1,5	1	-	-	-	-	16	25	-	-	-	1	1,5	2,5	4	6	8	14	23	35			
40	28	17	11	8	6	4	2	1,5	1	-	-	-	25	35	-	1	1,5	2,5	3,5	6	9	14	24	35	54				
44	35	25	16	12	8	5	3	2	1	-	-	-	35	50	-	1	2	3	5	7	13	19	33	50	75				
62	50	34	22	16	12	8	4	2,5	1,5	1	-	-	50	70	-	1	2	4	6	10	17	26	44	70	100				
80	60	40	25	18	13	8	5	3	2	1	-	-	-	95	1	2	3	4	7	12	20	32	54	80	125				
85	70	45	30	22	15	10	5	3	2	1	-	-	70	120	1	2	3	5	8	14	23	35	60	90	140				
110	90	60	38	28	19	12	6	3,5	2,5	1,3	-	-	95	150	1	2	3	6	10	17	29	48	80	135	180				
140	110	72	47	35	23	15	7	4	2,5	1,5	-	-	120	185	1	2	4	7	12	21	34	56	95	150	240				
160	135	87	56	40	28	17	9	4,5	3	1,5	-	-	150	240	2	3	4	7	13	24	40	68	115	180	280				
200	170	95	60	42	30	17	9	5	3	2	-	-	185	300	2	3	5	9	15	27	49	75	130	220	330				
220	190	115	74	52	33	21	10	5	3	2	-	-	240	400	2	3	5	10	17	32	56	85	150	230	350				
250	210	120	80	60	40	27	12	6	4	2	-	-	300	500	2	4	6	11	20	37	64	100	180	250	400				

230 V-													I _{cc} al comienzo del cable en kA		400 V-													I _{cc} en el extremo del cable en kA	
5	6	9	13	17	25	36	62	88	103	124			150		136	122	108	87	65	43	28	19	11	8	5				
5	6	9	13	17	24	34	53	70	78	88			100		93	87	82	70	55	38	26	18	11	8	5				
5	6	9	13	17	23	32	51	65	73	83			90		84	80	76	66	53	38	26	18	11	7	5				
5	6	9	12	17	23	31	48	60	67	73			80		76	72	68	60	49	35	25	18	11	7	5				
5	6	8	12	16	22	30	45	54	60	64			70		67	64	61	55	46	35	25	17	11	7	5				
5	6	8	12	16	22	29	41	49	53	56			60		58	56	53	48	41	32	23	17	11	7	5				
5	5	8	12	15	21	27	37	42	45	48			50		48	47	45	42	37	30	22	16	10	7	5				
5	5	8	12	15	20	26	34	39	41	43			45		44	43	42	39	35	28	22	16	10	7	5				
4	5	8	11	15	19	24	32	35	37	39			40		39	38	37	35	32	26	20	16	10	7	5				
4	5	8	11	14	18	23	29	31	33	34			35		34	34	33	31	29	25	19	15	10	7	5				
4	5	8	11	14	17	21	25	27	28	29			30		29	28	28	27	25	22	18	14	10	7	5				
4	5	8	10	13	16	18	22	23	24	25			25		24	24	24	23	22	19	16	13	9	7	5				
4	5	7	10	12	14	16	18	19	19	20			20		20	20	20	19	18	17	15	12	9	6	4				
4	5	7	9	11	13	14	14	15	15				15		15	15	15	14	14	13	12	10	8	6	4				
4	4	6	7	8	8	9	10	10	10	10			10		10	10	10	10	10	9	9	8	7	5	4				
3	4	5	6	6	6	6	7	7	7	7			7		7	7	7	7	7	7	7	7	6	5	4				
3	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6			6		6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	4	3			
2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3			3		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2			

Ejemplos:

1 Cable de aluminio de 150 mm² de sección y 28 m de largo. Si la corriente de cortocircuito es de 15 kA a 230 V-al comienzo del cable, la I_{cc} en el extremo será, aproximadamente, 10 kA.

2 Cable de cobre de 10 mm² y longitud de 55 m. Si a 400 V-la I_{cc} aguas arriba es 50 kA, podemos estimar un valor de 16 kA como corriente de cortocircuito al final del cable.

Tabla I. Valores De I aguas abajo del transformador, en función e la I en cabecera y de la longitud, sección y naturaleza del conductor.

La intensidad del cortocircuito máxima a la salida del transformador de potencia valdrá:

$$I_{cc} \text{ en bornas del transformador} = \frac{I_{\text{nominal de B.T.}} \times 100}{U_{cc} (\%)}$$

siendo U_{cc} tensión de cortacircuito del transformador

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \times Z_t}$$

$$\text{siendo } I_n = \frac{\text{Potencia del transformador en KVA}}{\sqrt{3} \times \text{tensión de B.T.}} = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_n}$$

En el caso de utilizar varios (n) transformadores en paralelo, la I_{cc} total será: $n \cdot I_{cc}$ de un transformador.

10.4. INTERRUPTORES DIFERENCIALES.

EL interruptor diferencial es un elemento de protección sensible a las corrientes de defecto a tierra.

El diferencial provocará el corte o apertura automática del circuito en fallo, en el momento que la corriente de defecto sobrepase el umbral de intensidad para el que el aparato está regulado. Este valor de corriente se designa convencionalmente por el signo I_n .

Otro parámetro importante a tener en cuenta es la intensidad nominal del aparato I_n .

Los diferenciales son interruptores de protección contra corrientes de defecto (de fuga) y tienen como misión principal proteger la vida de derivación a tierra que pueden originar tensiones de defecto peligrosas. Es un aparato que junto a la toma de tierra protege frente a los contactos eléctricos indirectos (Figura 12).

Con ellos se interrumpe una tensión de contacto excesivamente elevada. Esta interrupción tiene que producirse antes de los 0,2 segundos, según UNE-EN 61008 y 61009.

$$U_c = U_d = R_t \times I_f$$

Con los interruptores diferenciales, si el defecto de aislamiento es progresivo, podemos obtener tensiones de contacto, no superiores a la de seguridad, es decir:

$$\text{Si } I_f = 0 \text{ a } I_{An}$$

$$U_c = R_t \times I_{An} = U_L$$

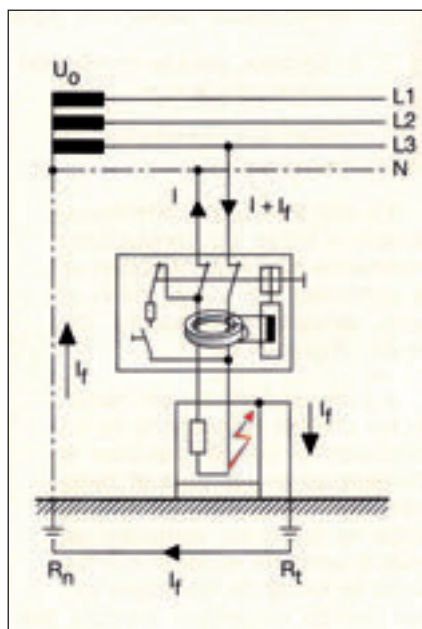


Figura 12. Diagrama básico del circuito del sistema de protección por intensidad de defecto. En el caso de un defecto de aislamiento vuelve una intensidad de defecto I_f al centro de la estrella del transformador, a través de la puesta a tierra.

Siendo $U_L < 24$ Voltios, para locales húmedos o mojados y < 50 Voltios, para locales secos.

$$\text{Luego la } I_n \text{ de actuación del diferencial valdrá } = \frac{U_L}{R_t}$$

Siendo: I_n , la intensidad o sensibilidad del diferencial: 30 mA, 300 mA, etc.

U_L , la tensión de seguridad 24 V. ó 50 V. según el local.

R_t , el valor de la resistencia de tierra en Ohmios.

10.4.1. Intensidad de defecto o sensibilidad de los diferenciales.

Sensibilidad (I_{An}). De acuerdo con las normas UNE EN 61008, UNE EN 61009 y UNE EN 60947-2, se establecen las siguientes sensibilidades normalizadas: 6 mA, 10 mA, 30 mA, 100 mA, 500 mA, 1 A, 3 A, 10 A, 30 A.

La sensibilidad de los diferenciales a instalar en las obras está determinada por el Reglamento Electrotécnico de Baja (ITC-BT-33) que especifica que para base o grupo de bases de toma de corriente de intensidad 32 A, la sensibilidad será ≤ 30 mA. Para maquinaria fija (grúas, montacargas, etc.) podrá ser de 300 mA (0,3 A) como máximo, en sistema TT.

Los interruptores diferenciales serán de intensidades de defecto nominales de 0,3 A, 0,03 A (30 mA) y 0,01 A (10 mA).

10.4.2. Constitución y modo de funcionamiento.

La constitución de un interruptor diferencial, puede dividirse en tres grupos de funcionamiento:

1. Transformador diferencial, para la detección de la corriente de defecto.
2. Disparador, para la conversión de una medida eléctrica variable en un desenclavamiento mecánico.
3. Mecanismo interruptor de los contactos.

El transformador diferencial abraza a todos los conductores necesarios para conducción de la corriente, así como, dado el caso, también el conductor del neutro (Figura 13).

En una instalación sin defecto, los efectos magnéticos de los conductores que transportan la corriente se anulan para el transformador diferencial, ya que la suma de todas las corrientes es igual a cero, de acuerdo con las leyes de Krichhoff. No existe ningún campo magnético residual que pudiera inducir una tensión en el devanado secundario.

Por el contrario, si a causa de un fallo de aislamiento fluye una corriente de defecto, el equilibrio se deshace y aparece un campo magnético residual en el núcleo del transformador. Esto genera una tensión en el devanado secundario que, a través del disparador y del mecanismo interruptor, desconecta el circuito de corriente afectado por el defecto de aislamiento. (Figura 14).

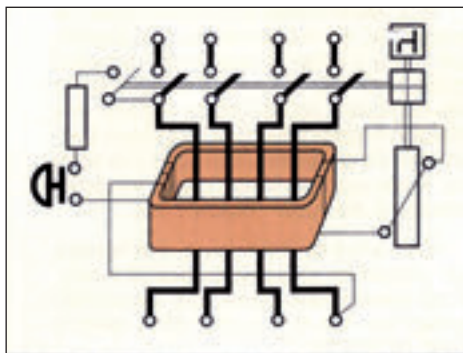


Figura 13. Diferencial tetrapolar con dispositivo de disparo y prueba.

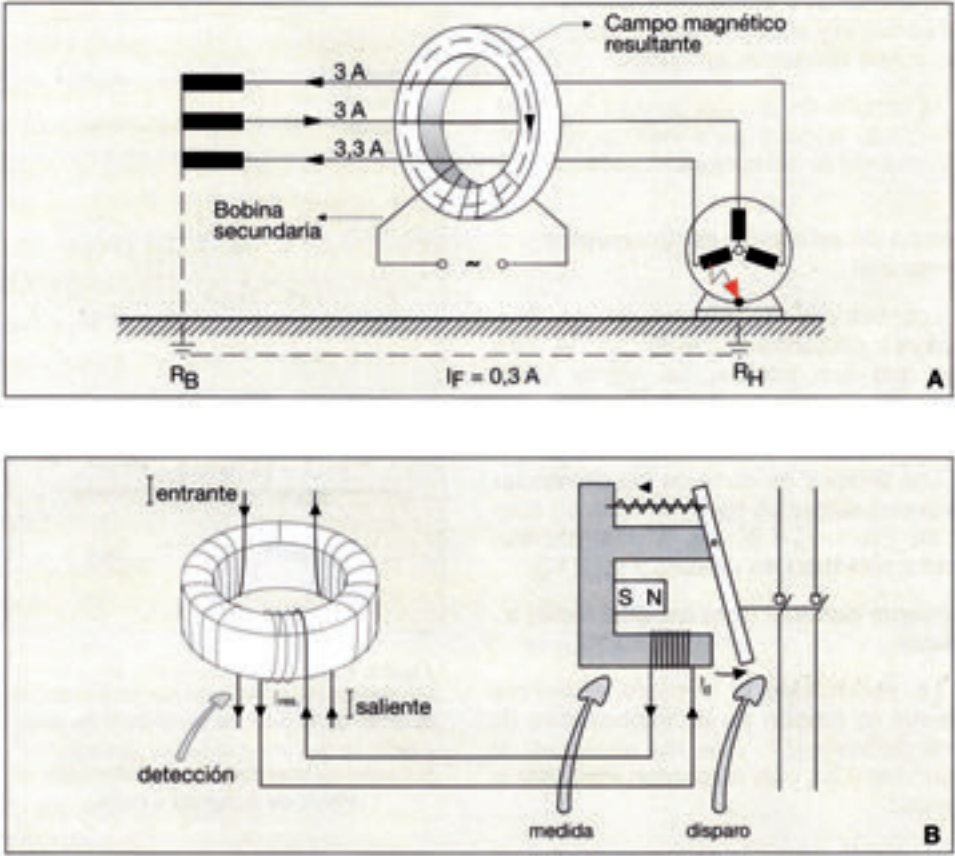


Figura 14. Cuando una corriente de defecto se deriva a tierra se genera en el toro un campo magnético que inducirá en el secundario una corriente que excitará al relé diferencial.



Interruptor diferencial

Tipo de sensibilidad del diferencial	
Alta sensibilidad	$I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$
Media sensibilidad	$I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$
Baja sensibilidad	$I_{\Delta n} = 1 \text{ A}$

Corriente de disparo
15 mA - 30 mA
150 - 300 mA
500 - 1.000 mA

a) Principio general.

Un dispositivo general diferencial asegura principalmente las siguientes funciones en corriente alterna.

- Medida del valor de la corriente de defecto.
- Comparación de la corriente de defecto con un valor de referencia (I_{An})
- Disparo del dispositivo del relé magnético con imán permanente.
- Comprobación del conjunto electromecánico para verificar su buen funcionamiento.

Si la corriente de defecto se deriva a tierra, genera en el toro un campo magnético que inducirá en el secundario una corriente que anula el campo magnético del imán permanente en una u otra semionda en el relé que hará que el muelle al no existir acción magnética abra.

El circuito de prueba permite provocar un defecto artificial para verificar el buen funcionamiento del conjunto electromecánico.

b) Actuación de los diferenciales.

Por debajo de $\frac{I_{An}}{2}$ el diferencial no debe disparar y pro encima de I_{An} ha de disparar siempre (según UNE EN 61008 y UNE EN 61009).

Tiempo de actuación: según normas Españolas y Europeas los valores normalizados del tiempo máximo de respuesta son los indicados en la tabla II.

En la figura 15 se indican las zonas de riesgo y de desconexión de los diferenciales.

Tipo de diferencial	Tiempo de actuación (milisegundos)		
Clase AC	I_{An}	$2 I_{An}$	$10 I_{An}$
	200	100	40 (30)

Tabla II. Valores normalizados del tiempo máximo de respuesta.

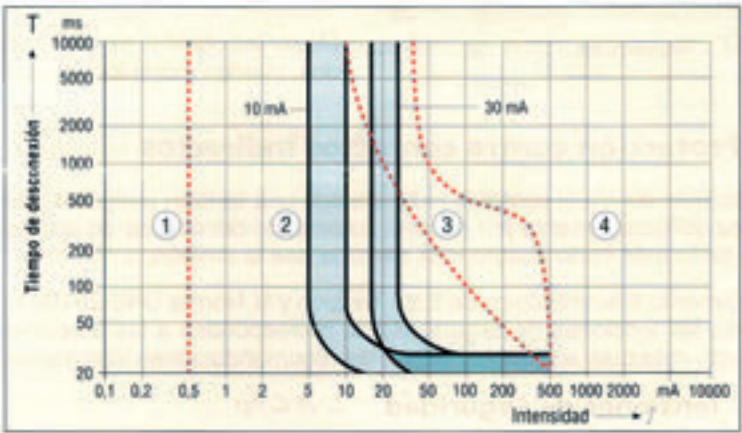


Figura 15. Zona de desconexión del interruptor diferencial, para 50/60 Hz, con $I_{An} = 30$ y 10 mA.

10.4.3. Sensibilidad de interruptores diferenciales.

El principio de la protección por intensidad de defecto, se basa en que el interruptor diferencial desconecta el circuito defectuoso, cuando una intensidad a tierra sobrepasa el valor de la intensidad diferencial nominal del aparato.

En este sistema de protección, todas las masas de los aparatos deber ser puestas a tierra (Sistema TT). La sensibilidad del diferencial será

$$I_n = \frac{U_i}{R_y}$$

- R_t = Resistencia a tierra en Ohmios.
- U_i = Tensión de contacto máxima o de seguridad.
- I_n = Intensidad máxima de disparo o de actuación.

De aquí se deducen las resistencias a tierra máximas, que se indican en la tabla III.

I _{Δn} Sensibilidad	Resistencia Ohmios
30 mA = 0,03 A	≤ 80
Diferencial general 0,3 A = 300 mA	≤ 40
Diferencial general 0,3 A Selectivo = 300 mA S	≤ 20

Tabla III. Resistencias recomendadas.

Cuando se utilizan interruptores diferenciales, siempre tiene que ser conectado el correspondiente conductor de protección de puesta a tierra a los equipos y componentes involucrados.

- Para obras:
- Diferenciales para Grúas (Maquinaria fija) = 300 mA.
 - Diferenciales para maquinaria portátil = 30 mA.
 - Tomas de corriente de 16 y 32 A. = 30 mA.

10.4.4. Protección contra contactos indirectos.

La protección contra el contacto indirecto con una tensión peligrosa para las personas, pasa obligatoriamente por el corte automático del circuito de alimentación en un tiempo tanto más corto cuanto más elevada sea la tensión (Figura 16).

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y la Norma UNE 20460 establecen básicamente las tensiones de seguridad que corresponden a las tensiones de contacto indirecto máximas admisibles según las recomendaciones internacionales CEI.

a) Tensiones de contacto.

Las tensiones de contacto máximas previstas admisibles, en función de la clase de local son:

- Locales secos: Tensión máxima $U_L < 50 \text{ V}$
- Locales húmedos o mojados: Tensión máxima $U_L < 24 \text{ V}$
- Locales sumergidos: Tensión máxima $U_L < 12 \text{ V}$

Los dispositivos de protección deben asegurar un corte automático del circuito, a partir de la aparición de una tensión de contacto superior a U_L y en un tiempo más corto cuanto más elevada sea la tensión (Tabla IV).

El defecto puede ser instantáneo $R_a = 0$, por ejemplo, si se suelta un conductor de fase y toca una carcasa metálica. Otro caso puede ser la pérdida de aislamiento de un equipo debido al agua, calor, etc. $R_a = 1 \text{ M } \Omega$ hasta $R_a = 0$.

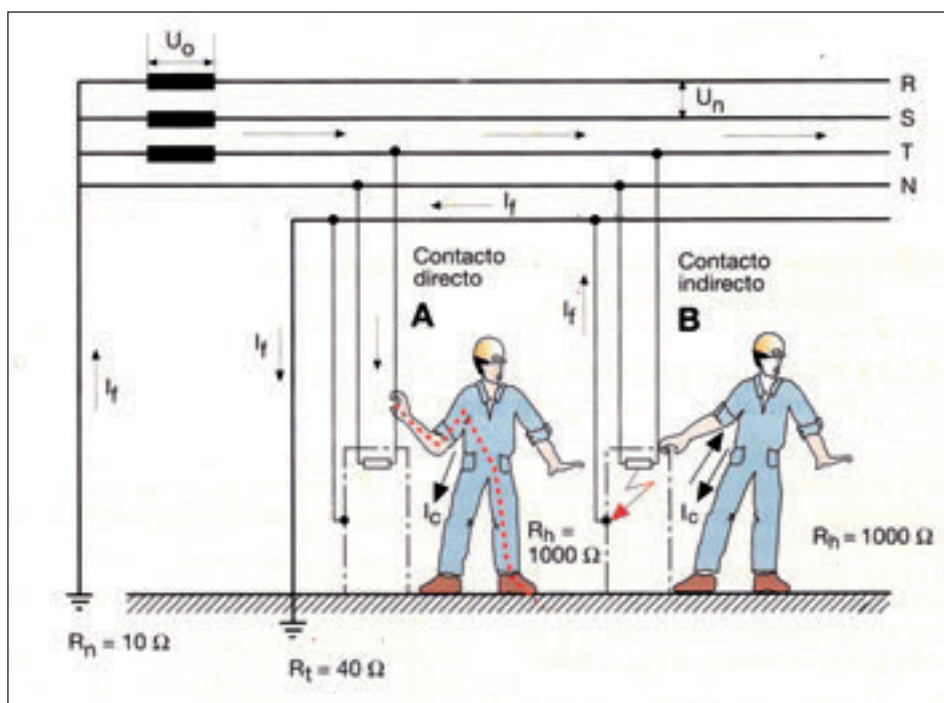


Figura 16. Contacto eléctrico directo o indirecto.

b) Valores de resistencia de tierra.

Cuanto más bajo sea el valor de la toma de tierra, más baja será la tensión de defecto y de contacto que aparece en las carcasas o envolturas de los equipos de accionamiento eléctrico.

$$I_t = \frac{U_o}{R_n + R_t} U_d = U_c = R_t * I_f$$

$$\text{Luego } R_t = \frac{R_n * U_d (U_l)}{U_o - U_d (U_l)}; \text{ si hacemos } U_d = (\text{Tensión de seguridad})$$

Ejemplo: Si $R_n = 20 \, \Omega$
 $U_o = 230 \, \text{V}$.
 $U_L = 50 \, \text{V}$.
 $U_c = U_d = 50 \, \text{V}$.

$$R_t = \frac{R_n \cdot U_L}{U_o - U_L} = \frac{20 \cdot 50}{230 - 50} = 5 \, \text{Ohmios}$$

Si disponemos de interruptores diferenciales, el valor de la tierra podrá ser mayor.

$U_d = R_t \times I_d$
Haciendo $U_d = U_L = 24 \, \text{V}$. ó $50 \, \text{V}$.

y utilizamos un interruptor de

$I_n = 300 \, \text{mA} = 0,3 \, \text{A}$. tenfremos:

$$I_d = I_n = (\text{sensibilidad diferencial}) \, R_t = \frac{U_L}{I_n} = \frac{24 \, \text{V}}{0,3} = 80 \, \text{Ohmios}$$

Tensión de contacto que puede producirse		Tiempo máx. admisible de desconexión
AC (V)	DC (V)	(s)
< 50	< 120	∞
50	120	5,0
75	140	1,0
90	160	0,5
110	175	0,2
150	200	0,1
220	250	0,05
280	310	0,03

Tabla IV. Tiempo máximo admisible de actuación en relación con la tensión de contacto.

10.4.5. Protección adicional contra contactos eléctricos directos.

a) Diferenciales de alta sensibilidad. 30 mA.

Los interruptores diferenciales con intensidad diferencial nominal 30 mA= 0,03 A proporcionan una protección especialmente elevada, pues no sólo protegen contra las altas tensiones de contaacto (que pueden producirse por defecto del aislamiento en aparatos puestos a tierra), sino que también desconectan rápidamente si una intensidad peligrosa fluye directamente hacia tierra a través del cuerpo humano (Figura 17).

Este puede ser el caso de que se toque un aparato que presenta defecto de aislamiento, o cuyo conductor de protección está interrumpido, o está con respecto a tierra con una tensión peligrosa (contacto indirecto sin toma a tierra) o porque el conductor actico y el conductor de protección han sido confundidos entre sí. También se puede ser el caso de que una persona toque inadvertidamente partes bajo tensión, por ejemplo, por manipulación de un conductor de conexión flexible defectuoso, o un aparato de protección de doble aislamiento en presencia de agua.

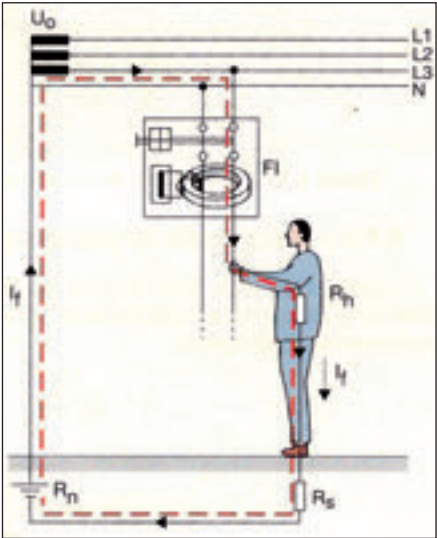


Figura 17. Protección adicional frente al contacto eléctrico directo e indirecto.

En estos casos, si a través del cuerpo humano fluye hacia tierra una intensidad de defecto igual o superior a la I_{An} del diferencial, éste se desconecta rápidamente.

La corriente a través del cuerpo humano será elevada en orden a 200 mA (valor de corte $t \leq 50$ ms).

b) Interruptores diferenciales con intensidad diferencial nominal de 0,01 A (muy alta sensibilidad).

Los interruptores diferenciales con intensidad diferencial nominal de 10 mA, desconectan antes de que se alcance el límite de agarrotamiento (10 mA). Se suministran con intensidad nominal de 16 A y pueden emplearse por lo tanto para la protección individualizada de bases de enchufe.

En los interruptores diferenciales con intensidades de defecto nominales de 10 y 30 mA el disparo se produce en $t \leq 30$ ms, menor del tiempo máximo de desconexión de 0,2 s (200ms), admitido según las especificaciones UNE. Por consiguiente, los interruptores diferenciales con intensidades de defecto nominales de 10 ó 30 mA, ofrecen también protección segura si una corriente fluye a través de una persona debido a un contacto directo inadvertido con partes activas.

Ejemplo: $U_n = V$; $U_o = 230$ V : local húmedo $R_s = 100$ Ohmios
 $R_n = 10$ Ohmios; $R_h = 1000$ Ohmios

$$I_f = I_c = \frac{U_o}{R_n + R_h + R_s} = \frac{230V}{1100} = 0,20 \text{ A.}$$

(Tiempo de disparo del diferencial menor de 50 ms).

Si instalamos un diferencial de $I_{An} = 300$ mA, no puede actuar. Luego tenemos que instalar un diferencial de 30 mA ó 10 mA, que actuará en 30 ms.

c) Comprobaciones del sistema de protección diferencial.

El usuario de la instalación debe comprobar frecuentemente, el correcto funcionamiento del diferencial. Esto puede hacerse patente (una vez conectado el aparato) mediante el pulsador de prueba incorporado que, al ser pulsado, debe hacer disparar el diferencial.

Presionando el pulsador de prueba, se genera una corriente de defecto artificial que tiene que producir el disparo del interruptor diferencial. Es recomendable comprobar la operatividad en la puesta en servicio de la instalación a intervalos regulares; trimestralmente por ejemplo.

10.4.6. Diferenciales a instalar en las obras.

La sensibilidad de los diferenciales tiene asignada por el Reglamento Electrotécnico de B.T. un valor no superior a 30 mA ó 0,03 A, para alimentar cada base o grupo de bases de toma de corriente de $I_n = 32$ A. Para equipos fijos diferenciales serán de 300 mA (*Figura 18*).

Se denominan equipos fijos a los que aún siendo provisionales, no son desplazados bajo tensión durante los trabajos (grúas, montacargas, etc.). Estos equipos están protegidos en general contra los riesgos de origen eléctrico, y en caso necesario, son inaccesibles al personal no cualificado en electricidad.

Teniendo en cuenta que en muchas ocasiones los equipos móviles o portátiles no están perfectamente protegidos contra el contacto eléctrico directo, ya sea porque sus grados de protección (IP) son insuficientes, o porque los conductores eléctricos están deteriorados, abiertos, etc., dispondremos de una protección adicional contra los contactos eléctricos directos instalando diferenciales de $I_{An} = 30$ mA para equipos móviles y máquinas eléctricas portátiles.

10.4.7. Diferenciales especiales

a) Diferenciales selectivos.

Temporizan la actuación del relé diferencial de 100 a 200 ms, para la selectividad respecto de otros interruptores diferenciales instantáneos instalados aguas abajo. Su tiempo de disparo es fijo, en los modulares (*Figura 19*).

Existen diferenciales regulables, tipo caja moldeada, donde se puede regular el tiempo de disparo y la I_{An} (*Figura 20*).

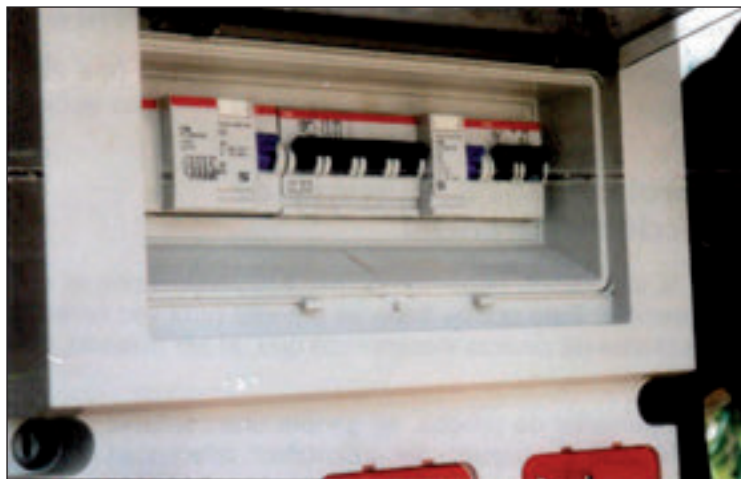


Figura 18. Diferenciales de 300 mA y 30 mA en un cuadro eléctrico de obra.

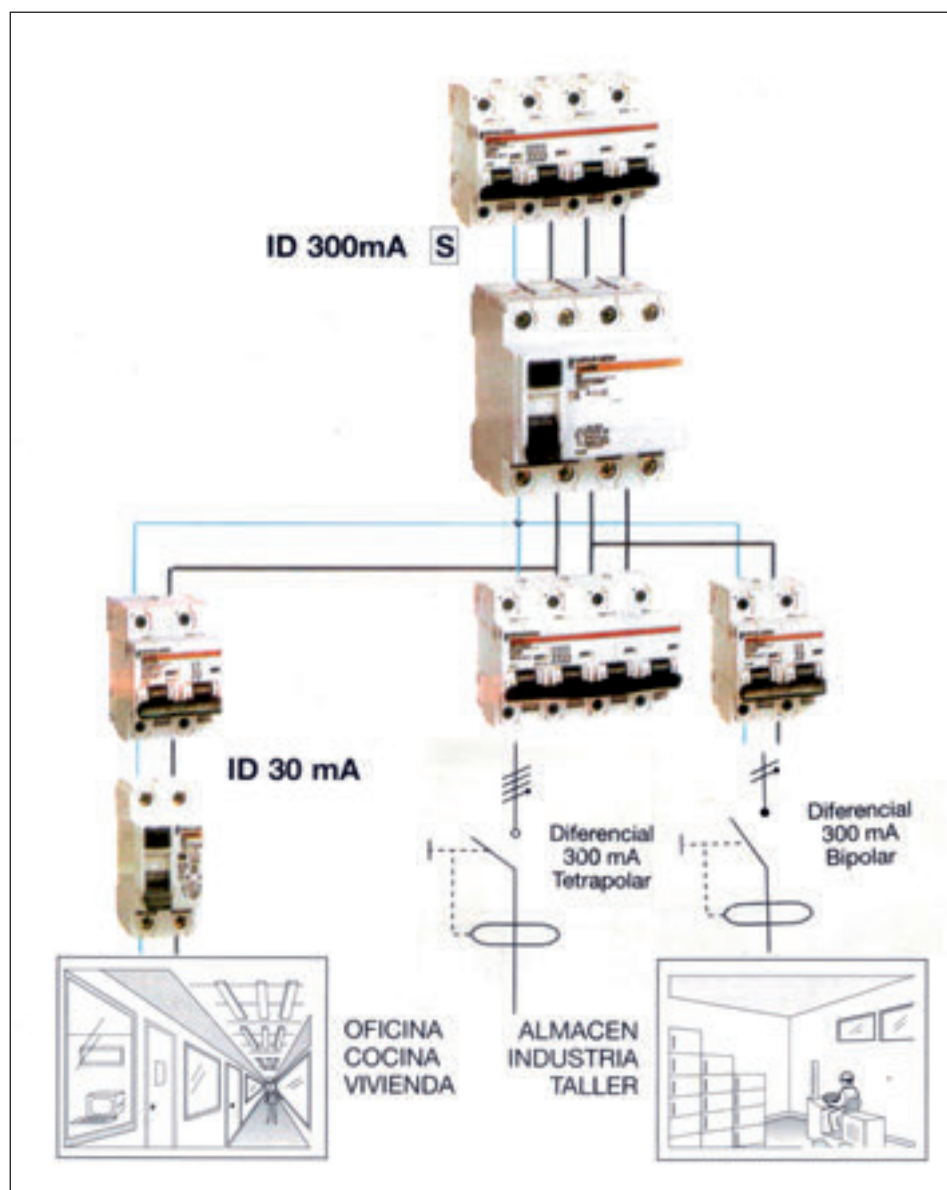
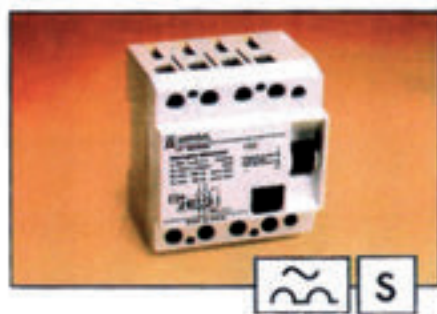
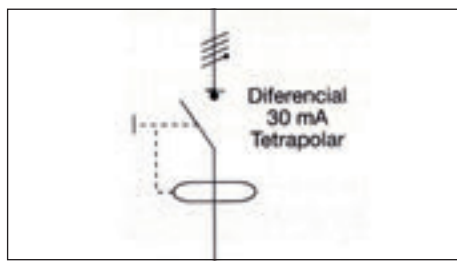


Figura 19. Para conseguir una selectividad vertical de una instalación, es preciso colocar un Interruptor Diferencial (ID) selectivo de tiempo mayor al ID instantáneo instalado aguas abajo.



b) Dispositivos diferenciales sensibles a corrientes pulsantes.

Son sensibles a corrientes diferenciales alternas y a corrientes diferenciales pulsantes. Son insensibles a corrientes de choque de 250 A ($8/20 \mu s$). Realizan el disparo en 30 ms y tienen sensibilidades de 10, 30 ó 300 mA.

La utilización de componentes electrónicos están incrementándose constantemente, tanto en aplicaciones domésticas, como en plantas industriales. En este contexto, en circuitos y contrles se utilizan elementos tales como rectificadores de media onda, control de corte de fase y similares, que producen tanto corrientes de servicio como corrientes de defecto, que se desvían de la forma de onda sinusoidal normal.

Se muestra algunas de las clases de diferenciales sensibles a corrientes pulsantes, que son las siguientes:



Clase AC:

Para circuitos cuyos consumos sean de onda alterna.



Clase A:

Aparatos adecuados para instalar en circuitos en los que, por haber receptores con componentes electrónicos, se general impulsos de c. continua cuyas fugas sólo pueden ser detectadas por éstos.



Protegido contra disparos intempestivos:

Inmune a los efectos de las sobretensiones producidas por fenómenos atmosféricos o maniobra de aparamenta. $2p = 250 \text{ A} \times \text{Onda } 8/20 \mu s$

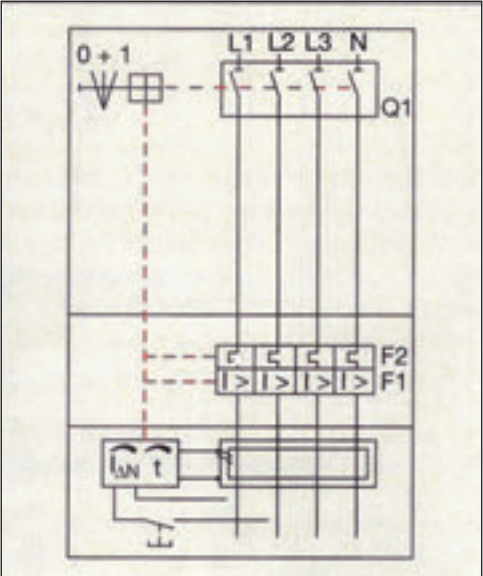


Figura 20. Interruptor automático diferencial selectivo regulable.



Apto al seccionamiento:
Posibilidad de bloquear el aparato en posición “O” y asegurar el aislamiento de las fuentes de energía (Ensayo a $U_{imp.}$ 6kV).

Clasificación de los interruptores diferenciales					
I. Diferencial	I. Diferencial Con relé magnetotérmico	Automático y Diferencial	Tipo selectivo	Para corriente alterna exclusivamente	- Para corriente pulsadas unidireccionales con componente continua. - Para corriente alterna
CEI EN 61008	CEI EN 61009				

Clasificación de los interruptores diferenciales.

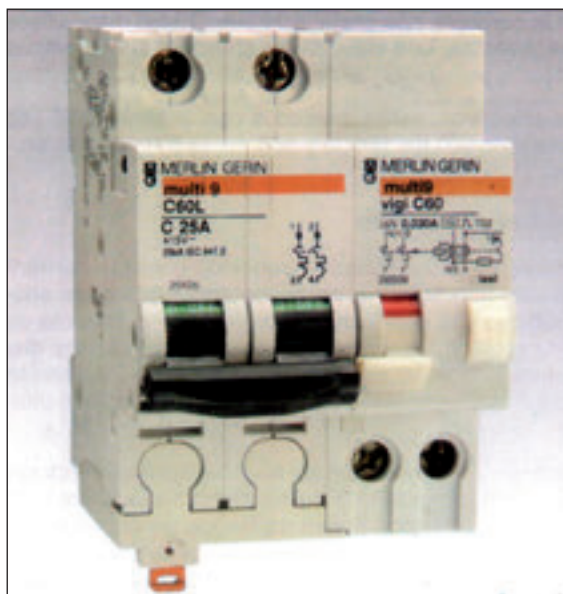


Figura 21. Bloque diferencial. Los interruptores diferenciales con relé magnetotérmico están dotados de autoprotección contra sobrecargas y cortocircuitos.

10.4.8. Protección de los diferenciales.

Los interruptores diferenciales sin relé magnetotérmico deben estar protegidos de los cortocircuitos mediante un dispositivo de protección adicional (Automáticos). Los diferenciales no tiene poder de corte para lcc.

Los interruptores diferenciales con relé magnetotérmico están dotados de autoprotección contra sobrecargas y cortocircuitos. Llevan protección diferencial además de protección contra sobrecargas y cortocircuitos (Figura 21).

10.4.9. Protección contra Incendios.

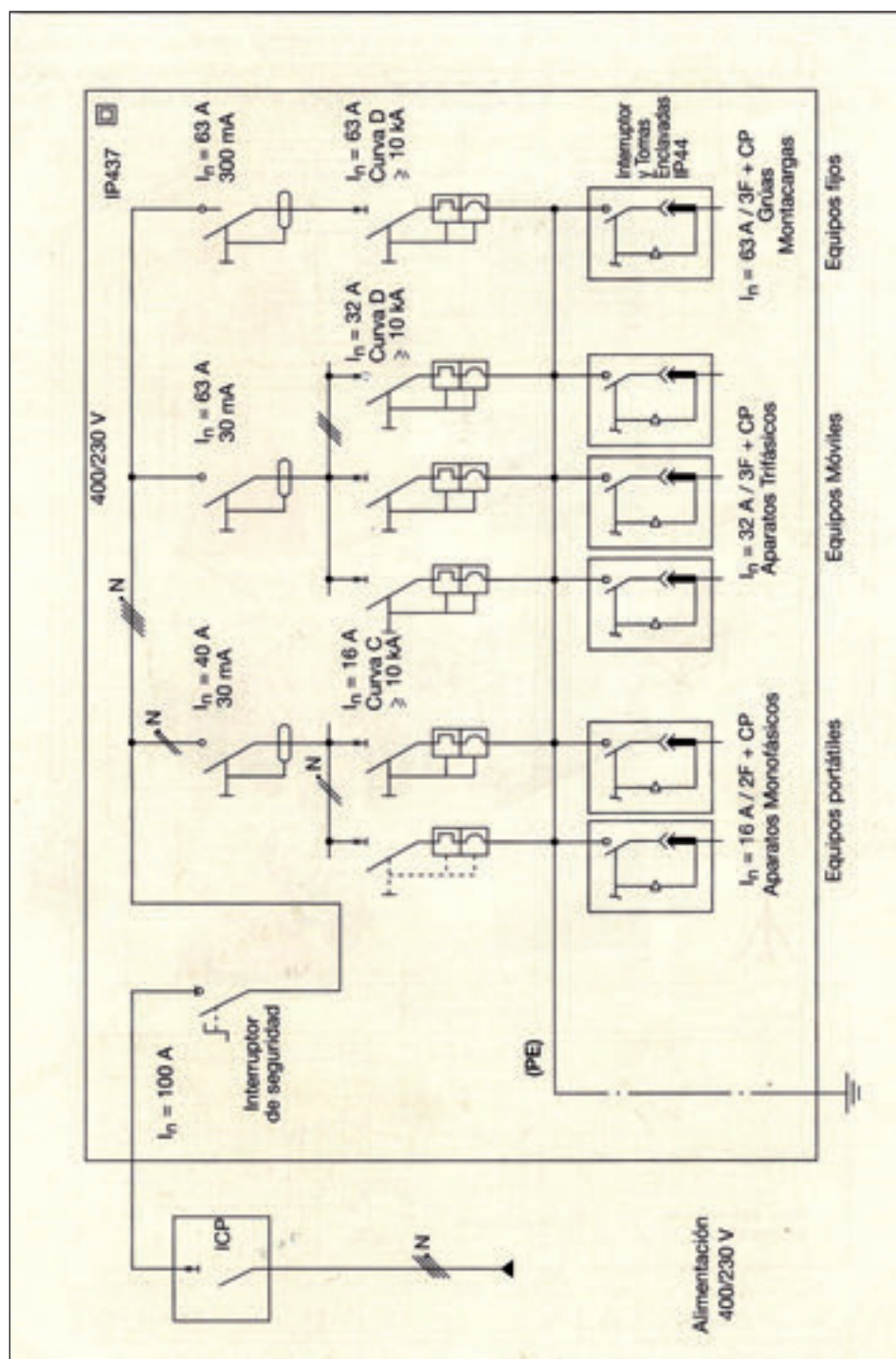
Para lugares expuestos el riesgo de incendios, la norma UNE específica que se adopten medidas para prevenir incendios provocados por defectos de aislamiento.

La protección contra incendios ocasionados por cortocircuitos está asegurada por dispositivos de protección contra sobreintensidades. La protección contra incendios ocasionados por defectos a tierra está garantizada por interruptores diferenciales. La acción de protección óptima se consigue con aparatos de 30 mA.

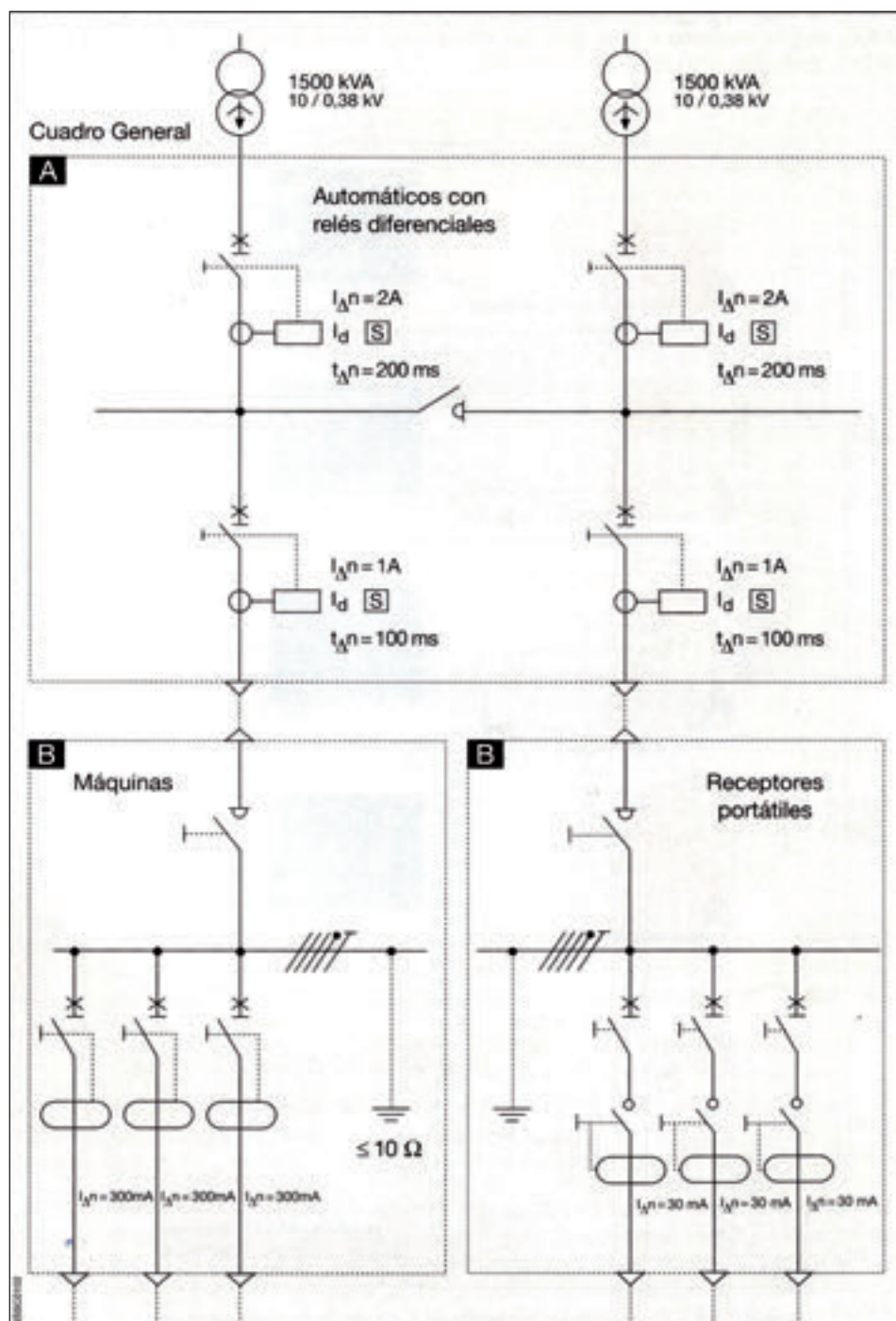
La protección adicional contra incendios mediante interruptores diferenciales, no debería estar restringida solamente a locales expuestos a riesgo de incendio, sino que debería utilizarse en todos los casos.

Las corrientes de fuga pueden establecerse como consecuencia de defectos, bien:

- Entre una instalación u aparato eléctrico conectado a tierra.
- En el momento en que aparece un defecto de aislamiento en un aparato consumidor unido a una superficie combustible.



Aplicación práctica de los diferenciales y automáticos. Cuadro eléctrico de obra según UNE EN 60439.



Ejemplo de aplicación práctica de diferenciales y automáticos. Selección de protecciones contra faltas a tierra y ajustes correspondientes. Sistema T.T.

11. Fusibles, Tomas de corriente y Conductores

11.1. FUSIBLES CORTOCIRCUITOS.

Los fusibles se utilizan para proteger las instalaciones y aparatos frente a sobrecargas y cortocircuitos. (Fig. 1)

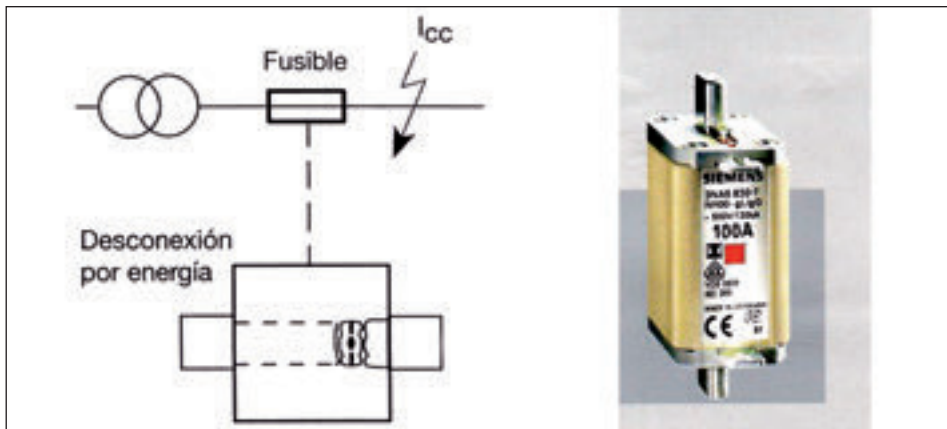


Figura 1. Protección con fusibles.

Para garantizar la seguridad del operario en las operaciones de sustitución o de reposición de fusibles, éstos deberán estar instalados de forma tal que:

- * Puedan desconectarse de la fuente de energía eléctrica antes de ser accesibles (Figura 2). El corte será doble (Entrada-salida alimentación eléctrica).
- * Pueda desconectarse la corriente por medio de un interruptor-seccionador de corte de tensión, antes de ser accesibles, mediante una manecilla aislante (Figura 3).

Dado el elevado número de accidentes originados por el arco eléctrico al manipular fusibles, ya sea al conectar o desconectar en carga o al manejar los propios fusibles cuando se tocan partes accesibles bajo tensión, se recomienda que éstos vayan instalados en interruptores seccionadores (Figura 4).

Los fusibles serán de un poder corte (KA) superior a la I_{cc} .

Los fusibles llevarán protegidas sus partes activas bajo tensión (IP20).

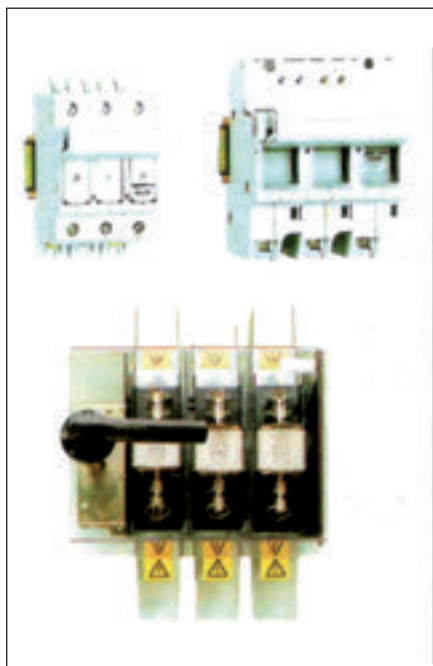


Figura 2. Seccionadores e interruptores con fusibles.

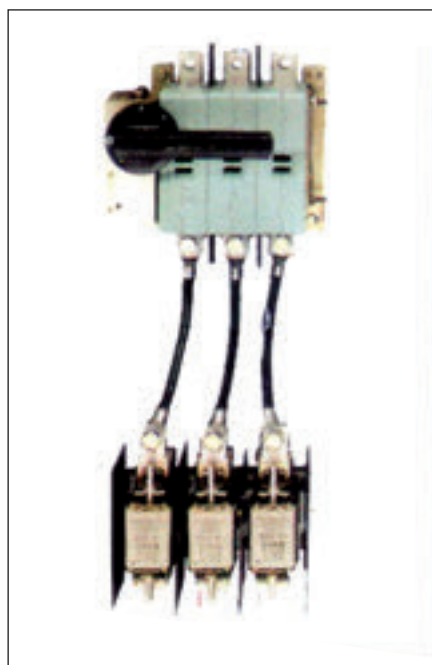


Figura 3. Interruptor de corte de tensión.

Seccionar (sin poder de corte)		Conectar Desconectar + Seccionar	
Seccionador y fusibles		Interruptor seccionador y fusibles	
Seccionador de fusibles		Interruptor de fusibles	

Figura 4. Funciones de los aparatos y sus símbolos.

11.2. TOMAS DE CORRIENTE INDUSTRIALES.

La UNE EN 60309-1, es una normativa cualitativa que define las reglas de construcción que deben satisfacer las tomas de corriente de uso industrial con el fin de garantizar una seguridad mínima al usuario (*Figura 5*). Estas reglas precisan exactamente los tipos de ensayo mecánico y eléctrico que deben soportar las tomas de corriente:

- * Resistencia eléctrica y mecánica (material aislante Ik 08).

- * Intensidad nominal (16A-32A-63A Y 125A).

- * Calentamiento admisible (auto-extinguible > 650°C).

La norma prevé también una clasificación basada en el grado de protección contra la penetración de sólidos y líquidos.

- * IP44: tomas de corriente protegidas contra las proyecciones de agua, provistas normalmente de una tapa con muelle.

- * IP67: tomas de corriente estancas a la inmersión provistas de una tapa de acoplamiento a bayoneta.

Estos grados de protección se consiguen:

- * En la base, cuando la clavija está introducida o cuando la tapa está cerrada.

- * En la clavija, cuando está introducida en la base.

Las tomas de corriente se instalarán protegidas frente a cortocircuitos y sobrecargas. Se situarán después de un interruptor de corte que permita dejarlas sin tensión, para su desconexión y conexión, obligatorio para intensidades superiores a 32 A y tensión mayor de 50 Voltios (B.T. Instrucción 19).

Las bases del enchufe con enclavamiento, presentan una doble seguridad:

- a) No pueden conectarse (Posición 1) si la clavija no está introducida en la base.

- b) La clavija no puede extraerse de la base, si el interruptor no se encuentra la posición 0 (desconectado). (*Figura 6*).



Figura 5. Tomas de corriente para usos industriales en baja tensión.

Las tomas de corriente de 63 y 125A, están dotadas además de los contactos normales, de un contacto piloto, que se cierra el último en la conexión y es el primero en abrirse en la desconexión, muy útil, por tanto para utilizarse como enclavamiento eléctrico.

El tomacorrientes que puede verse en la Figura 7 reúne las protecciones antes citadas (corte y conexión en carga, y enclavamiento).

Las tomas de corriente de intensidad entre 16 y 125 A y tensión nominal no superior a 750 Voltios, tanto de interior como de intemperie, deberán cumplir la Norma UNE 20352, basa en la Norma CEI 309.

Según la tensión que alimentan se han normalizado los siguientes colores (Figura 8):

Violeta: 24 Voltios.

Blanco: 42 Voltios.

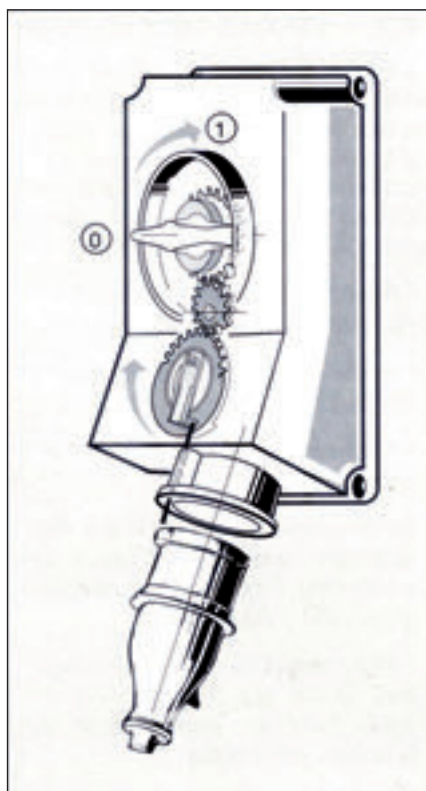


Figura 6. Sistema de enclavamiento para bases de enchufe.

Amarillo: 110 Voltios.

Azul: 220 Voltios.

Figura 7. Interruptor seccionador con toma de corriente enclavable.



Figura 8. Colores normalizados para tomas de corriente (C.E.E.).

Rojo: de 380 a 440 Voltios.

Negro: de 550 a 750 Voltios.

Se ha elegido el color verde para frecuencias mayores de 50 Hz-60 Hz.(figura 9)

11.2.1. Espigas y alvéolos.

Las tomas de corriente C.E.E. 17 con tensiones superiores a 50 V, deben estar dotadas de un contacto de protección (, tierra).

Asimismo las bases están provistas de una guía y las clavijas de un pitón, acoplables entre sí. Por otro lado, la espiga del contacto de protección de la clavija y el alvéolo del contacto de protección de la base, adoptan una determinada posición respecto a la guía / pitón, según la tensión de los tomacorriente. Se elimina así el riesgo de posibles errores en la conexión de tomacorrientes con diferente tensión, imposibilitando se pueden conectar. (Figura 10).

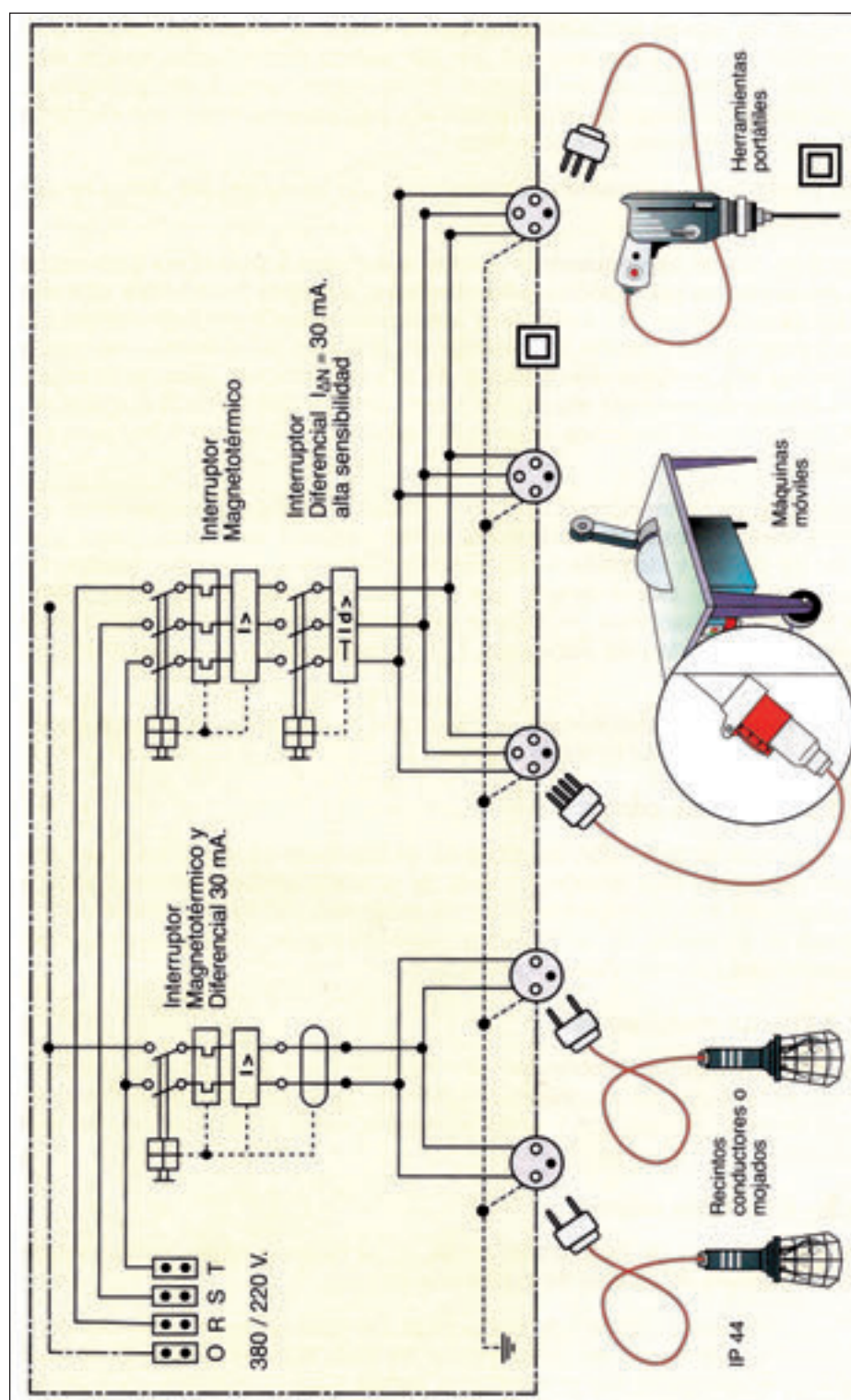
Además para una conexión de seguridad, los diámetros de la espiga / alvéolo del contacto de protección son superiores a los diámetros de los contactos normales (fase y neutro), con lo que la infundibilidad queda garantizada.

Todas las tomas de corriente deberán llevar una borna de tierra, salvo las tomas conectables a fuentes de alimentación a **tensión de seguridad**.

Esquema de instalación para pequeñas obras.



Figura 9. Vibrador eléctrico con toma de alimentación color rojo (380 V) y base de toma de corriente de salida de color verde (Frecuencia superior a 50 Hz; > 50 - 500 Hz).



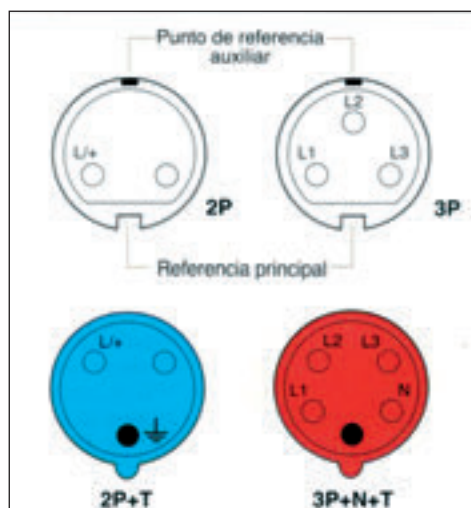


Figura 10. Tomas de corriente de seguridad sin borna de tierra, y tomas de corriente de 80 – 220 V con borna de tierra.

11.2.2. Grados de protección.

Las tomas de corriente presentarán el grado de protección que corresponda a sus condiciones de instalación ya que pueden estar instaladas en locales húmedos-mojados, en ambientes con polvo, etc. Su grado de protección mínimo será IP44. (Figura 11).


EMPLAZAMIENTOS	GRADOS DE PROTECCIÓN MÍNIMOS	Tomas de corriente con grado de protección IP 44 e IP 67	
Locales mojados o con riesgo de corrosión (exterior de obras).	IP 67 - IK08	 IP 44 intensidad nominal 16 A	 IP 67 intensidad nominal 16 A
Locales húmedos o secos (interior de obras, cuadros protegidos de la lluvia etc).	IP 44 - IK08		

Figura 11. Grados de protección mínimos de las tomas de corriente.

11.2.3. Instalación de las tomacorrientes.

La correcta conexión de los tomacorrientes es de suma importancia, ya que se han producido accidentes mortales por electrocución al estar equivocadamente conectados y exigir espigas con tensión accesibles.

Por lo tanto, no existirán bajo tensión en las espigas de las clavijas, de tal manera que en su conexión, desconexión y manipulación puedan tocarse partes activas.

Las bases de toma de corriente llevarán una tapa de protección de los alvéolos con tensión, que incluso si se rompiera ésta, el grado de protección IP20 impide que los dedos puedan llegar a tocar los elementos bajo tensión. (Figura 12).

Se deberá evitar que se puedan conectar conductores pelados directamente a la base de enchufe, sin las correspondientes clavijas de conexión.

En la figura 13 se señala, como idea de solución, la correcta instalación de clavijas bases de toma de corriente con interruptores enclavados.

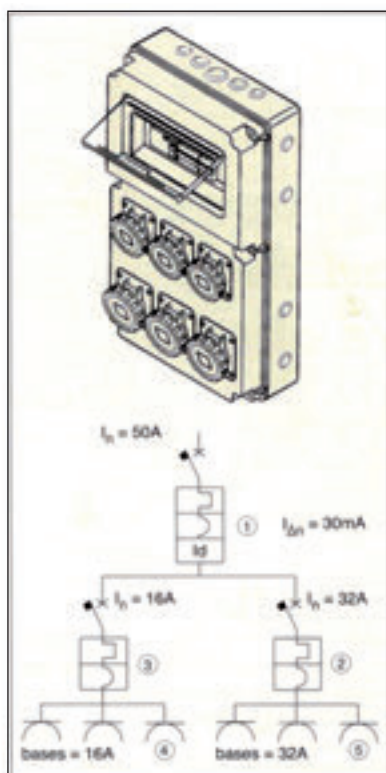


Figura 12. Cuadro eléctrico con bases protegidas y automáticos - diferenciales.

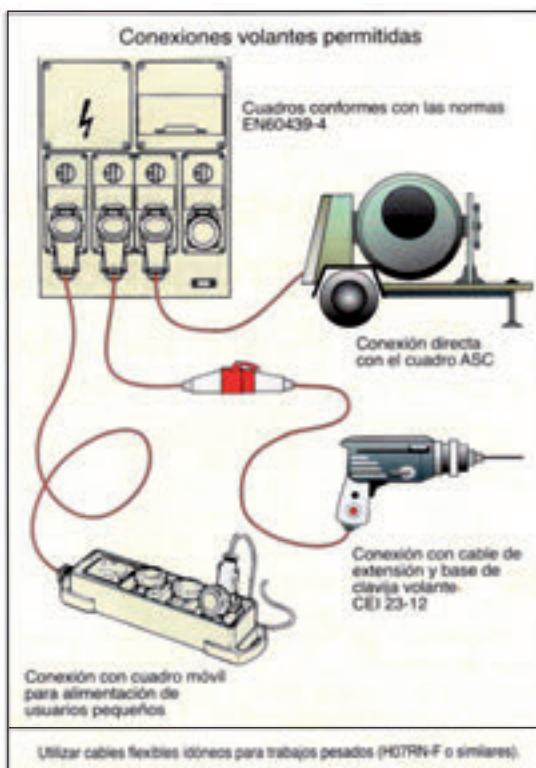


Figura 13. Conexión correcta de conductores eléctricos, con elementos seguros.

Las tomas de corriente irán provistas de un interruptor de corte omnipolar que permita dejarlas sin tensión cuando no hayan de ser utilizadas.

Para evitar la desconexión del circuito en carga y su conexión, las tomas de corriente deberán disponer de un interruptor de corte $I_n > 16A$ (REBT-ITC 19) para las tomas de corriente de 32 A de intensidad nominal e intensidades superiores (63 y 125 A). (Figura 14).

Los enchufes en cuadros eléctricos auxiliares se instalarán con la correspondiente aparamenta:

- * Las bases de $\leq 32 A$ llevarán protección diferencial con $\leq 30 mA$. Para evitar que se dispare se aconseja utilizar un diferencial para no más de 4 ó 6 bases.
- * Si el cuadro de base de enchufe incluye bases de diferentes intensidades nominales, para cada grupo homogéneo se debe instalar un interruptor automático magnetotérmico con I_n no superior a la del grupo.



Figura 14. Bases con interruptor de bloqueo

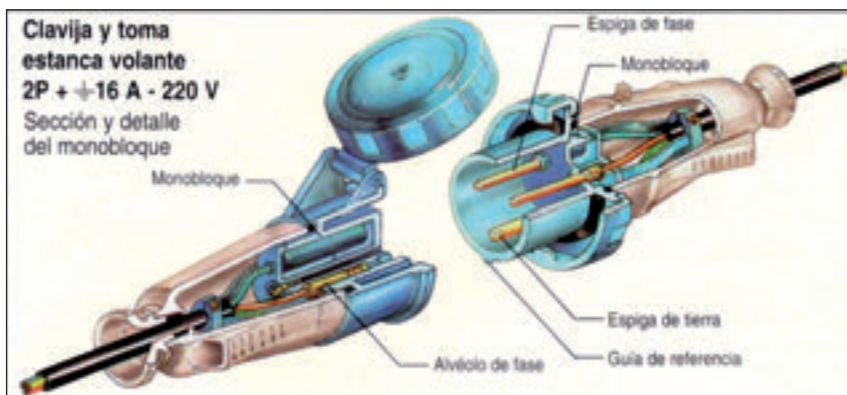


Figura 15. Tomas de corriente multipolares para prolongadores.

No empalmar los conductores eléctricos con elementos inseguros, utilizar prolongadores a base de tomas de corriente perfectamente conexionadas (evitar que las espigas de conexión en tensión sean accesibles). (Véase figura 15).



Colocación correcta.

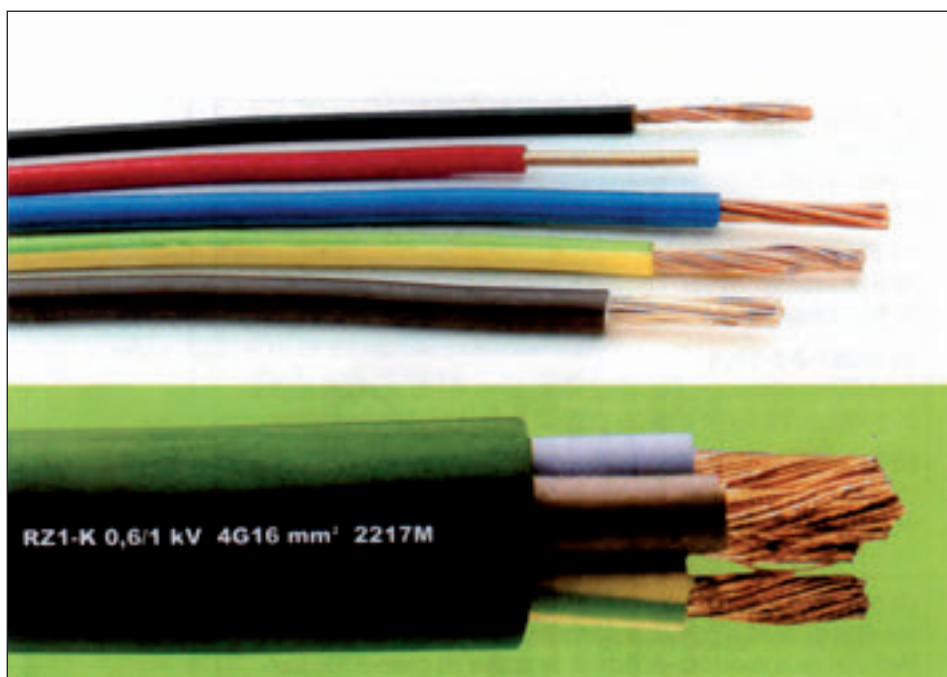


Colocación incorrecta. Peligro.

Partes con posibilidad de tensión protegidas con tapa. Clavija de la derecha con espigas bajo tensión accesible.

11.3. CONDUCTORES ELÉCTRICOS.

En la actualidad, la sección de los conductores aislados en instalaciones eléctricas de Baja Tensión se proyecta teniendo en cuenta la máxima densidad de corriente, es decir, para corrientes nominales de funcionamiento o sobrecarga eléctrica progresiva, según especificaciones del actual Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y su Instrucción Técnica Complementaria ITC 19, donde se refleja la intensidad máxima admisible en Amperios para conductores aislados, según las distintas secciones de conductor y aislamiento.



Nueva generación de conductores aislados sin PVC a base de Poliefinas. Termoplásticas y Termoestables (Z1-Z).

11.3.1. Características del aislamiento.

Los cables conductores aislados no deben superar las temperaturas máximas indicadas en la tabla I (UNE 20460), en función de su aislamiento. Estas temperaturas corresponden al servicio permanente y a la intensidad del cortocircuito que pueda circular por ellos durante un tiempo no superior a 5 segundos. La temperatura corresponde a la medida efectuada en el propio conductor (*Figura 16*).

Cálculo del Automático a Instalar.

El dimensionamiento de la protección contra sobrecargas de un cable viene determinado por la temperatura que se alcanza, originada por el efecto joule en el conductor, de modo que no se produzca deterioro o envejecimiento en los aislamientos empleados.

La tabla I proporciona las intensidades admisibles por los conductores en función de su sección, de su tipo de aislamiento, de su ubicación, etc. para una temperatura ambiente de 30°C.

Tipo de aislamiento	Temperatura Máxima del conductor °C		
	Servicio permanente	Sobrecarga	Cortocircuito t ≤ 5 segundos
Termoplástico (Z1)	70	95	160
Termoestable (XLPE o EPRI)	90	130	250
Termoplástico: se reblandece Termoestable: permanece estable	Carboniza a 250 °C Carboniza a 300 °C		
Silicona	180	230	350
Goma	70	90	200
Goma Butílica	80	95	220

Temperaturas máximas para conductores aislados en función del tipo de aislamiento.

En el dimensionamiento de la protección contra sobrecargas de un cable, intervienen los siguientes valores:

Iz= Capacidad máxima del cable.

Ie= Corriente de empleo.

In= Intensidad nominal del Automático.

Una protección correcta contra sobrecargas cumplirá con la expresión: $I_e < I_n < I_z$

La actual norma CEI -947.2 y EN, señala las características con los relés térmicos en cuanto a su disparo:

< 1.05 In - no desconexión

> 1,3 In - desconexión (t < 2h)

$$I_n < \frac{I_z}{1,3} ; I_n < 0,76 I_z$$

Ejemplo: Cable de Z1

Sección 1,5 mm²

Capacidad máx. del cable 15 A t < 30°C

Cálculos: $I_n < 0,76 \times I_z = 0,76 \times 15 < 11 \text{ A}$

Luego elegiremos un automático de In= 10 A.



Figura 16. Gráfico de temperaturas máximas en un conductor.

Intensidades máximas admisibles en conductores aislados:

La intensidad máxima admisible depende:

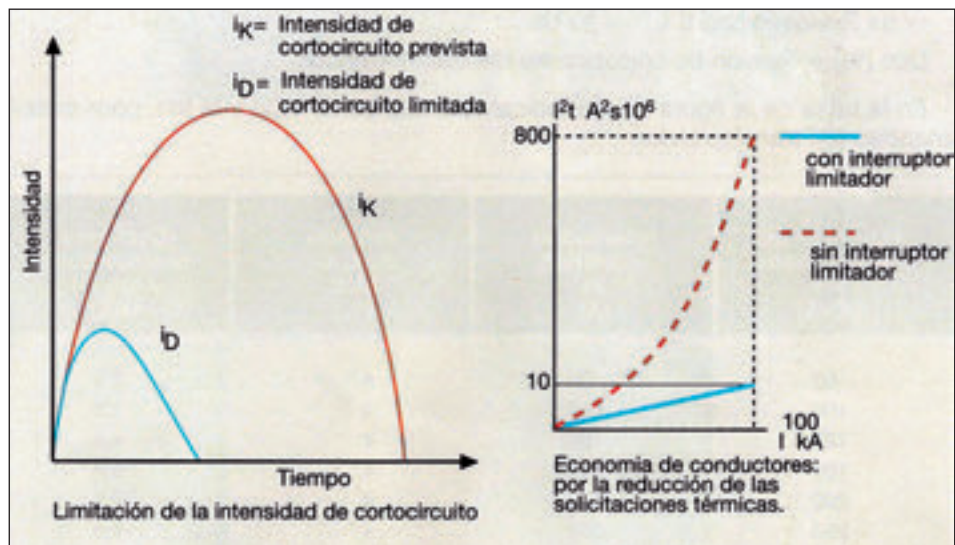
- De la sección de los conductores.
- De la naturaleza de los conductores (cobre o aluminio) y de su sección.
- De la naturaleza del aislamiento: PRC, goma, PVC, etc.
- Del modo de colocación y del número de conductores con carga.
- De la temperatura ambiente (tabla válida para 30 °C).

Esta tabla es una versión resumida del procedimiento indicado en la Norma UNE 20460

Elección de la columna para acceso al cuadro					Corriente máxima admisible para los conductores (A)								
Naturaleza del aislante	Goma PVC		PRC		Sección conductor cobre mm ²	Columna elegida en el cuadro							
	3	2	3	2		1	2	3	4	5	6	7	8
Número de conductores activos por cable													
Modo de colocación de los cables					1,5		15	17	19	22	24	27	
					2,5		21	24	26	30	33	37	
• Bajo conductos al aire o empotrados					4		28	32	35	40	45	50	
					6		36	41	46	52	58	64	
• Fijación a paredes; colocación sobre vías de cables:					10		50	57	63	77	80	88	
					16		68	76	85	96	107	119	
- Cables unipolares					25		89	101	112	127	142	159	
					35		111	125	138	157	175	194	
- Cables multipolares	4	5	6	7	50		134	157	168	190	212	235	
	3	4	5	6									

Tabla I. Intensidades máximas admisibles para conductores aislados.

En el dimensionamiento del cable para el caso de cortocircuito, las normas IEC 364-4-43 y UNE 20460, establecen que el dispositivo de protección de los conductores debe tener un poder de corte mayor o igual a la lcc prevista en el punto donde está instalado y debe intervenir con una rapidez tal que los cables o conductores protegidos no superen la máxima temperatura admisible.



Poder de limitación de los interruptores automáticos.

11.3.2. Método cenelec de designación de cables.

El H.D. 361 del CENELEC establece un sistema de designación para los diferentes tipos de cables y conductores, consistente en la disposición ordenada de un determinado número de siglas que expresan sus características constructivas (*Figura 17*).

1. Normalización a que corresponde:

H= conforme a las normas armonizadas.

A= tipo nacional reconocido.

N= tipo nacional no reconocido.

J= conforme a normas CEI.

2. Tensión nominal U_0/U :

03= 300/300 V.

05= 300/500 V.

07= 450/750 V.

1= 0,6/1 kV.

3= 1,8/3 kV.

6= 3,6/6 kV.

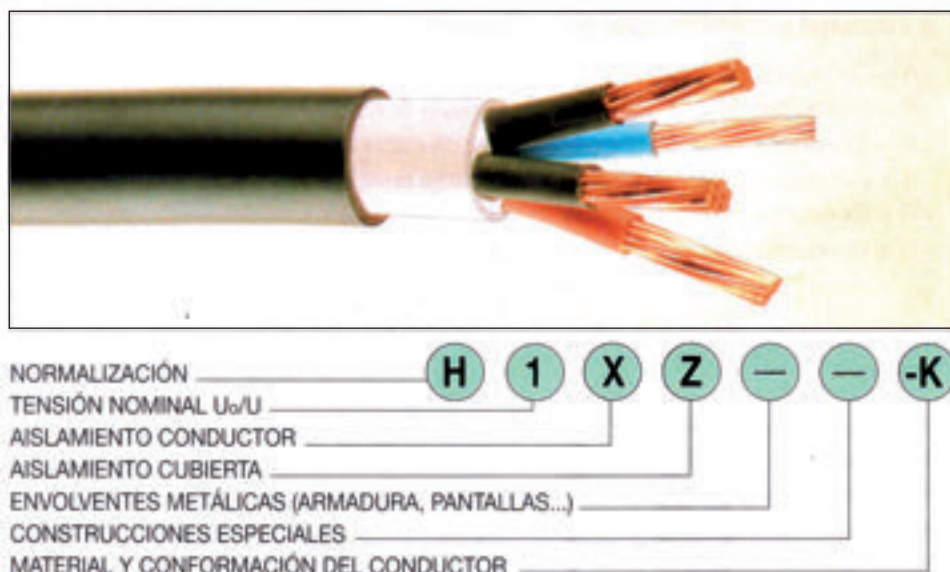


Figura 17. Método CENELEC de designación de cables.

3. Envoltentes no metálicos (aislamientos, cubiertas, ...), materiales:

E= Polietileno.

R= Goma natural o estireno butadieno.

S= Goma, silicona.

V= Policloruro de vinilo (PVC).

X= Polietileno reticulado (XLPE/PRC).

T= Trenza textil.

B= Etileno, Propileno.

N= Policloropreno.

Z= Mezcla reticulada a base de poliolefina.

Z1= Mezcla plástica a base de polioelfina.

4. Envoltentes metálicas (armaduras, pantallas, ...):

Z2= Armadura de alambres circulares de acero.

Z4= Armadura de flejes de acero.

C4 y C5= Pantalla de trenza de cobre.

C7 y C8= Pantalla de flejes o cintas.

5. Construcciones especiales:

H= Cables planos, en los que los conductores pueden separarse.

H2= Cables planos, no separables.

H5= Cableado en hélice visible.

6. Material y conformación del conductor.

A= Conductor de aluminio (1).

F= Conductor flexible (clase 5) de un cable flexible.

H= Conductor extraflexible (clase 6) de un cable flexible.

K= Conductor flexible (clase 5) de un cable para instalaciones fijas.

R= Conductor rígido, cableado, circular.

U= Conductor rígido, unifamiliar, circular.

(1) No se utiliza ningún símbolo si el conductor es el cobre.

11.3.3. Comportamiento frente al calor y al fuego.

El comportamiento del elemento aislante de los conductores, deberán cumplir con los requisitos de no propagación de la llama y de no propagación el incendio.

La característica antillama de la mezcla empleada en los calves, se puede verificar por ensayo normalizados, no solamente en el caso de incendio localizado en un solo cable, sino también cuando los cables están agrupados en haces, en conductos o pasarelas.

Para definir la aptitud de no propagación del incendio, se necesitan pruebas severas y cercanas a la realidad en las que se consideran haces de cables, sometidos a intensas fuentes de calor y altas temperaturas.

En hospitales, teatros, cines, túneles y otros lugares de pública concurrencia, la pérdida de visibilidad ocasionada por el desarrollo del humo que se desprende de los cables en combustión, puede causar pánico y crear serios problemas. Adicionalmente la presencia de gases corrosivos en el humo, puede dar lugar a daños y fallos de sensibilidad en el equipo eléctrico y perjudicar la salud de las personas, incluso después de cortar exposiciones.

Por lo tanto, los aislamientos de los cables deberán emitir pocos humos al quemarse y cero halógenos. La evaluación de la cantidad de humos emitida por los cables y conductores se efectúa en la cámara para ensayos de densidad de humos (*Figura 18*).

El contenido en halógenos de los gases generados durante la combustión se controla en los laboratorios.



Figura 18. Cables formados por conductores (1) aislados y cubiertos por una mezcla especial a base de poliolefinas (2) tales que cuando arden emiten gases de muy reducida corrosividad y toxicidad, y casi totalmente transparentes los humos.

CUADRO COMPARATIVO DE CARACTERÍSTICAS HALÓGENOS-CORROSIVIDAD-TOXICIDAD-HUMOS-INCENDIO				
CARACTERÍSTICAS	NORMAS APLICABLES	CABLES CON POLIOLEFINAS	CABLES CONVENCIONALES NO PROPAGADORES DEL INCENDIO	CABLES CONVENCIONALES
EMISIÓN DE HALÓGENOS	UNE-21147	< 0,5%	15-30%	> 30%
CORROSIVIDAD	UNE-EN 50267	pH 5+5,5 C 1+2 μ S/mm	pH < 3 C 85+90 μ S/mm	pH < 3 C 85+90 μ S/mm
TOXICIDAD	UNE 2147	0,9+1,5	≥ 30	≥ 40
EMISIÓN DE HUMOS OPACOS	UNE-EN 50268	SUPERA ENSAYO	NO CUMPLE	NO CUMPLE
NO PROPAGACIÓN DEL INCENDIO	UNE-EN 50266	SUPERA ENSAYO	SUPERA ENSAYO	NO CUMPLE
NO PROPAGACIÓN DE LA LLAMA	UNE-EN 50265	SUPERA ENSAYO	SUPERA ENSAYO	SUPERA ENSAYO

Cables eléctricos. Características de emisión de halógenas, corrosividad, toxicidad, emisión de humos opacos, no propagación de incendio ni de llama, de varios cables, según distintas Normas.



12. Equipo eléctrico de las máquinas industriales

12.1. LA SEGURIDAD DE LAS MÁQUINAS. DIRECTIVAS.

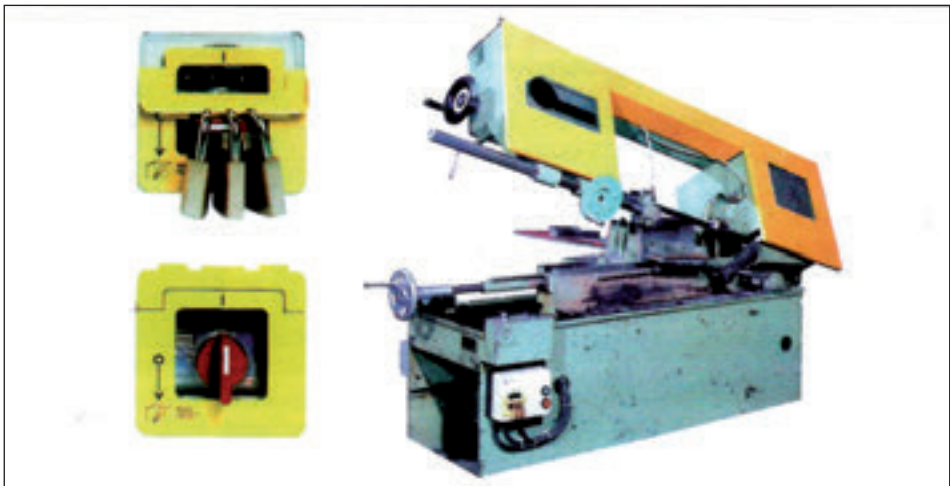
El fabricante de máquinas está obligado a cumplir la Directiva de Máquinas 89/392/CEE y sus accesorias 91/368/CEE, 93/44/CEE y 93/68/CEE, destinadas a garantizar la libre circulación de las máquinas en la Unión Europea y a mejorar el nivel de seguridad para las personas.

Todo fabricante debe construir máquinas seguras que garanticen los máximos requisitos de seguridad. El fabricante pone la marca CE sobre su máquina y establece el dossier de autocertificación.

Los Reales Decretos 1435/1992 (BOE 297/92) y 56/1995 (BOE 33/95) transponen la Directiva Máquinas al derecho español.

Por otro lado, la Directiva 89/655/CEE, de carácter social, contempla las prescripciones mínimas de protección en el entorno laboral. Afecta fundamentalmente a la utilización de máquinas.

El Real Decreto 1215/97 (BOE 199/97) transfiere al derecho español esta directiva.



12.2. CIRCUITOS QUE COMPONEN EL EQUIPO ELÉCTRICO DE UNA MÁQUINA.

Circuito de potencia.

Es el circuito que transporta energía a los aparatos (motores, refrigeración, calefacción, etc.) que la utilizan directamente para el trabajo realizado por la máquina; generalmente, este circuito va unido directamente a la instalación (de baja tensión) de distribución de energía eléctrica del local, y contiene los medios para generar, convertir, distribuir o utilizar la energía eléctrica (*Figura 1*).

Circuito de mando.

Es el circuito monofásico o eventualmente a corriente continua, utilizado para ordenar, gobernar, avisar, medir, etc., los elementos de funcionamiento de la máquina y permite asegurar la protección eléctrica del circuito de potencia (sobrecargas, etc.), la seguridad del personal encargado de su funcionamiento y en cierta medida la seguridad de los elementos mecánicos. (*Figura 2*).

Circuito de señalización.

Este circuito, va generalmente unido directamente al circuito de mando y alimenta los dispositivos acústicos y/o luminosos del mismo (*Figura 3*).

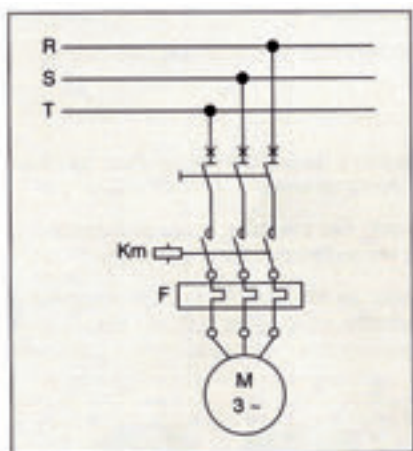


Figura 1. Circuito de potencia.

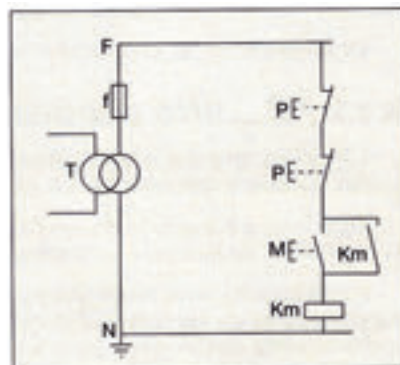


Figura 2. Circuito de mando.

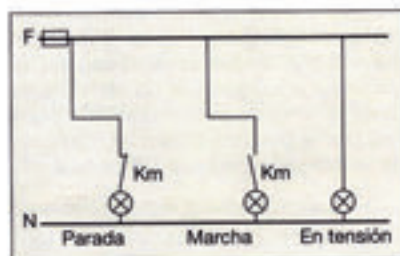
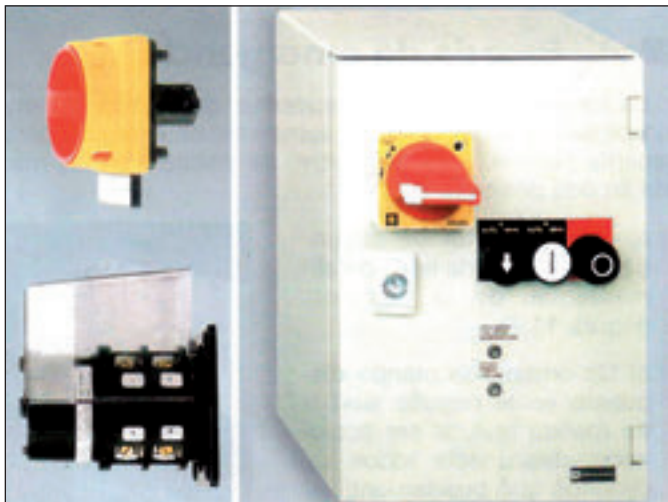
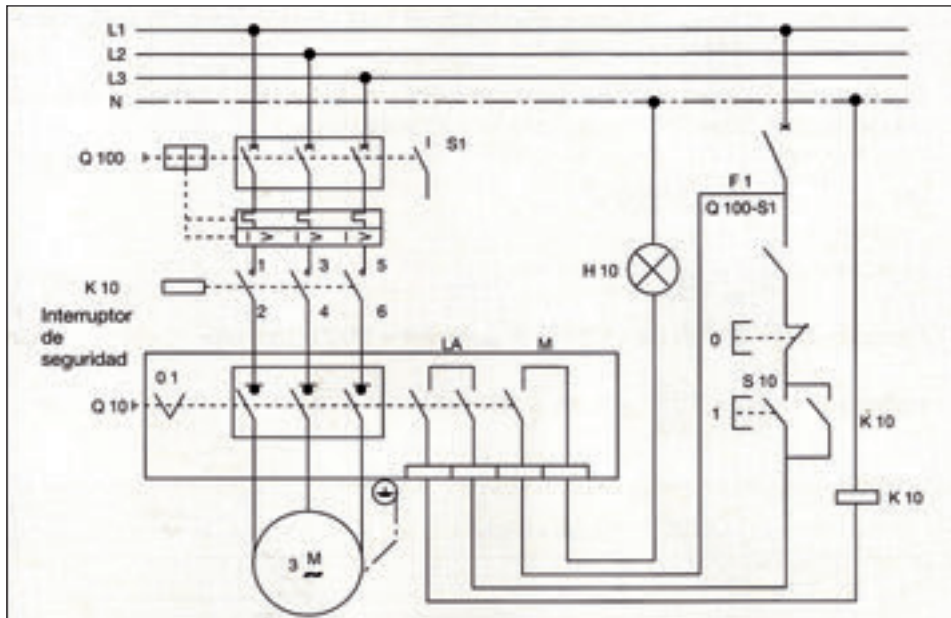


Figura 3. Circuito de señalización





12.3. SECCIONAMIENTO DE LA ALIMENTACIÓN.

Para cada alimentación debe disponerse un dispositivo de seccionamiento de ésta, de accionamiento manual. Este aparato debe separar, cuando sea necesario, el equipo eléctrico de la máquina de la red de alimentación (por ejemplo durante las reparaciones). (Fig. 4).

Para evitar su involuntaria puesta en marcha, se bloquearán los interruptores o seccionadores de los motores eléctricos, mediante candados (Figura 5) y si el accionamiento eléctrico se realiza a base de pulsadores de parada-marcha a través de contactores, se instalarán pulsadores con llave de enclavamiento (Figura 6).

Las máquinas estarán protegidas contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia de un restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, por la puesta en marcha intempestiva de la máquina (Figura 7).



Figura 6. Pulsador con llave de enclavamiento.

12.4. DISPOSITIVO DE PARADA.

Parada normal.

Cada máquina estará provista de un órgano de accionamiento que permita parada total en condiciones seguras.

Cada puesto de trabajo estará provisto de un órgano de accionamiento que permite parar, en función de los peligros existentes, o bien todos los elementos móviles de la máquina, o bien una parte de ellos solamente, de manera que la máquina quede en situación de seguridad. La orden parada de la máquina tendrá prioridad sobre las órdenes de puesta en marcha. Una vez obtenida la parada de la máquina o de sus elementos peligrosos, se interrumpirá la alimentación de energía de la máquina. (Figura 8).

Parada de emergencia.

La función esencial del dispositivo de parada de emergencia será la de interrumpir (en caso de peligro) el suministro de las fuentes de alimentación de energía (corriente eléctrica u otras para la máquina lo más rápidamente posible.

Sin embargo, el dispositivo de parada de emergencia puede, en algunos casos, no interrumpir ciertos circuitos de la máquina que podrían generar, al ser interrumpidos, un peligro para el operario o la máquina, como por ejemplo: los platos magnéticos o circuitos auxiliares (alumbrado, refrigeración, etc.)

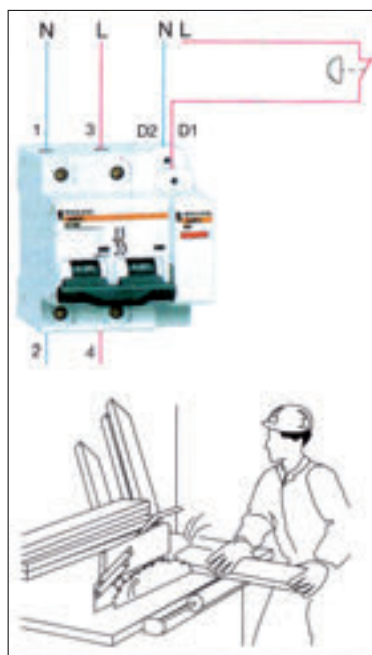


Figura 7. Relé de mínima tensión con automático de corte.

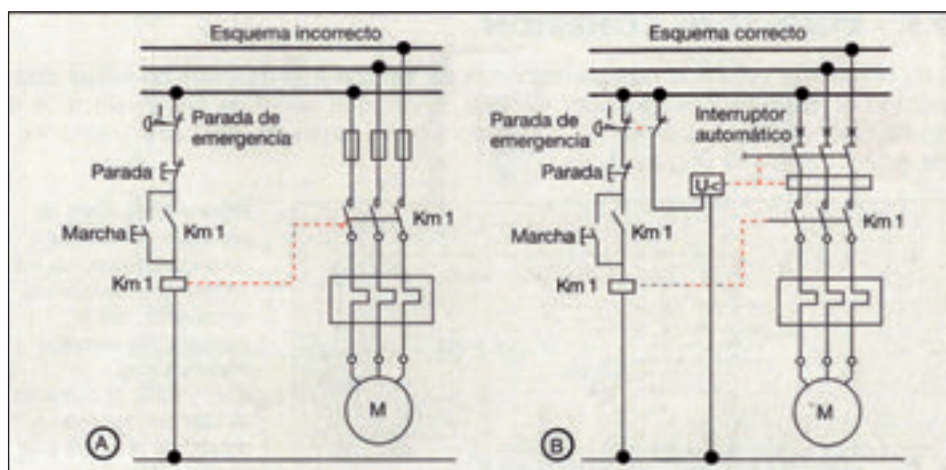


Figura 8. Con el esquema A subsisten algunos riesgos de fallos: Shunt del botón de parada de emergencia o que le contactor Km 1 se pegue o se suelde sus contactos. Cuando el operador realice una parada de emergencia, esta orden puede no ser tomada en cuenta. Con el esquema B se solucionan los dos riesgos antes citados. El interruptor automático abrirá al actuar el relé de mínima tensión.

Ciertos movimientos, no sólo serán interrumpidos sino que se pondrán en marcha al ser accionado el dispositivo de parada de emergencia sin que ello, claro está, represente un peligro para el operario; por ejemplo: los órganos de frenada de emergencia para obtener una parada más rápida, la inversión del sentido de giro en los rodillos de una curvadora de chapa, etc.

Este dispositivo se instalará en las máquinas, previéndose para este fin dos posibilidades:

- * Un interruptor de seguridad situado en la línea de alimentación de la máquina (Figura 9).



Figura 9. Interruptor de Seguridad

- * Un órgano de mando dispuestos en el circuito auxiliar de mando que, al ser accionado, todos los circuitos que puedan originar peligro queden desconectados. (Figura 10).

El órgano de mando utilizado como paro de emergencia debe reunir las características siguientes:

- * Podrá ser accionado manualmente y será enclavable en la posición de abierto.

* Puede presentar varias formas: maneta, pedal, cuerda, botón pulsador, etc., eligiéndose la más conveniente en cada caso; en todos los casos el color será rojo.

* Si el órgano de mando es un botón-pulsador, éste debe ser el tipo “cabeza de seta”, de color rojo y llevará como fondo color amarillo.

* Los contactos (si se utiliza como órgano de mando un botón pulsador) serán de apertura forzada y completa: entendiéndose como apertura forzada aquella que lleva rígidamente unidos los bloques de contactos con el vástago guía del interruptor (elemento de accionamiento). Por apertura completa, se entiende que el interruptor tendrá únicamente dos posiciones de trabajo (abierto o cerrado).

* El órgano de parada de emergencia deberá quedar bloqueado. Sólo podrá desbloquearse con una maniobra adecuada. Este desbloqueo no deberá volver a poner la máquina en marcha, sino sólo autorizar que pueda volver a arrancar.

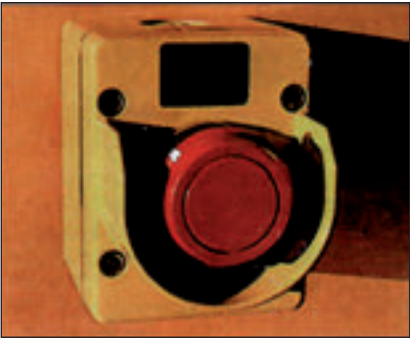


Figura 10. Pulsador “cabeza de seta”.

* En la EN 60204-1 están definidas las 3 Categorías de Paro:

Categoría de Paro	DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIÓN
0	Parada incontrolada: por desconexión instantánea de la alimentación eléctrica a las máquinas.
1	Parada controlada: manteniéndose la alimentación eléctrica a las máquinas hasta que se hayan parado, y entonces se interrumpe (ejemplo: frenado controlado, etc.).
2	Parada controlada: se mantiene la alimentación a las máquinas aunque ya estén paradas (ejemplo: contactores electrónicos a base de tiristores, ordenadores de control, etc.).

Toda parada debe cumplir la categoría 0. Hay que prever la Categoría 1 y/o 2 cuando sea necesario por las exigencias de seguridad o funcionalidad técnica de la máquina.

La parada de emergencia será de categoría 0 ó 1 exclusivamente. Los aparatos de elevación llevarán parada de emergencia exclusivamente de categoría 0.

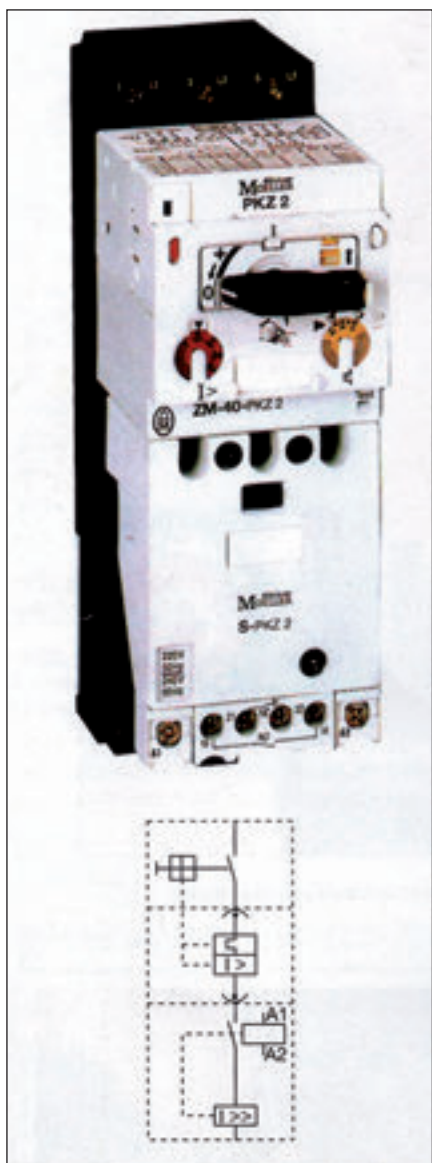


Figura 11. Contactor limitador de la corriente del cortocircuito. La amplia capacidad del interruptor protector lo convierte en una combinación de arrancador y limitador. El aparato de la figura tiene un poder de corte de 100 KA para una tensión de hasta 500 V.

12.5. CONTACTORES DE POTENCIA.

La soldadura de los contactos de los contactores en máquinas con elevado riesgo para los operarios (prensa, sierras, cizallas, grúas, etc.) pone en grave riesgo a éstos, ya que la orden de parada no se ejecuta, dado que los contactos se han soldado y el circuito eléctrico sigue alimentando.

Para evitar el riesgo de soldadura de los contactos de los contactores que alimentan máquinas con riesgo, se recomienda la utilización de limitadores de la corriente de cortocircuito, que podrán instalarse en serie con la protección frente a cortocircuitos. El limitador puede también venir instalado en el propio contactor (Figura 11).

De esta manera, por elevada que sea la corriente del cortocircuito, quedará limitada por la combinación Limitador-Automático, evitando la soldadura de los contactos del contactor.

El problema de la soldadura de los contactos del contactor se conseguirá con el limitador con la instalación en serie de dos contactores.

12.6. CIRCUITO DE MANDO.

En la concepción del equipo eléctrico de una máquina debe imperar la utilización de componentes contra fallos, para que la respuesta del mismo ante la aparición de cualquier defecto, sea la detención del movimiento o proceso peligroso.

Es preciso utilizar sistemas y componentes de probada eficacia.

Por ello, el circuito de una máquina debe asegurar básicamente:

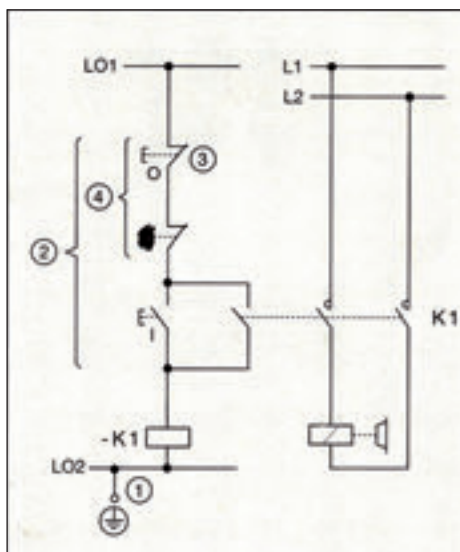
* La posibilidad de paro de la misma (Figura 12) en caso de emergencia.

* La parada de emergencia llevará dos contactos para asegurar la parada, si uno falla actuará el segundo.



Figura 12. Circuito de mando.

1. Poner a tierra el circuito de mando.
2. Colocar todas las funciones de conexión en el lado sin puesta a tierra.
3. Desconectar mediante desexcitación; de este modo, se protege contra rotura de cable.



12.6.1. Diseño adecuado del circuito de mando.

Un cortocircuito en el circuito de mando puede dar lugar a situaciones descontroladas; incluso en el peor de los casos, puede acarrear el fallo de la función de seguridad.

Pueden darse dos casos:

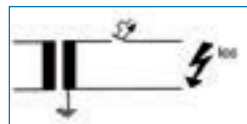
- * Los contactos se sueldan, o bien
- * La intensidad del cortocircuito no genera ninguna respuesta del dispositivo de protección contra cortocircuitos.

En ambos casos se trata de elegir correctamente el dispositivo de protección contra cortocircuitos y el transformador. La norma En 60204-1 especifica la ausencia de soldadura "Al seleccionarse los dispositivos de protección contra sobreintensidad, es necesario proteger debidamente contra la sobreintensidad los aparatos de mando".

a) Dispositivos de protección.

Si se manifiesta un cortocircuito, el dispositivo de protección ha de responder con rapidez. La intensidad del cortocircuito ha de ser la suficiente para poder ser desconectado por el disparador instantáneo en 0,2 s. como máximo.

Se requiere, por consiguiente, seleccionar el valor más bajo del dispositivo de protección contra sobreintensidad máxima admisible que resulte adecuado para los aparatos de conexión utilizados.



Determinación del dispositivo de cortocircuito:

$$\text{Condición: } I_{cc} = \frac{5 \times 100}{\sqrt{3} \times U_{CC} \times U_2} \leq 1 \text{ kA}$$

Siendo S= Potencia transformador.

Característica	Intensidad de respuesta de disparador instantáneo
Curva	Relé Magnético
B	$3 - 5 \times I_n$
C	$5 - 10 \times I_n$

Valores de respuesta de interruptores protectores magnéticos para 0,2 segundos.

Es preciso tener en cuenta que la intensidad propia de cortocircuito en los circuitos de mando no sea superior a 1.000 A.

Los aparatos de mando según EN 60947-5-1 están protegidos contra soldadura hasta este valor máximo por los dispositivos de protección indicados. El límite de la intensidad propia de cortocircuito se alcanza mediante transformadores en el circuito de mando.

b) Utilización de transformadores.

Se prescribe para la mayor parte de las máquinas la utilización de transformadores para la alimentación de circuitos de mando. La $U_{cc} > 10 \%$, para $I_{cc} < 1\text{kA}$.

Se logra descartar de este modo, con las suficientes garantías y en combinación con el dispositivo de protección adecuado, la soldadura de los elementos de contacto.

12.7. ÓRGANOS DE MANDO.

Entendemos por órganos de mando (funcionamiento), ciertos aparatos como botones-pulsadores, selectores, etc. , incluidos dentro del circuito de mando de las máquinas-herramientas, que permiten su control mediante accionamiento manual (Figura 13).

Los órganos de mando deberán ser fácilmente accesibles y estar situados cerca del emplazamiento normal del operador de la máquina. Deben ser colocados de tal forma que, para alcanzarlos, el operador no esté obligado a aproximarse a una distancia peligrosa de las herramientas de la máquina (brocas, fresas, etc.) o de otras partes en movimiento.

Los órganos de puesta en marcha (arranque) deben concebirse de forma tal que eviten peligro de una maniobra (accionamiento) involuntaria (Figura 14).

En cuanto a la protección de estos órganos, deben tomarse todo tipo de precauciones para evitar la penetración de polvos, y eventualmente contra la acción de chorros o gotas de agua o de aceite de corte, que podrían impedir el funcionamiento normal de alguna parte del órgano de mando o acelerar el envejecimiento de su aislamiento.

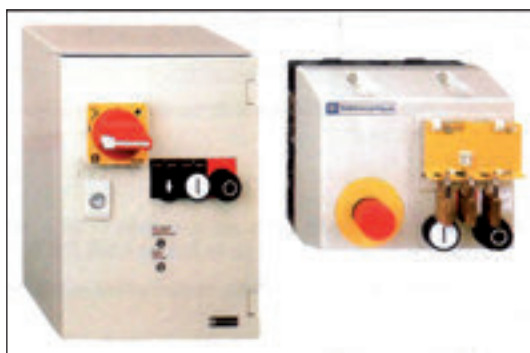


Figura 13. Órganos de mando.

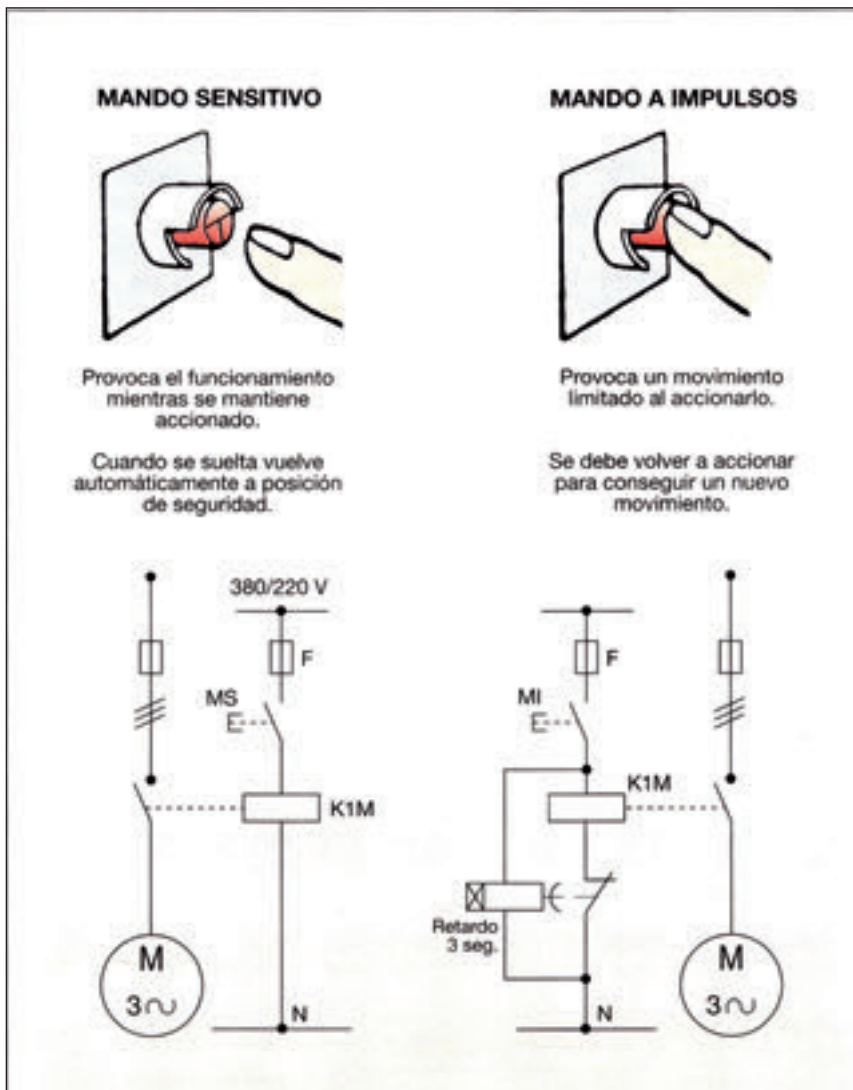


Figura 14. Dispositivo de mando sensitivo y de mando a impulsos.

El grado de protección debe ser al menos IP 54 o, donde sea necesario, IP 55, de acuerdo con lo especificado en la Norma UNE EN 60204.

En el equipo de las máquinas herramientas, podemos encontrar los siguientes elementos de servicio:

- * Botones pulsadores.
- * Lámparas de señalización.

Los colores recomendados para los órganos de mando son los indicados en la *figura 15* y los colores de las lámparas de señalización en la *figura 16*.

A continuación se señalan los colores de los órganos de servicio, con el fin de evitar toda posible confusión en la interpretación y elección de los mismos.

1. El Blanco o Negro, son los colores preferentes para los órganos de accionamiento de tipo pulsador ON/OFF.

2. El marcado de los botones pulsadores debe estar claro y ser permanente para permitir la identificación de las funciones que efectúan; además es recomienda señalar los botones de “Parada” con una “O” y los botones de “Puesta en Marcha” con una “I”, cerca del botón pulsador o directamente sobre él, para facilitar su identificación a aquellas personas que tienen dificultad para distinguir los colores rojo y verde.

3. Los botones pulsadores “Cabeza de seta” están reservados para la parada de emergencia (color: Rojo-fondo amarillo).

Sin embargo, pueden ser utilizados como botones de inicio de ciclo en el caso de marcha “con mando a dos manos” o para máquinas equipadas con guardas mecánicas; en estos casos los botones no deben ser rojos (color: negro).

4. El montaje de los botones pulsadores debe seguir las instrucciones siguientes:

* Los botones de arranque no deben sobresalir de las cajas donde van instalados con el fin de evitar una maniobra intempestiva; para ello pueden ser alojados en los huecos y los alvéolos previstos a este efecto en la caja, o ser protegidos con viseras.

* Los botones pulsadores de paro pueden sobresalir (incluso es aconsejable que así sea) de las cajas donde van alojados.



Órganos de mando y señalización










Color	Significado	Explicación	Aplicaciones
 ROJO	Emergencia	Actúa en caso de condiciones de peligro o emergencia	Parada de emergencia Inicio de una función de emergencia
 AMARILLO	Anormal	Actúa en caso de condiciones anormales	Intervención para suprimir condiciones anormales. Intervención para volver a arrancar un ciclo automático interrumpido
 VERDE	Normal	Actúa para iniciar condiciones normales	
 AZUL	Obligatorio	Actúa en condiciones que requieren una acción obligatoria	Función de rearme
 BLANCO	No tiene asignado significado específico	Para comienzo general de funciones excepto para parada de emergencia	Arranque/Marcha (preferente)
 GRIS	No tiene asignado significado específico	Para comienzo general de funciones excepto para parada de emergencia	Parada/Paro
 NEGRO	No tiene asignado significado específico	Para comienzo general de funciones excepto para parada de emergencia	Parada/Paro

Figura 15. Código de colores para órganos de mando.



	Color	Significado	Explicación	Aplicaciones
	ROJO	Emergencia	Condición de peligro	Acción inmediata sobre la situación de peligro (p.e. actuar sobre una parada de emergencia)
	AMARILLO	Anormal	Condición anormal	Monitorización y/o intervención (p.e. reestablecer la función intervenida)
	VERDE	Normal	Condición normal	Opcional
	AZUL	Obligatorio	Indicación de una condición que requiere una intervención del operario	Acción obligatoria
	BLANCO	Neutro	Otras condiciones; se puede utilizar cuando existan dudas acerca de la aplicación del ROJO, AMARILLO, VERDE o AZUL.	Monitorización

Utilización

Las lámparas de señalización y displays nos dan los siguientes tipos de información:

- **Indicación:** atraer la atención del operario o indicar que una cierta tarea debe ser realizada. Los colores ROJO, AMARILLO, VERDE y AZUL son los colores utilizados normalmente.
- **Confirmación:** confirmar una orden o una condición o confirmar la terminación de un cambio o un período de transición. Los colores AZUL y BLANCO se utilizan normalmente para los casos anteriores. El color VERDE también puede utilizarse en algunos casos.

Colores

A no ser por un acuerdo entre el suministrador y el usuario, las lentes de las luces indicadoras (lámparas o pilotos) deberán tener un código de colores con respecto a la condición (estado) de la máquina de acuerdo con la tabla anterior.

Otros significados que se pueden asignar (ver CEI 60073) según uno de los criterios siguientes:

- la seguridad de las personas y el medio ambiente;
- el estado del equipo eléctrico.

Figura 16. Código de colores para lámparas de señalización y displays, y su significado, según CEI 60204-1

12.8. CONDUCTORES ELÉCTRICOS Y BORNAS.

Los colores de aislamiento de los conductores eléctricos, deberán ser los siguientes:

- * Circuito principal o de potencia: Negro, Marron, Gris.
- * Conductor Neutro: Azul-Claro.
- * Conductor de Protección: Amarillo-Verde.

La Norma actual que rige la utilización de colores en equipos eléctricos para maquinaria es la IEC (CEI) 204-1:1992 y, como europea, la EN 602404-1:1992 desde 24.03.1992.

Conductores, Bornas de Tierra: El conocido Verde/Amarillo.

Conductores, Bornas de Neutro: Azul Claro.

Otros Colores (adoptados de la IEC 757)

Conductores Bornas: Naranja.

Conductor y Bornas con tensión permanente.

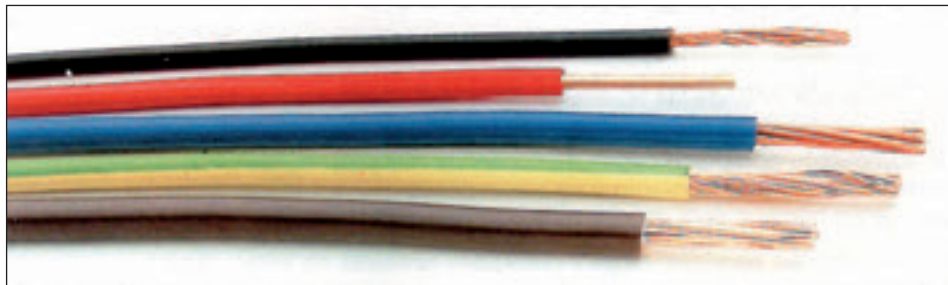
Circuitos de mando:

Color Rojo: para mando en corriente alterna.

Color Azul: conductor conectado a tierra.

Color Blanco: para mando en corriente continua.

Color Azul: conductor conectado a tierra.



Conductores aislados.

Color del aislamiento:

Fases (Neutro, gris o marrón).

Neutro (azul). Conductor de protección (amarillo-verde)

Circuitos de señalización y control (rojo).

12.9. SISTEMAS DE SEGURIDAD.

12.9.1. Técnicas de seguridad.

Redundancia.

Consiste en paliar el fallo de un aparato, con el correcto funcionamiento de otro, suponiendo que no fallarán ambos simultáneamente.

Autocontrol.

Consiste en verificar automáticamente el funcionamiento de cada uno de los órganos que cambian de estado en cada ciclo.

Redundancia más autocontrol.

Si se produce un primer fallo en el circuito de seguridad, será detectado antes de que se manifieste un segundo fallo.

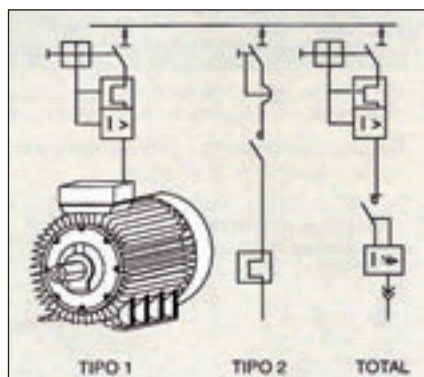


Figura 17. Coordinación de la aparamenta eléctrica.

Tipo 1: se admiten los daños causados en los componentes del arrancador.

Tipo 2: se admite la soldadura de los contactos del contador o arrancador, siempre que puedan separarse fácilmente.

Tipo Total: no se admite ningún daño ni riesgo de soldadura.

12.9.2. Coordinación eléctrica.

Incluye un conjunto de aparamenta que garantiza:

Seccionamiento: seguridad de las personas.

Protección: protección del motor y de los cables.

Control: seguridad y protección de los contactores (Figura 17).

Tipos de coordinación eléctrica.

Determinan el grado de deterioro aceptable del aparellaje después de un cortocircuito. Se resuelve la coordinación total con limitadores.

12.9.3. Categorías de los sistemas de control.

En la tabla de la figura 18 pueden verse las categorías de los elementos de los sistemas de control relacionados con la seguridad, según la norma UNE EN 954-1. En la figura 19 se expone un ejemplo de apreciación del riesgo y elección de la categoría del sistema de control, estudiado a partir de las normas UNE EN 1050 y UNE EN 954-1.

Con Redundancia se consigue la Categoría 3 (Figura 20).

Con Autocontrol se consigue la Categoría 2 (Figura 21).

Con Redundancia más autocontrol se consigue la Categoría 4 (Figura 22).

Categorías de los elementos de los sistemas de control relacionados con la seguridad

El objetivo principal del diseñador es garantizar que los fallos de aquellos elementos de un sistema de control relacionados con la seguridad, o las perturbaciones exteriores, no provoquen una situación peligrosa en la máquina.

El siguiente cuadro sinóptico permite determinar la categoría de los sistemas de control (de la protección elegida) en función del nivel de riesgo estimado.

Categoría de sistemas de control relacionados con la seguridad	Exigencias del sistema de control	Comportamiento del sistema de control en caso de fallo
B	Control adecuado a las normas propias de cada actividad.	Posible pérdida de la función de seguridad.
1	Utilización de componentes y principios probados.	Mayor fiabilidad pero posible pérdida de la función de seguridad.
2	Test por intervalos (la periodicidad se definirá en función de la aplicación).	Fallo detectado en cada test.
3	Un único fallo no debe implicar la pérdida de la función de seguridad. Este fallo debe detectarse si es razonablemente factible.	Función de seguridad garantizada excepto en caso de acumulación de fallos.
4	Un único fallo no debe implicar la pérdida de la función de seguridad. Este fallo debe detectarse en la siguiente llamada a la función de seguridad o antes de la misma. Una acumulación de fallos no debe implicar la pérdida de la función de seguridad.	Función de seguridad garantizada.

Cuanto mayor sea la reducción del riesgo que deben proporcionar los elementos de un sistema de control relacionados con la seguridad, más elevado deberá ser el nivel de seguridad de dichos elementos.

Observaciones:

- El autocontrol es uno de los medios que permite realizar un sistema de control de categoría 2
- La redundancia es uno de los medios que permite realizar un sistema de control de categoría 3
- La asociación de la redundancia y el autocontrol es uno de los medios que permite realizar un sistema de control de categoría 4.

Figura 18. Categorías de los elementos de los sistemas de control relacionados con la seguridad, según la norma UNE EN 954-1.

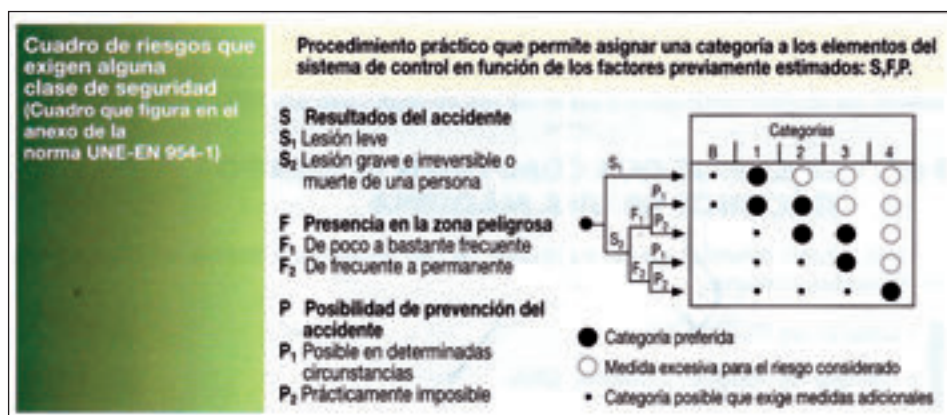


Figura 19. Ejemplo de apreciación del riesgo y elección de la categoría del sistema de control, estudiado a partir de las normas UNE EN 1050 y UNE EN 954-1.

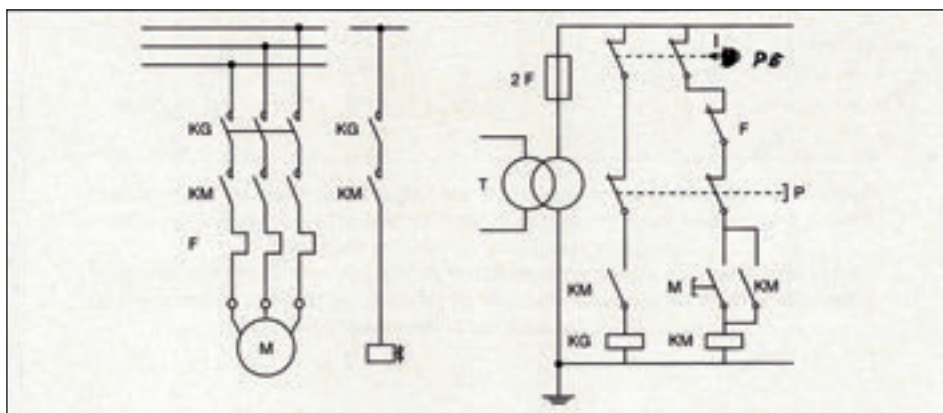


Figura 20. Redundancia: Frente al riesgo de soldadura de contacto del contactor KM, actuará un contactor general o principal KG, que cortará la alimentación tripolar al contactor KM.

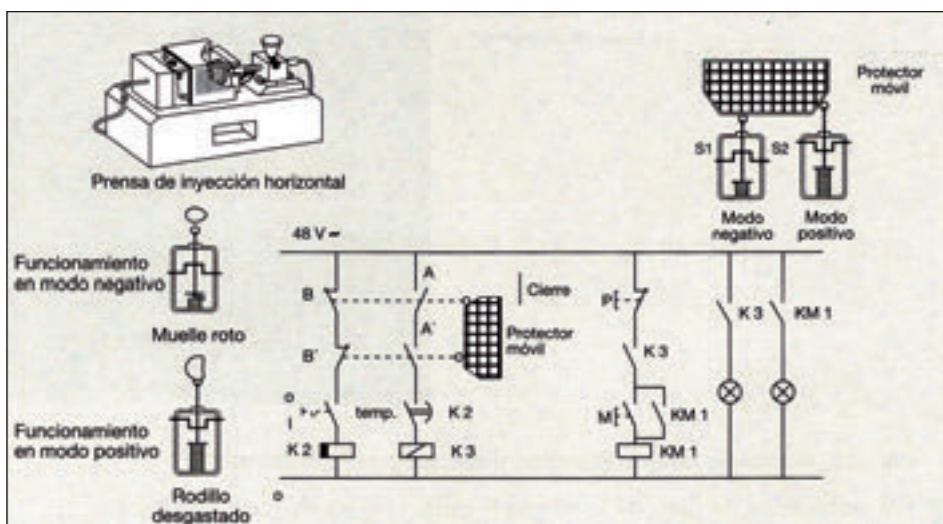
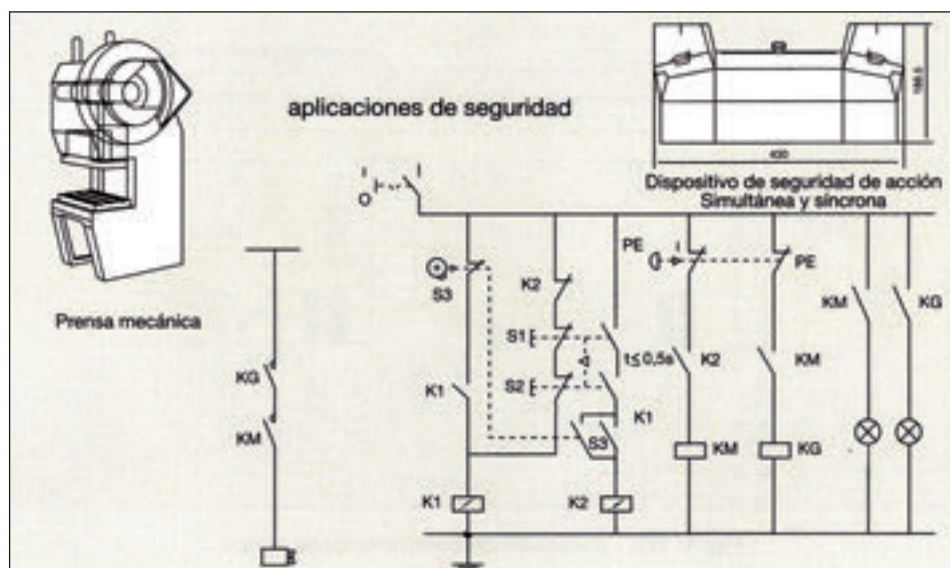


Figura 21. Autocontrol: Si el contacto o contactos A-A' están averiados o puenteados, el relé K2 abre temporizado impidiendo el cierre del relé K3 y la maniobra del KM1.



Accionamiento a dos manos. Accionamiento simultáneo premanente con ambas manos; al soltarse un elemento de mando se produce la parada, requiriéndose además que se suelten ambos elementos de mando antes de que se pueda producir el rearranque.

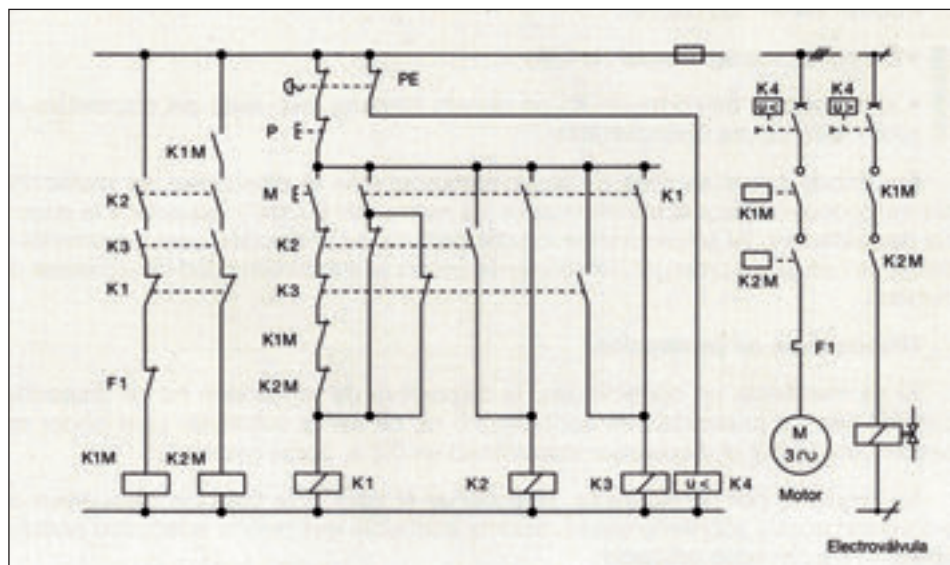


Figura 22. Redundancia y autocontrol. Frente al riesgo de soldadura de los contactos de un contador o de un relé, no se podrá realizar otra maniobra. Parada segura.

13. Trabajos en instalaciones de baja tensión

Disposiciones mínimas para la Protección de La Salud y Seguridad de los Trabajadores frente al Riesgo Eléctrico. R. D. 614/2001.

Antes de iniciar cualquier trabajo en baja tensión se procederá a identificar la zona de trabajo y los elementos de la instalación.

Los trabajos en instalaciones eléctricas serán realizados preferiblemente sin tensión.

13.1. TRABAJOS EN AUSENCIA DE TENSION.

Los trabajadores para dejar la instalación eléctrica sin tensión y su posterior reposición, serán autorizados.

Para trabajar sin tensión deberán cumplirse las siguientes normas de seguridad:

a) **Aislar de cualquier posible fuente de alimentación la parte de la instalación en la que se va a trabajar, mediante la apertura de los aparatos de seccionamientos más próximos a la zona de trabajo (Figura 1).**

Se recomienda que los aparatos de seccionamiento sean de corte visible, con objeto que pueda apreciarse visualmente que se han abierto todos los contactos.

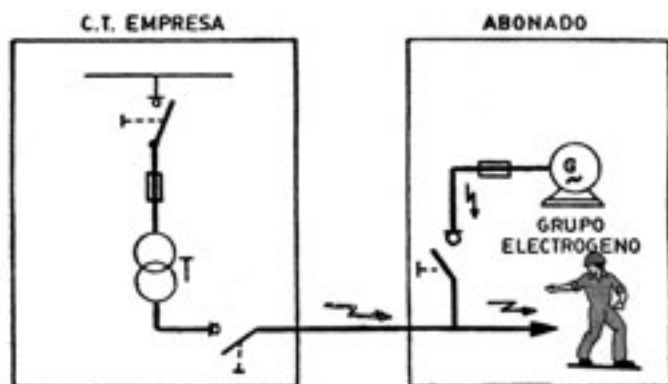


Figura 1. Desconectar todas las posibles fuentes de tensión

Según las normas Europeas, el mando de accionamiento de los aparatos deberá ser solidario con los contactos de apertura, de tal forma que se evite la posibilidad de que el mando indique apertura mientras los contactos siguen cerrados.

b) **Bloquear en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de seccionamiento, colocando en su mando un letrero con la prohibición de prohibido maniobrarlo (Figura 2).**

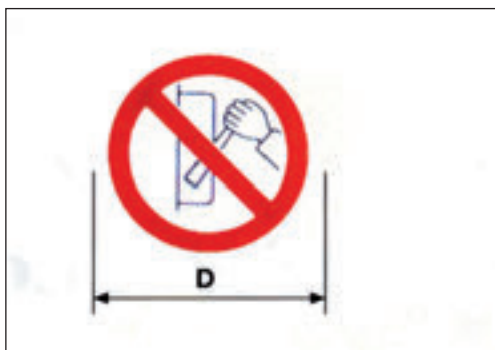


Figura 2. Disco de prohibición de maniobrar.

El letrero del cartel será de material aislante, normalizado y llevará una zona blanca donde pueda escribirse el nombre de la persona que realiza los trabajos.

c) **Comprobar, mediante un verificador, la ausencia de tensión en cada una de las partes eléctricamente separadas de la instalación (fases, neutro, ambos extremos de fusibles o bornes, etc.).**

Los comprobadores de tensión estarán protegidos y dotados de puntas de prueba aisladas menos sus extremos, en una longitud lo más pequeña posible, para evitar cortocircuitos en las mediciones.

d) **“No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos, sin comprobar que no existen personas trabajando”.**

La señalización solamente será retirada por el operario que la colocó y cuyo nombre figura en ésta.

13.1.1. Reglamentación R.D. 614/2001.

Se reflejan los requisitos para trabajos sin tensión.

En este apartado se tiene en cuenta las prescripciones esenciales para asegurar que la instalación eléctrica en la zona de trabajo está sin tensión y es por lo tanto segura durante la realización de las tareas. Esto requerirá la perfecta localización del lugar de trabajo.

Después de haber sido identificadas las respectivas instalaciones eléctricas, se aplicarán los siguientes 5 Requisitos Esenciales:

- 1.- Desconexión completa. Seccionamiento.
- 2.- Asegurarse contra una eventual realimentación.
- 3.- Verificar la ausencia de tensión.
- 4.- Puesta a tierra y en cortocircuito.

(Líneas aéreas y circuitos que puedan ponerse en tensión por grupos electrógenos u otras causas)

5.- Proteger frente a elementos próximos en tensión, en su caso, y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.

Hasta que no se hayan completado las cinco etapas no podrá autorizarse el inicio del trabajo sin tensión y se considerará en tensión la parte de la instalación afectada. Sin embargo, para establecer la señalización de seguridad indicada en la quinta etapa podrá considerarse que la instalación está sin tensión si se ha completado las cuatro etapas anteriores y no pueden invadirse zonas de peligro de elementos próximos en tensión.

1. Desconectar

La parte de la instalación en la que se va a realizar el trabajo debe instalarse de todas las fuentes de alimentación. El aislamiento estar constituido por una distancia en aire, o la interposición de un aislante, suficientes para garantizar eléctricamente dicho aislamiento.

Los condensadores u otros elementos de la instalación que mantengan tensión después de la desconexión deberán descargarse mediante dispositivos adecuados.

La desconexión se realizará con aparatos adecuados al efecto (*Figura 3*). La desconexión debe incluir el conductor neutro cuando exista. En este caso, que suele ser habitual en las instalaciones de baja tensión, la desconexión del conductor neutro debe ser la última en realizarse (y cuando se efectúe la conexión la primera en ser efectuada).

La desconexión supone el establecimiento de las distancias de separación de contactos de tal manera que cualquier sobretensión de la red no sobrepase la distancia de seccionamiento. Separación de los contactos mayor de 4 mm.

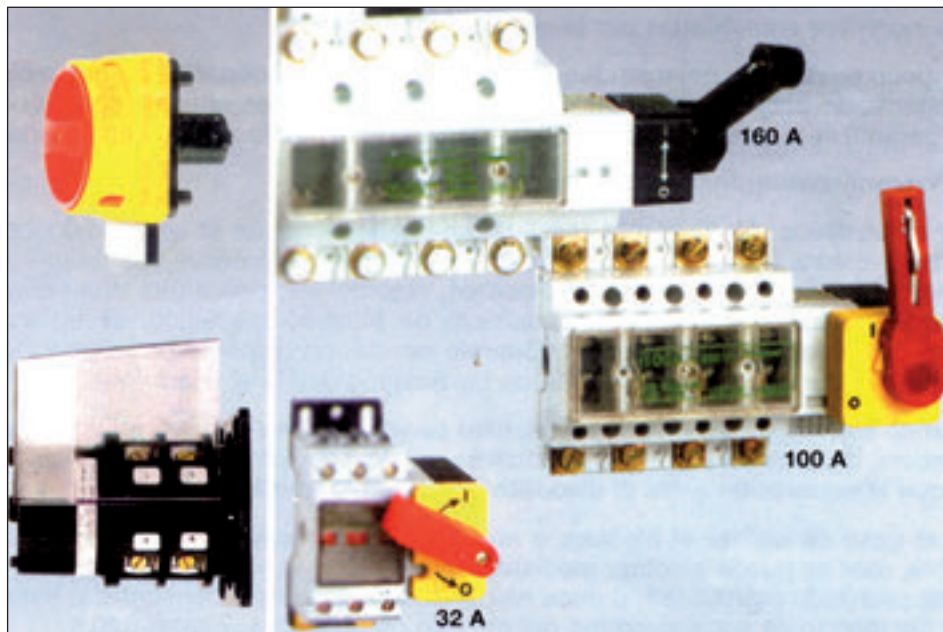





Figura 3. Interruptores de desconexión, Interruptores de seguridad (maneta roja/fondo amarillo).

Para realizar la desconexión en condiciones seguras, es necesario tener en cuentas las características y limitaciones intrínsecas de cada tipo de aparato. Los aparatos de desconexión deberán ser seccionadores. (Figura 4).

	Seccionador	Pueden abrir y cerrar un circuito cuando es despreciable la corriente a interrumpir o establecer, es decir, cuando no hay cargas conectadas.
	Interruptor-Seccionador	Son capaces de establecer e interrumpir corrientes en las condiciones normales del circuito, comprendidas circunstancialmente las condiciones especificadas de sobrecarga de servicio.
	Automático-Seccionador	Son capaces de establecer e interrumpir corrientes en las condiciones normales del circuito, así como corrientes en condiciones anormales, especificadas del circuito, tales como las del cortocircuito.

Con el fin de aislar la parte de la instalación donde se va a realizar el trabajo sin tensión, deber ser abiertas todas las fuentes de tensión, mediante aparatos seccionadores. También pueden utilizarse para ello las bases portafusibles, tipo seccionador con fusibles. Los contadores no tiene características de desconexión-seccionamiento.

La desconexión de una instalación o parte de ella cuando se pueda ver afectada por un incendio está condicionada a que se a necesario su funcionamiento para combatir el incendio. Éste podría ser el caso de las bombas de agua del sistema de extinción de incendios alimentadas por el circuito en cuestión.

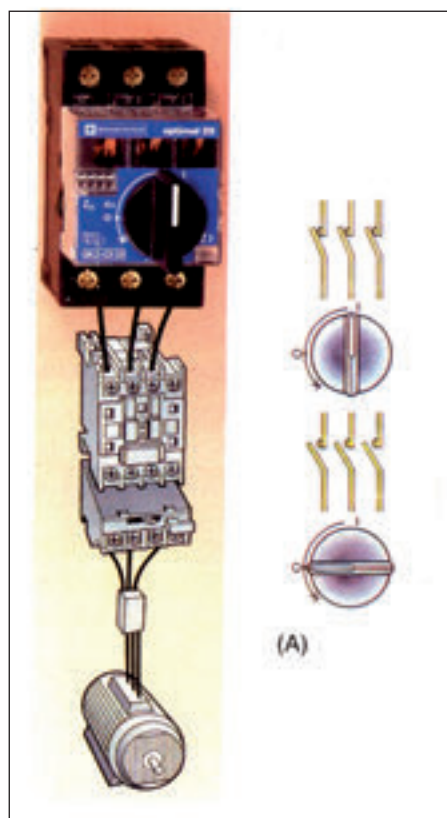
2. Prevenir cualquier posible realimentación.

Los dispositivos de maniobra utilizados para desconectar la instalación deben asegurarse contra cualquier posible reconexión, preferentemente por bloqueo del mecanismo de la maniobra, y deberá colocarse, cuando sea necesario, una señalización para prohibir la maniobra. En ausencia de bloqueo mecánico, se adoptarán medidas de protección equivalentes. Cuando se utilicen dispositivos telemandados deberá impedirse la maniobra errónea de los mismos desde el telemando.

Cuando sea necesaria una fuente auxiliar para maniobrar un dispositivo de corte, ésta deberá desactivarse o deberá actuarse en los elementos de la instalación de forma que la separación entre el dispositivo y la fuente quede asegurada.

En el caso de utilizar bloqueo o enclavamiento mecánico del mecanismo de maniobra, éste se puede efectuar mediante el empleo de candados o cerraduras (con señal de prohibido maniobrar) u otros elementos destinados a conseguir la inmovilización del mando de accionamiento del aparato de maniobra. (Figura 5).

Junto al dispositivo del bloqueo, se recomienda colocar una señal indicando la prohibición de maniobrar el aparato.



Desconexión



Interruptores Seccionadores

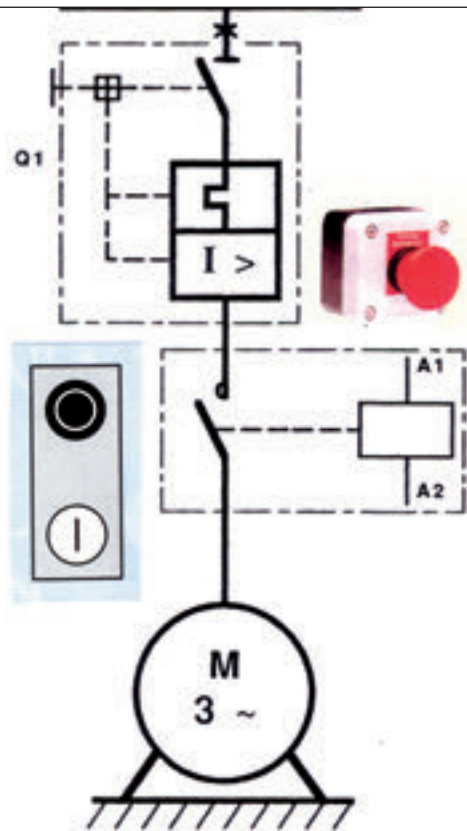


Automático Seccionador



Seccionador con fusibles

Figura 4. Aparatos de Desconexión



*Automático de Desconexión y Protección eléctrica.
Contador para maniobras (apertura y cierre).*



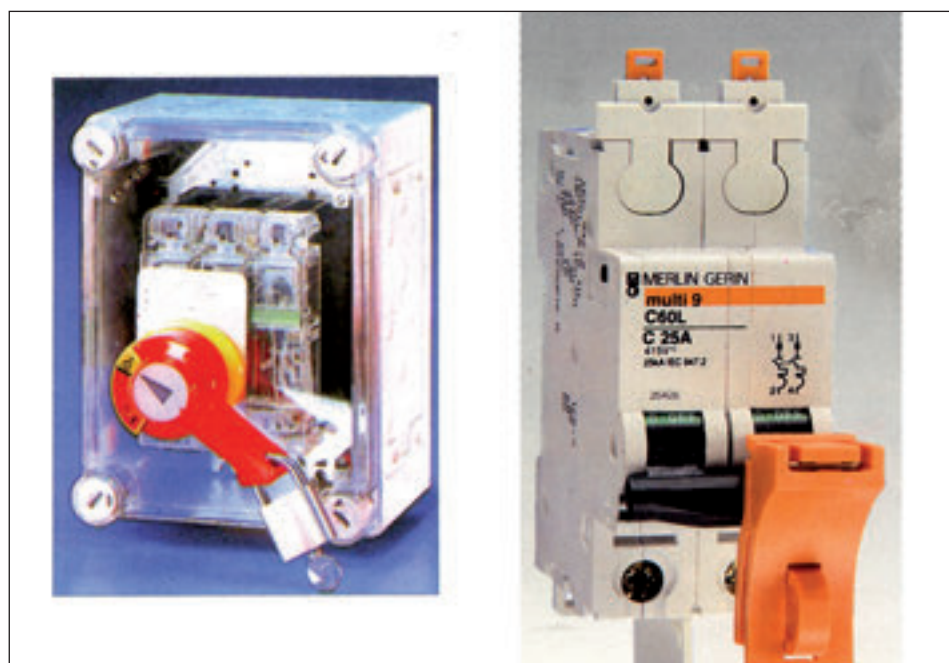


Figura 5. Enclavamiento o bloque de los aparatos de Seccionamiento

3. Verificar la ausencia de tensión.

La ausencia de tensión deberá verificarse en todos los elementos activos de la instalación eléctrica en, o lo más cerca posible, de la zona de trabajo. (Figura 6).

El correcto funcionamiento de los dispositivos de verificación de ausencia de tensión deberá comprobarse antes y después de dicha verificación. (Figura 7).

Para verificar la ausencia de tensión en cables o conductores aislados que puedan confundirse con otros existentes en la zona de trabajo, se utilizarán dispositivos que actúen directamente en los conductores (pincha-cables o similares), o se emplearán otros métodos, siguiéndose un procedimiento que asegure, en cualquier caso, la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico.



Figura 6. Comprobación de la ausencia de tensión.



Figura 7. Las manos están protegidas por guantes aislantes-antitérmicos. Verificaciones e ausencia de tensión autochequeables de baja tensión.

4. Poner a tierra y en cortocircuito.

Las partes de la instalación donde se vaya a trabajar deben ponerse a tierra y en cortocircuito:

- a) En las instalaciones con grupos electrógenos.
- b) En las instalaciones de baja tensión que, por inducción, o por otras razones, puedan ponerse accidentalmente en tensión.

- En líneas eléctricas aéreas desnudas:

Los equipos o dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito deben conectarse en primer lugar a la toma de tierra y, a continuación, a los elementos a poner a tierra, y deben ser visibles desde la zona de trabajo. Si esto último no fuera posible, las conexiones de puesta a tierra deben colocarse tan cerca de la zona de trabajo como se pueda.

Si en el curso de trabajo los conductores deben cortarse o conectarse y existe el peligro de que aparezcan diferencias de potencial en la instalación, deberán tomarse medidas de protección, tales como efectuar puentes o puestas a tierra en la zona de trabajo, antes de proceder al corte o conexión de estos conductores.

- En circuitos de alta energía y cuando no existan grupos electrógenos con posibilidad de alimentar intempestivamente la red, se colocará la puesta a tierra y en cortocircuito. (Figura 8).

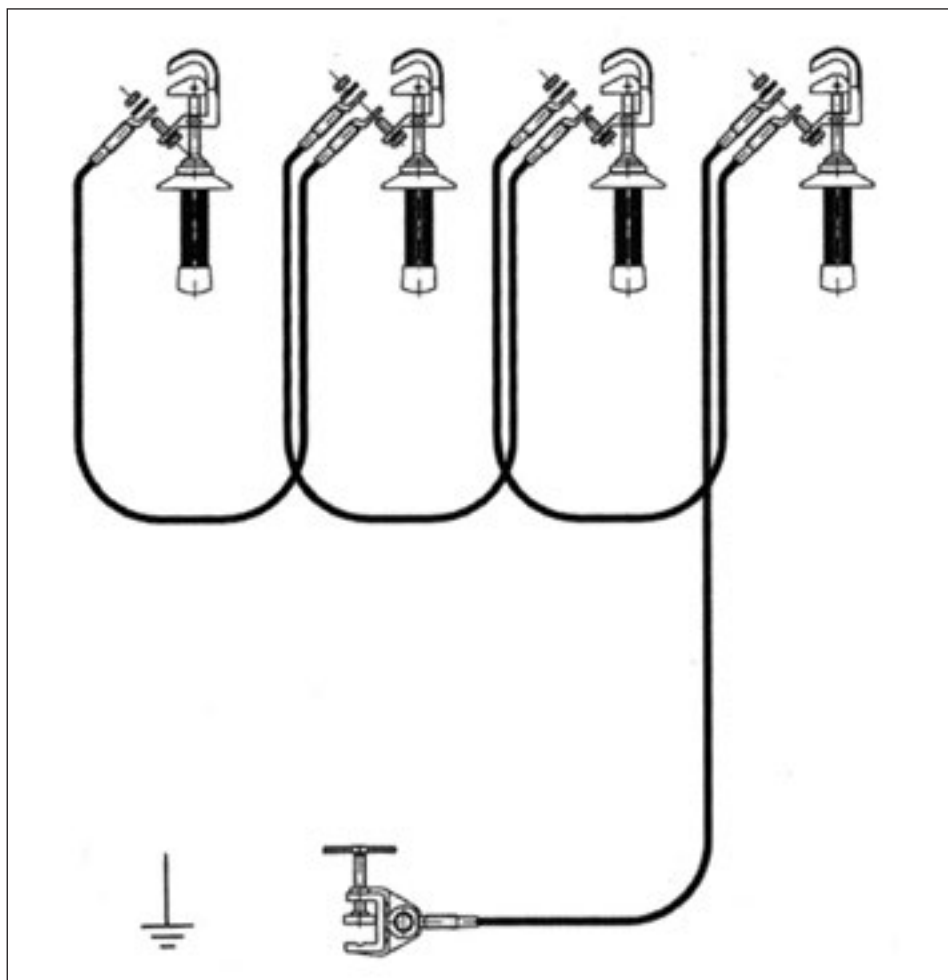


Figura 8. Equipo de puesta a tierra y en cortocircuito.

5. Proteger y señalar.

Proteger frente a los elementos próximos en tensión y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.

Si hay elementos de una instalación próximos a la zona de trabajo que tengas que permanecer en tensión, deberán aportarse medidas de protección adicionales, que se aplicarán antes de iniciar el trabajo, y serán considerados como trabajos en proximidad.

6. Reposición de tensión.

La reposición de la tensión sólo comenzará, una vez finalizado el trabajo, después de que se hayan retirado todos los trabajadores que no se resulten indispensables y que se hayan recogido de la zona de trabajo las herramientas y equipos utilizados.

El proceso de reposición de la tensión comprenderá:

1º . La retirada, si las hubiera, de las protecciones adicionales y de la señalización que indica los límites de la zona de trabajo.

2º. La retirada, si la hubiera, de la puesta a tierra y en cortocircuito.

3º. El desbloqueo y/o la retirada de la señalización de los dispositivos de corte.

4º El cierre de los circuitos para reponer la tensión.

Desde el momento en que se suprima una de las medidas inicialmente adoptadas para realizar el trabajo sin tensión en condiciones de seguridad, se considerará en tensión la parte de la instalación afectada.

7. Disposiciones para los trabajos.

Los trabajos para dejar la instalación sin tensión, en baja tensión, y su reposición deberá ser realizada por trabajadores autorizados, En alta tensión, los trabajadores tendrán que ser cualificados.

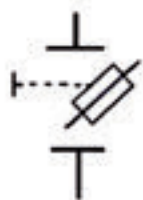
13.1.2. Reposición de fusibles.

La reposición de fusibles podrá realizarla un trabajador autorizado, siempre que la maniobra del dispositivo portafusibles conlleve la doble desconexión del fusible y el material de aquel ofrezca una protección completa contra los contactos eléctricos directos y los efectos de un posible cortocircuito. (Figura 9).



Figura 9. Bases portafusibles protegidos.

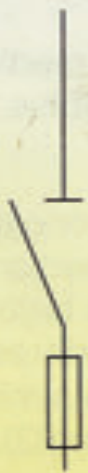
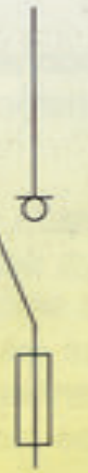


Para sustituir los fusibles, sin tensión, de sus bases portafusibles, no será necesaria la puesta a tierra y en cortocircuito, cuando los dispositivos de desconexión estén a ambos lados del fusible y a la vista del trabajador, siendo el corte visible o el dispositivo proporcione garantías de seguridad equivalentes, y no existe posibilidad de cierre intempestivo.

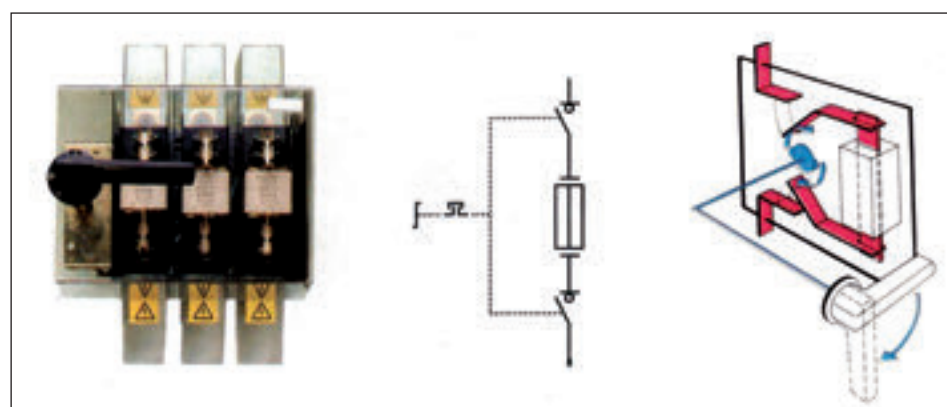


- En la extracción y colocación de los fusibles en el interior de las bases portafusibles, no existirán partes accesibles bajo tensión.

- Respecto al poder de corte y cierre de los portafusibles se tendrá en cuenta que las bases seccionables no lo tienen, en especial el cierre frente a cortocircuitos.

- Los interruptores seccionadores con fusibles, disponen de poder de corte superior y poder de cierre frente al cortocircuito, ya que disponen de un accionamiento mecánico independiente del esfuerzo del trabajador.

Seccionar (sin poder de corte)		Conectar Desconectar + Seccionar	
Seccionador y fusibles		Interruptor seccionador y fusibles	
Seccionador de fusibles		Interruptor de fusibles	



13.1.3. Trabajos en instalaciones con condensadores.

Para dejar sin tensión una instalación eléctrica con condensadores cuya capacidad y tensión permitan una acumulación peligrosa de energía eléctrica se seguirá el siguiente proceso:

a). Se efectuará y asegurará la separación de las posibles fuentes de tensión mediante su desconexión, ya sea con corte visible o testigos de ausencia de tensión fiables. (Figura 10).

b). Se aplicará un circuito de descarga a los bornes de los condensadores y se esperará el tiempo necesario para la descarga (más de un minuto).

c). Se comprobará la ausencia de tensión en los bornes de los condensadores.

-Los polímetros portátiles o comprobadores de tensión portátil, provocarán la descarga de los condensadores, por rotura, fallo o ausencia de las resistencias de las descargas. (Figura 11)

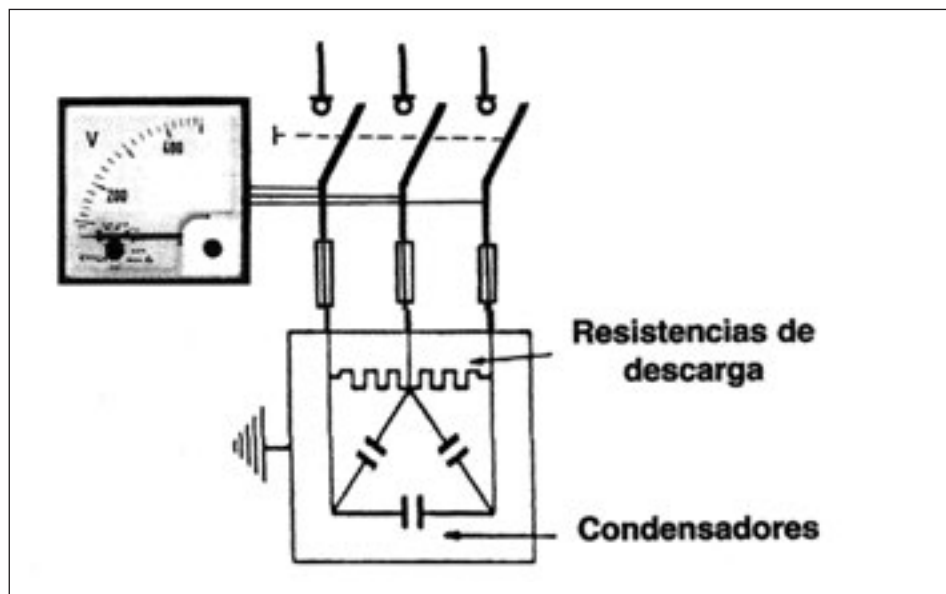


Figura 10. Elementos de seguridad en una batería de condensadores.



*Batería de
Condensadores trifásica.*

*Resistencia de descarga en los
condensadores.*



*Figura 11. Comprobación y descarga e condensadores con tester.
Las manos están protegidas.*

13.1.4. Trabajos en transformadores.



Para trabajar en un transformador sin tensión, ya sea de potencia o de tensión, se dejarán sin tensión los circuitos del secundario y los circuitos que alimentan el primario.

- Se desconectará primeramente la Baja Tensión (BT) y posteriormente la Alta Tensión (AT). (Figura 12).

- Para la reposición de la tensión o servicio del transformador se procederá a la inversa, primero por la AT y a continuación por la BT. (Figura 13).

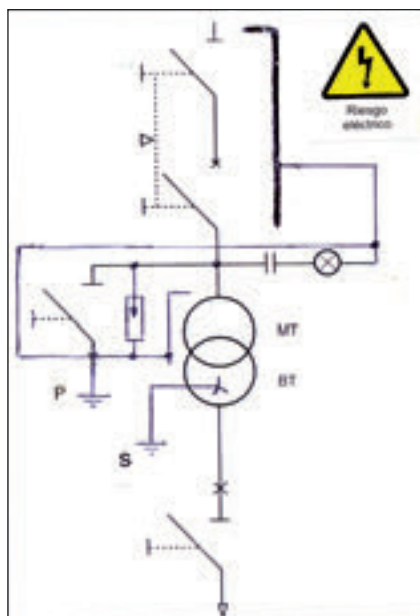


Figura 12. Desconexión de transformador.



Centro de transformación.

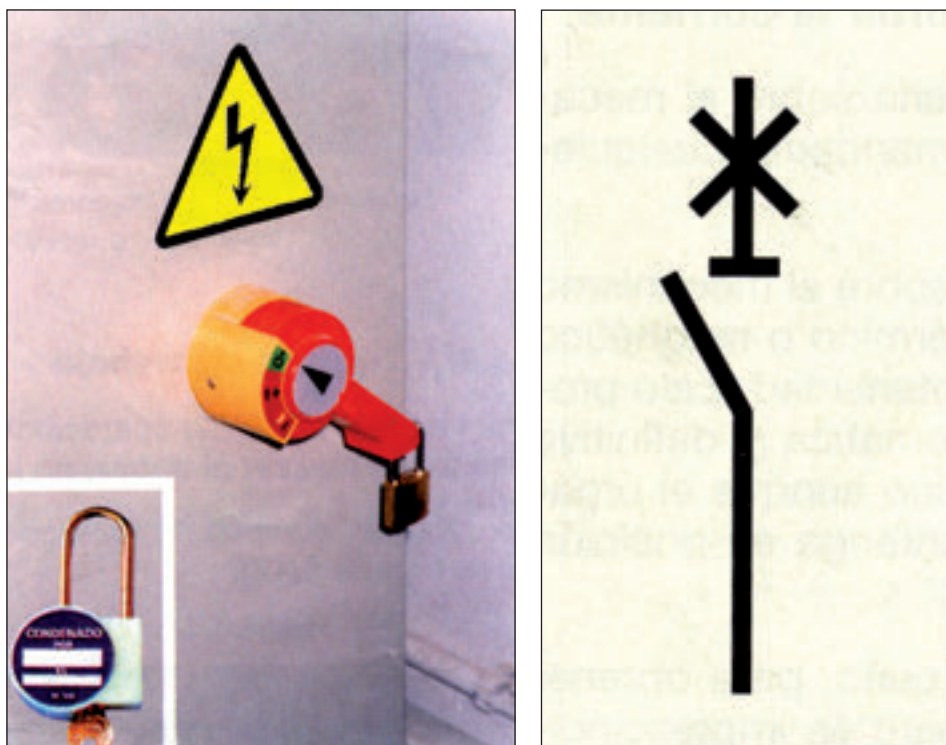


Figura 13. Desconexión en Baja.

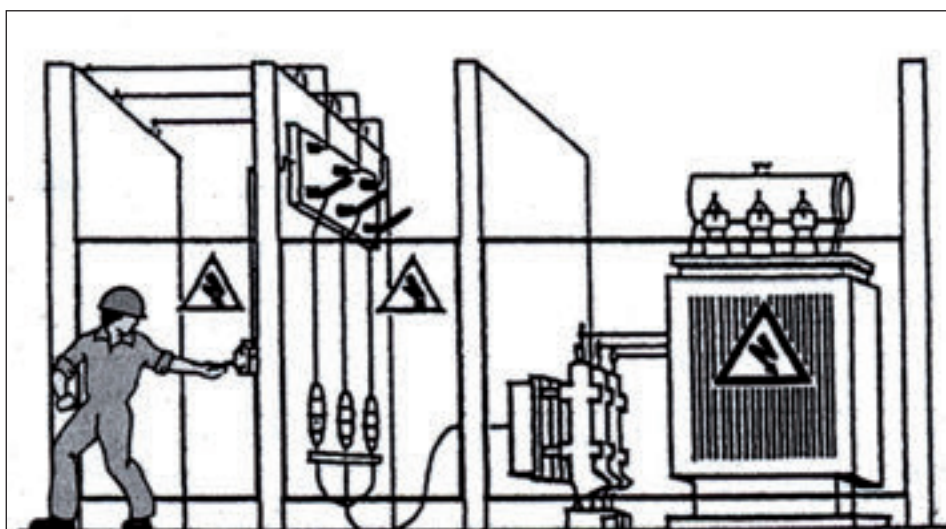
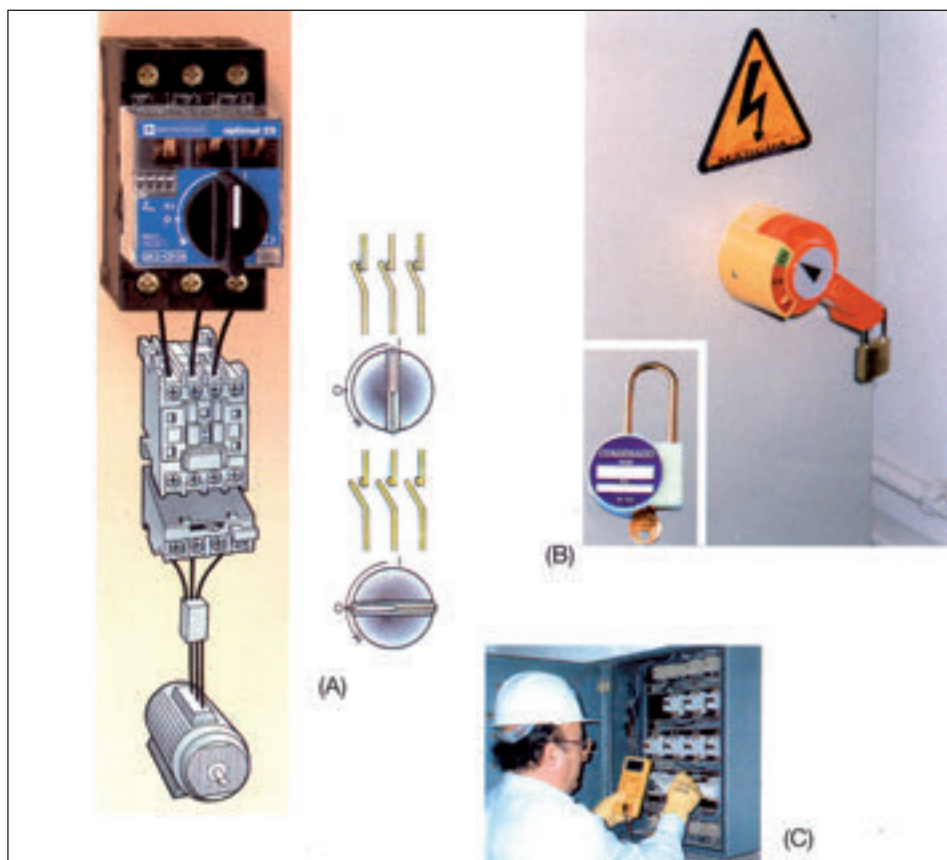


Figura 13. Desconexión en Alta Tensión.

13.1.5. Resumen de los trabajos sin tensión.



Explotación de instalaciones eléctricas. Trabajos sin tensión.

(A) Interruptor seccionador (Desconexión).

(B) Interruptor-seccionador de seguridad de bloqueo.

(C) La ausencia de tensión debe verificarse con un aparato comprobador.

13.2. TRABAJOS EN TENSIÓN.

Las instalaciones eléctricas en las que se pueda trabajar con tensión son aquellas con tensiones de hasta 1.000 voltios, 50 Hz. (Figura 14).

Los trabajos en tensión conllevan un elevado riesgo de accidente; aproximadamente el 60 % del total de accidentes de origen eléctrico tiene lugar mientras se realizan trabajos en tensión.

13.2.1. Normas de seguridad.

Además de equipo de protección personal (casco, gafas inactivas, calzado aislante, ropa ignífuga, etc.), se empleará en cada caso el material de seguridad adecuado. (Figura 15).



Figura 14. Trabajos en tensión.

- > Guantes aislantes.
- > Alfombras aislantes.
- > Vianas o caperuzas aislantes.
- > Comprobadores de tensión.
- > Herramientas aislantes.
- > Material de señalización (discos, barreras, etc.).



Figura 15. Medios de protección contra los riesgos eléctricos.

13.2.2. Arcos eléctricos accidentales.

Cuando se realizan trabajos en tensión habrá que considerar no sólo el riesgo de contacto eléctrico con partes activas, sino también la posible formación de arcos eléctricos por cortocircuito.

Del total de los accidentes eléctricos que se producen, el 75 % aproximadamente son debidos a un arco eléctrico accidental.

El aire a la temperatura normal es aislante, porque los corpúsculos que lo forman, átomos y moléculas, son neutros, y solamente alcanza a ser conductor cuando se ioniza, es decir, cuando por determinados medios de aportación de energía (calor, radiación U.V., etc.) se forman en su seno electrones e iones libres, o sea, los dos portadores de la electricidad.

Pero esta ionización, por lo general, es insuficiente para sostener la conducción a través del aire, es decir, para que se produzca un arco eléctrico.

Tiene que existir una diferencia de potencial entre conductores, o entre conductor-masa y una extracción de electrones libres de conducción del conductor, ya sea por efecto termoiónico (Energía necesaria para salvar la barrera de potencial) o por emisión de campo eléctrico (A.T.).

Por efecto, generalmente de una corriente eléctrica elevada (Cortocircuito) en los conductores eléctricos se alcanzan elevadas temperaturas que provocan el efecto termoiónico y la ionización del aire que los circunda, dando lugar al arco eléctrico que eleva la temperatura del medio donde se vea, alcanzando temperaturas de 4.000 C.

Se sabe que el 50 % de la energía del arco eléctrico se absorbe por el calentamiento del aire circundante, el 40 % irradia, y el resto es absorbida por la fusión de las piezas metálicas afectadas por el arco eléctrico.

El arco eléctrico produce radiaciones ultravioletas, infrarrojas y visibles. Esto confirma la necesidad de utilizar gafas inactivas sin pérdida de visión, con objeto de absorber las radiaciones y proteger los ojos contra las posibles salpicaduras de partículas metálicas, como el cobre, que al fundirse proyecta violentamente.

Asimismo, la utilización de guantes ignífugos de protección de las manos es obligada, ya que, al producirse un cortocircuito, el guante actúa de pantalla absorbiendo parte del calor, dado que la duración del arco no sobrepasa el tiempo de un segundo. El guante ignífugo será por lo tanto, de barrera entre el foco de calor y las manos, mientras que el guante aislante será de protección eléctrica.

La ropa de trabajo de los electricistas y operadores eléctricos será resistente al calor, de tal manera que la temperatura del arco accidental no la inflame, aumentando las lesiones, desaconsejándose la ropa acrílica y recomendándose la de algodón o fibras artificiales resistentes al fuego.

13.2.3. Métodos de trabajo.

La protección del operario contra los riesgos de contacto con los elementos situados a un potencial diferente del suyo, que no sean punto de trabajo, se asegura por uno o varios de los medios siguientes:

- 1) Utilización de accesorios aislantes (pantallas, telas, vainas, cubiertas, etc.), para cubrir los conductores desnudos o los conductores cuyo aislamiento es defectuoso o insuficiente, los aisladores, etc., así como las masas.
- 2) Utilización de dispositivos aislantes (plataformas, banquetas, alfombras, etc.).
- 3) La correcta iluminación del punto de trabajo es decisivo por lo que se utilizarán lámparas eléctricas portátiles o lámparas de apoyo situadas en el casco del operario.
- 4) Protección personal (guantes, gafas, casco).

Por lo tanto, para trabajar con seguridad, es necesario que el cuerpo esté aislado para impedir toda posible circulación de corriente por el organismo, así que como se produzcan contactos entre fases, o fase y tierra, que den lugar a arcos accidentales cuya elevada temperatura (4.000 °C) puede alcanzar al operario).



Figura 17 Trabajo en líneas eléctricas subterráneas.



Figura 16. Los conductores deben revestirse a medida que avanza el trabajo, utilizando, por ejemplo, capuchones aislantes.

El operario debe revestir los conductores y masa con los que puedan entrar en contacto (salvo el punto de trabajo), y como regla general, debe proceder a este revestimiento a medida que avanza en su trabajo (Figura 16).

En los casos de cables subterráneos se puede asegurar el revestimiento (protectores, telas vinílicas, etc.) de la zanja o canalización de las masas con las que el operario pueda entrar en contacto con el mismo tiempo que con el conductor de tensión (Figura 17). Además, toda persona que pueda tocar a un operario, bien directamente, bien por medio de herramientas, útiles y otros objetos, deberá llevar guantes aislantes y estar situado sobre una superficie aislante.

Antes de cada trabajo deberán comprobarse los guantes aislantes por un medio neumático elemental, como asimismo, verificar el buen estado de la herramienta, materiales y equipo.

13.2.4. Formación del Personal.

Cuando se realicen trabajos en instalaciones eléctricas en tensión, el personal encargado de realizarlo deberá estar adiestrado en los métodos de trabajo a seguir en cada caso y en el empleo del material de seguridad, equipo y herramientas aislantes adecuadas. Deberá saber evaluar los riesgos.

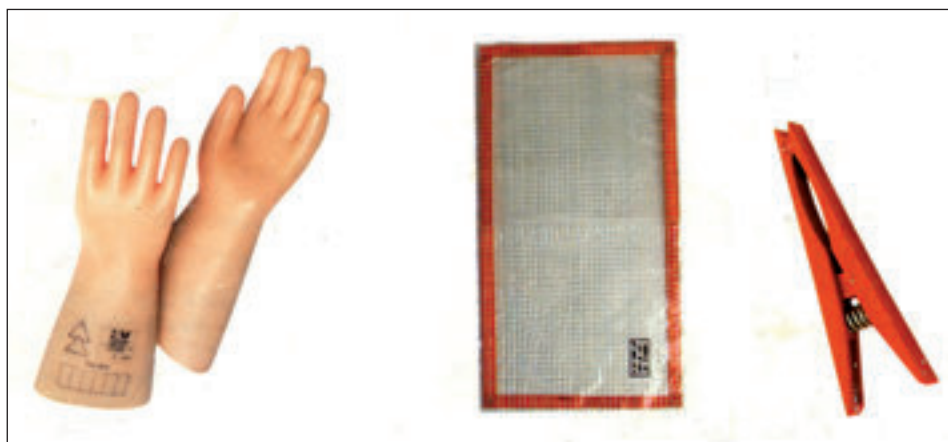
13.2.5. Instrucción general para trabajos en tensión.

Serán realizados por trabajadores cualificados.

El objeto de la presente instrucción es establecer los requisitos generales que deben seguirse en la preparación y realización de trabajos en tensión pero sin cortar ni conectar con carga o corriente.

La presente instrucción afecta a los circuitos de alta energía y a las instalaciones de baja tensión, en las que la tensión nominal supera los 24 V sin sobrepasar 1.000 V en corriente alterna, y en el caso de corriente continua supera los 50 V, sin sobrepasar los 1.000 V.

No se podrán realizar trabajos en tensión, mientras no existan dispositivos de protección frente al cortocircuito (fusibles, automáticos, etc.) (Figura 18).



Elementos de protección aislantes.

13.2.6. Realización de los trabajos.

El Método de Trabajo utilizado para la realización de los Trabajos en Tensión seguirá el procedimiento previamente estudiado.

La protección del operario en la zona de trabajo contra los riesgos de contacto con elementos situados a un potencial diferente al suyo, que no sea el punto de trabajo, asegura por los siguientes medios:

- I Utilización de accesorios aislantes talos como telas vínilicas, perfiles, capuchones, pantallas, cubiertas, etc., para cubrir los conductores desnudos o los conductores de cuyo aislamiento es defectuoso o insuficiente, los aisladores, las masas, etc.
- II Utilización de dispositivos aislantes, entre los que se pueden incluir el calzado aislante, alfombras, etc., que garanticen el aislamiento del operario respecto a tierra.
- III Equipos de protección personal de utilización obligatoria tales como guantes aislantes, casco, calzado, gafas. También se deberá usar ropa adecuada sin accesorios metálicos, que cubrirá totalmente las piernas, brazos y toráx del operario.

13.2.7. Material y herramientas para trabajos en tensión.

Los materiales, equipos y jerramientas empleados para la ejecución de los Trabajos en Tensión, en Baja Tensión, deben cumplir con las especificaciones relativas a los mismos. Las herramientas serán totalmente aisladas.

Consideraciones.

a) Habilitación del personal.

Toda persona que haya recibido una formación correspondiente al Método de Trabajo y a los Procedimientos de Ejecución Básicos, y superado las pruebas de conocimientos y aptitudes, se considera habilitada para la realización de Trabajos en Tensión, en Baja Tensión.

b) Aplicación de método de trabajo en contacto.

En este método el operario, que siempre debe ir provisto de guantes aislantes, debe revestir los conductores y masa con lo que puedan entrar en contacto (salgo en punto de trabajo) y, como regla general proceder a este revestimiento a miento a medida que avanza en su trabajo.



Figura 18. Preparativos para los trabajos en tensión. No se podrá realizar un trabajo en tensión mientras no exista un dispositivo de protección frente al cortocircuito (Atuómicos-Fusibles).

En el lugar donde se realiza el trabajo nunca deben quedar al descubierto dos puntos a diferente potencial.

En los casos de cables subterráneos, se debe asegurar el adecuado revestimiento mediante protectores, telas vinílicas, etc., de la zanja o canalización, y de las masas tales como envoltentes, conductores de los cables, etc., con las que el operario pueda entrar en contacto al mismo tiempo que con el conductor en tensión. Además toda persona que pueda tocar a un operario, bien directamente, bien por medio de herramientas, útiles y otros objetos, deberá estar convenientemente aislada mediante el empleo de guantes aislantes, calzado, alfombrilla, etc.

c) Condiciones atmosféricas.

Se valorará la incidencia que tienen las condiciones atmosféricas en el inicio o continuación de los trabajos.

- Instalaciones aéreas exteriores o interiores: En caso de precipitaciones atmosféricas, niebla o viento, los trabajadores que se realicen en exteriores se pondrán comenzar o interrumpir a juicio del Jefe de Trabajo.
- En caso de tormenta los trabajos, tanto en exteriores como en interiores, no se comenzarán, y de haberse iniciado, se interrumpirán.
- Cuando las condiciones atmosféricas impliquen la interrupción del trabajo, se retirará al personal y se dejará la instalación en condiciones de seguridad.
- Instalaciones subterráneas: En caso de precipitaciones atmosféricas, los trabajos no pueden comenzarse y, de haberse iniciado, se interrumpirán, excepto cuando la zona de trabajo esté resguardada y suficientemente iluminada.
- En caso de tormenta, los trabajos no deben comenzarse y, de haberse iniciado, se interrumpirán.
- Cuando las condiciones atmosféricas impliquen la interrupción del trabajo, se retirará el personal y se dejará la instalación en condiciones de seguridad.

d) Equipos de trabajo.

Tanto el equipo colectivo como la dotación personal, deben conservarse en lugares secos al abrigo de la interperie, y transportarse en bolsas, cajas o compartimentos especialmente previstos para ello.

EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL REQUERIDOS

- Guantes aislantes de baja tensión (clase 00-500V y clase 0 – 1Kv).
- Calzado de seguridad o de Protección.
- Gafas inactivas frente al arco eléctrico.
- Casco aislante con barboquejo ($t > 150^{\circ}\text{C}$)
- Guantes de protección contra el arco eléctrico.
- Calzado aislante o sobre calzado aislante.
- Ropa de trabajo resistente al fuego.

13.3. REPOSICIÓN DE FUSIBLES CON TENSIÓN.

El cambio de fusibles con tensión será considerado como un trabajo en tensión a efectos de seguridad, por lo que el operario deberá disponer del material de seguridad necesario para eviarl el contaco eléctrico y la posibilidad de arco eléctrico accidental, utilizado (Figura 19).

- Maneta aislante con manguito protector de cuero para mano y brazo.
- Maneta aislante con guante aislante y guante antitérmico.
- Pantalla de protección facial.
- Caso de seguridad aislante.
- Ropa de trabajo no inflamable.



Figura 19. Manea aislante con protector de mano brazo con caso con pantalla de protección facial.

Ya que los trabajos en tensión se deben realizar con tensión pero sin carga, la manipulación de fusibles tanto su desconexión como conexión se efectuará sin carga o consumo. (Figura 20).

La reposición de fusibles será efectuada por trabajadores cualificados.

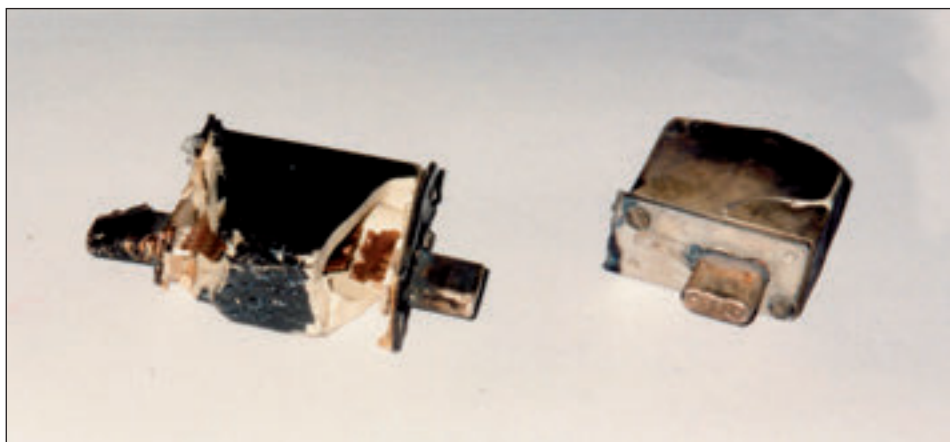


Figura 20. Accidente por arco eléctrico provocado en la reposición de fusibles con carga.

13.4. MANIOBRAS, MEDICIONES, ENSAYOS Y VERIFICACIONES.

13.4.1. Disposiciones generales.

Las maniobras locales y las mediciones, ensayos y verificaciones solo podrán ser realizadas por trabajadores autorizados.

El método de trabajo empleado y los equipos y materiales de trabajo y de protección utilizados deberán proteger al trabajador frente al riesgo de contacto eléctrico, arco eléctrico, explosión o proyección de materiales.




Entre los equipos y materiales de protección citados se encuentran:

- a) Los accesorios aislantes (pantallas, cubiertas, vainas, etc.) para el recubrimiento de las partes activas o masas.
- b) Los útiles aislantes o asilados (herramientas, pinzas, puntas de prueba, etc.)
- c) Los equipos de protección individual (pantallas, guantes, gafas, cascos, etc.)

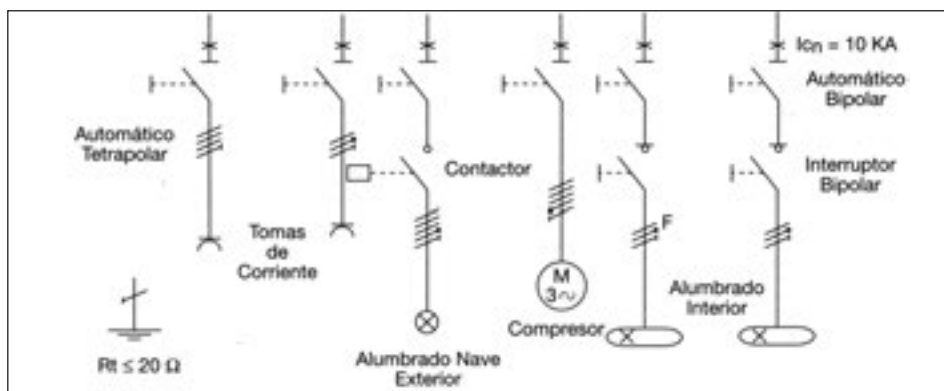
13.4.2. Maniobras y desconexiones.

Se denomina a una intervención (que no implica montaje ni desmontaje de elemento alguno) concebida para cambiar el estado eléctrico de una instalación.

- a) Se pueden distinguir dos clases de maniobras:
 - Las maniobras cuyo fin es modificar el estado eléctrico de una instalación eléctrica, con el fin de utilizar un equipo, cerrar o abrir un circuito, poner en marcha o parar equipos diseñados para ser utilizados de esta forma sin riesgos.
 - Las maniobras de desconexión o reconexión de las instalaciones para realizar trabajos. En el caso particular de las maniobras realizadas mediante aparatos de corte, es preciso tener en cuenta las capacidades y limitaciones de las diferentes clases: seccionadores, interruptores, interruptores automáticos, etc.

	Seccionador: sin poder de corte (desconexión). sin poder de cierre.	$I_{cn} = 0$ $I_{cm} = 0$
	Interruptor: poder de corte. poder de cierre.	$I_{cn} = I_n$ $I_{cm} = \hat{I}_p$
	Automático: poder de corte poder de cierre	$I_{cn} = I_{cc}$ $I_{cm} = \hat{I}_p$

Los aparatos de corte deberán llevar preferentemente las características de seccionamiento.



Aparamenta de Maniobra y Desconexión

a) Posibilidad de conectar y desconectar en carga (I.BT19)

Se instalarán dispositivos apropiados que permitan conectar y desconectar en carga en una sola maniobra, en:

- Toda instalación interior o receptora en su origen, circuitos principales y cuadros secundarios.
- Cualquier receptor.
- Todo circuito auxiliar para mando o control, excepto los destinados a la tarificación de la energía.
- Toda instalación de aparatos de elevación o transporte, en su conjunto.
- Todo circuito de alimentación en baja tensión destinado a una instalación de tubos luminosos de descarga en alta tensión.
- Toda instalación de locales que presente riesgo de incendio o de explosión.
- Los circuitos con origen en cuadros de distribución.
- Las instalaciones de acumuladores.
- Los circuitos de salida de generaciones.

Los dispositivos admitidos para el corte y cierre de carga son:

- Los interruptores manuales e interruptores automáticos (*Figura 21*)
- Los cortacircuitos fusibles de accionamiento manual, o cualquier otro sistema aislado que permita estas maniobras siempre que tenga poder de corte y de cierre adecuando e independiente del operador (*Figura 22*)
- Las clavijas de las formas de corriente de intensidad nominal no supere a 16 A.

Deberán de ser de corte omnipolar los dispositivos siguientes:

- Los situados en el cuadro general y secundario de toda instalación interior o receptora.
- Los destinados a receptores cuya potencia sea superior a 1.000 W, salvo que prescripciones particulares, admitan corte no omnipolar.

En los demás casos, los dispositivos podrán no se de corte omnipolar.

El conducto neutro o compensador no podrá ser interrumpido salvo cuando el corte se establezca por interruptores omnipolares.

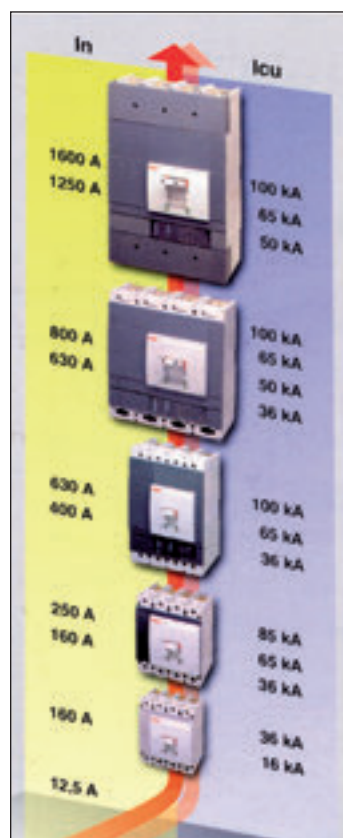
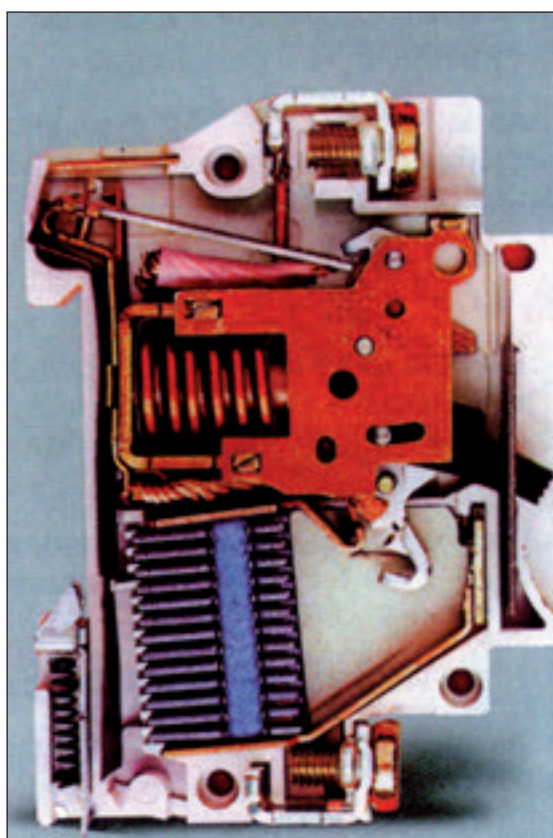
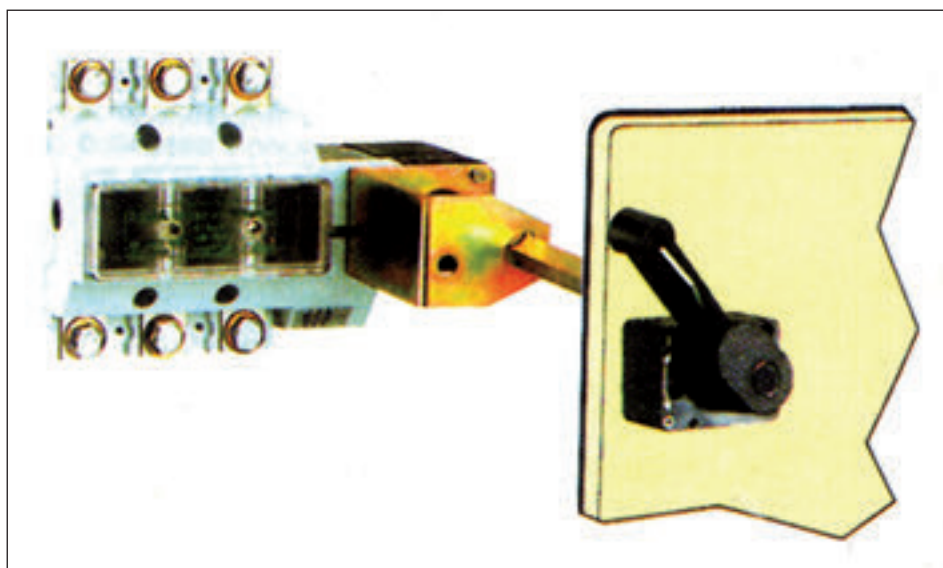


Figura 21. Interruptor y Automáticos (modular y de caja moldeada)

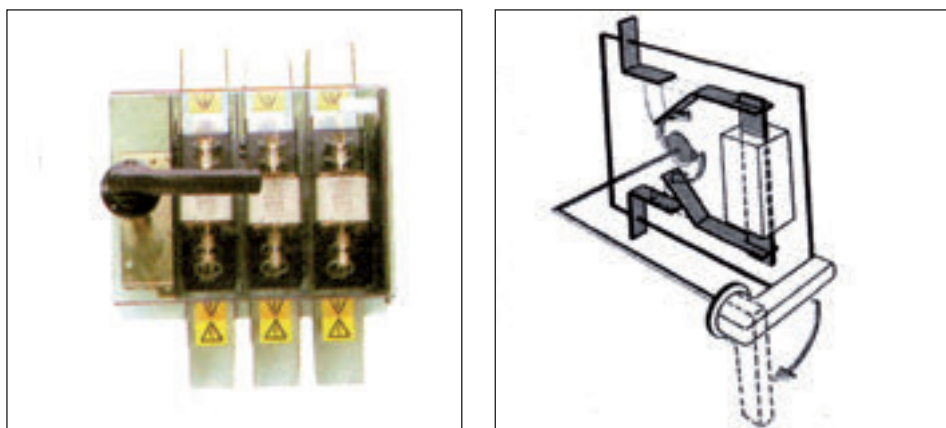


Figura 22. Interruptor Seccionador con fusible

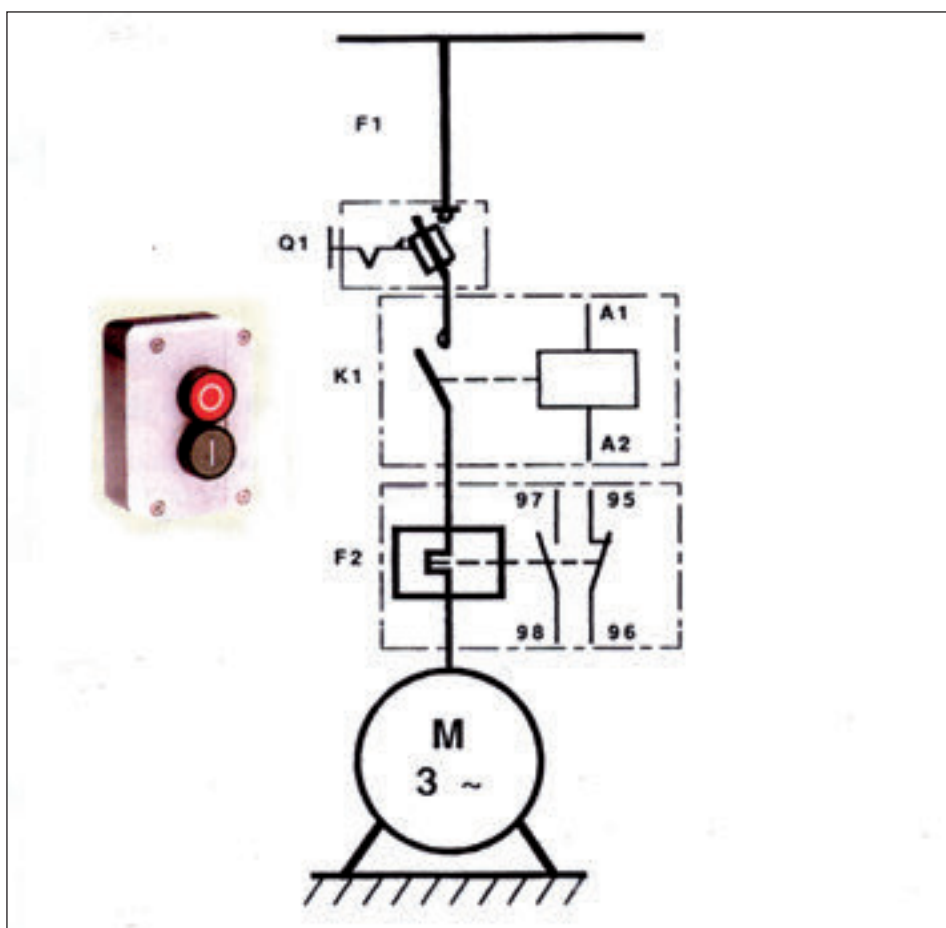


Figura 22. Interruptor Seccionador con fusible

13.4.3. Mediciones y Verificaciones.

Están dirigidas a comprobar el estado eléctrico, mecánico o térmico, y la eficacia de las protecciones, circuitos de seguridad o maniobra, etc.

Las pruebas que pueden llevarse a cabo en las instalaciones y equipos eléctricos son variadas: medición de tensiones, de intensidades, de resistencias, de temperatura, de corrientes de fuga, etc., así como ensayos y verificaciones de aislamiento, de resistencia mecánica, de funcionamiento de dispositivos automáticos de protección, etc.

Para cada tipo de prueba que suponga un grado relevante de complejidad se debería planificar un procedimiento que garantice su realización de manera segura. En general, este procedimiento debería incluir, al menos, lo siguiente:



Figura 23. Mediciones eléctricas.

La delimitación y adecuación de la zona de trabajo. (Figura 23).

Los aspectos relacionados con la zona de peligro ($D_{\text{peligro}} = 50 \text{ cm}$) y la zona de proximidad.

La forma de utilizar los equipos de prueba.

Disposiciones particulares.

En los casos en que sea necesario retirar algún dispositivo de puesta a tierra colocado en las operaciones realizadas para dejar sin tensión la instalación, se tomarán las precauciones necesarias para evitar la realimentación intempestiva de la misma.

Cuando sea necesario utilizar una fuente de tensión exterior se tomarán precauciones para asegurar que:

La instalación no puede ser realimentada por otra fuente de tensión distinta a la prevista.

Los puntos de corte tiene un aislamiento suficiente para resistir la aplicación simultánea de la tensión de ensayo por un lado y la tensión de servicio por el otro.

Se adecuarán las medidas de prevención tomadas frente al riesgo eléctrico, cortocircuito o arco eléctrico al nivel de tensión utilizado.

a) Equipos de Medida.

Dados los múltiples accidentes graves ocurridos en instalaciones eléctricas de B.T. por fallo interno o error en las conexiones de los aparatos de medida portátiles, que provocaron cortocircuitos en el interior de los mismos y que se tradujeron en un arco eléctrico en el punto de medición, se extremarán las precauciones.

En circuitos de alta energía o elevada corriente de cortocircuito, se cumplirán las siguientes condiciones:

Los equipos de medida portátiles utilizados en Baja Tensión, serán del tipo industrial y llevarán la protección eléctrica necesaria en todos sus rangos de medida (Ohmios, A, etc.), para proteger tanto el instrumento como al personal en caso de uso equivocado en las mediciones y en sus conexiones.

Para las mediciones de tensión, los equipos serán adecuados a la máxima tensión de servicio de la instalación, preferentemente de 1.000 V.

En las instalaciones de Baja Tensión (hasta 1.000 V), y debido a que las maniobras eléctricas, armónicos o descargas eléctricas, pueden aparecer transitorios varios KV, por lo que están protegidos (categoría III).

No conectar nunca una fuente de tensión estando el conmutador en posición ohmios (---) y en especial en amperios (A) ya que se provocaría un cortocircuito y posterior arco eléctrico (4.000 °C)

Ser revisarán con frecuencia necesaria y antes de su utilización en circuitos de Alta Energía, se comprobarán sus conexiones eléctricas, y las medidas de amperios serán realizadas con tenazas amperimétricas (*Figura 24*).

No recambiar los fusibles por otros que no dispongan el mismo poder de corte en KA.



Figura 24. Polímetro de categoría III, 1.000 V.

b) Exigencias de seguridad para equipos eléctricos de medida, de control o uso industrial.

Categoría de sobretensión de las instalaciones.

Unos de los conceptos más importantes del nuevo estándar de seguridad es de la Categoría de sobretensión de las instalaciones. El nuevo estándar (IEC 1010) define 4 categorías (CAT, CAT II, CAT III Y CAT IV). EL concepto que hay detrás de las categorías es el siguiente: “Cuánto más cerca se esté de una fuente de alta energía mayor es que riesgo que se corre, porque mayor es la energía que hay presnete en el punto de medida. Si ocurre un transitorio éste se irá atenuando a medida que nos alejemos de ese punto”. Un número alto de la categoría CAT III, por ejemplo, se refiere a un punto cuya energía disponible es alta. Por lo tanto un multímetro diseñado para CAT III será más resistente que uno diseñado para CAT II.

CATEGORÍA DE SOBRETENSIÓN	RESUMIENDO	EJEMPLOS
CAT IV (Sale fuera de la norma IEC 1010 actualmente)	Medidores de electricidad, equipos primarios de protección contra sobrecorrientes.	Exterior y entrada del servicio, tramos entre medidores y paneles, línea aérea a edificio separado y línea subterránea a bomba de pozo.
CAT III	Interruptores de la instalación fija y equipos para uso industrial con conexión permanente a la instalación fija.	Acometidas y circuitos derivados cortos, dispositivos para cuadros de distribución, barras bus y alimentadores en plantas industriales, salidas de equipos pesados con conexiones cortas a la entrada del servicio y sistemas de iluminación de grandes edificios.
CAT II	Aparatos, herramientas portátiles y otras cargas de viviendas y similares.	Salidas y circuitos derivados largos, tomas las tomas a una distancia de una fuente de la categoría III superior a 10 m y todas las tomas a una distancia de una fuente de la categoría IV superior a 20 m.
CAT I	Equipos electrónicos protegidos	Ejemplos típicos son la salida de un calibrador, la parte de alta tensión de una fotocopiadora o cualquier fuente de alta tensión y baja energía derivada de un transformador con arrollamiento de alta resistencia.

Tensión de Trabajo V	Tensión de prueba (V)			Tensión de prueba (V)		
	Categoría II			Categoría III		
	Impulso pico 1,2/50 µs	50/60 Hz 1 min	50/60 Hz pico	Impulso pico 1,2/50 µs r.m.s.	50/60 Hz 1 min	50/60 Hz pico
50	850	510	720	1360	740	1050
100	1360	740	1050	2550	1400	1950
150	2550	1400	1950	4250	2300	3250
300	4250	2300	3250	6800	3700	5250
600	6800	3700	5250	10200	5550	7850
1000	10200	5550	7850	13600	7400	10450

13.5. TRABAJOS EN PROXIMIDAD.

Disposiciones generales.

En todo trabajo en proximidad de elementos en tensión, el trabajador deberá permanecer fuera de la zona de peligro lo más alejado de ella que el trabajo le permita.

13.5.1. Preparación para el trabajo.

- Antes de iniciar el trabajo en proximidad de elementos de tensión, un trabajador autorizado, en el caso de trabajos en baja tensión, o un trabajador cualificado en el caso de trabajos de alta tensión, determinará la viabilidad del trabajo teniendo en cuenta lo dispuesto en el párrafo anterior y las restantes disposiciones.

- De ser trabajo viable, deberán adoptarse las medidas de seguridad necesarias para reducir al mínimo posible;

a) el número de elementos en tensión.

b) Las zonas de peligro de los elementos que permanezcan en tensión, mediante la colocación de pantallas, barreras, envolventes o protectores aislantes cuyas características (mecánicas y eléctricas) y forma de instalación garanticen su eficacia protectora. (Figura 25).

Si a pesar de las medidas adoptadas, siguen existiendo elementos en tensión cuyas zonas de peligro son accesibles, se deberá:

Delimitar la zona de trabajo respecto a la zona de peligro; la delimitación será eficaz respecto a cada zona de peligro y se efectuará con el material adecuado.

Informar a los trabajadores directa o indirectamente implicados, de los riesgos existentes. La situación de los elementos en tensión, los límites de la zona de trabajo y cuantas precauciones y medidas de seguridad deban adoptar para no invadir la zona de peligro, comunicándoles, además, la necesidad de que ellos a su vez, informen sobre cualquier circunstancia que muestre insuficiencia de las medidas adoptadas.

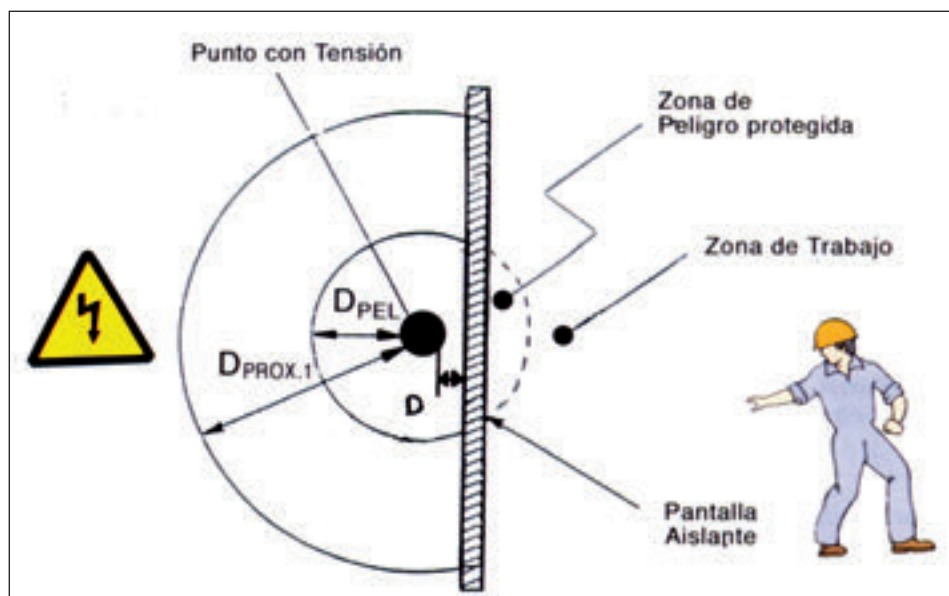


Figura 25. Trabajos de Proximidad.



Figura 26. Trabajos de Proximidad.

13.5.2. Realización de los trabajos.

Cuando las medidas adoptadas en aplicación de lo dispuesto con protectores aislantes adecuados no sean suficientes para proteger a los trabajadores frente al riesgo eléctrico, los trabajos serán realizados una vez tomadas las medidas de delimitación, en la zona de proximidad (Figura 26). Si se invade la zona de peligro e trabajo seraá considerado bajo tensión (Figura 27). Srán realizados por trabajadores autorizados fuera de la zona de peligro.



Figura 27. Mediciones Invación de la zona de peligro y trabajo en tensión.

Tabla 1. Distancias límite de las zonas de trabajo RD 614 / 20001

Un	DPEL-1	DPEL-2	DPROX-1	DPROX-2
≤1	50	50	70	300
3	62	52	112	300
6	62	53	112	300
10	65	55	115	300
15	66	57	116	300
20	72	60	122	300
30	82	66	132	300

Un= tensión nominal de la instalación (kV)

DPEL-1= distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista riesgo de sobretensión por rayo (cm).

DPEL-2= distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).

DPROX-1= distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).

DPROX-2= distancia hasta el límite exterior cuando no es posible lo anterior (cm).

13.6. SEÑALIZACIÓN.

La señalización de seguridad revela información, advertencia, obligación y prohibición mediante una señal de forma y color relgamentado. R.D. 485/1997.



Ejemplos de señales de seguridad normalizadas



Riesgo eléctrico

Prohibido conectar

Delimitación de la zona de trabajo

13.7. DEFINICIONES.

A los efectos de lo dispuesto en el R:D. 614/2001, se entenderá como:

1. Riesgo eléctrico: riesgo originado por la energía eléctrica. Quedan específicamente incluidos los riesgos de:
 - a) Choque eléctrico por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo), o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto).
 - b) Quemaduras por choque eléctrico o por acto eléctrico.
 - c) Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
 - d) Incendios o explosiones originados por la electricidad.
2. Lugar de trabajo: cualquier lugar al que el trabajador pueda acceder, en razón de su trabajo.
3. Procedimiento de trabajo: secuencia de las operaciones a desarrollar para realizar un determinado trabajo, con inclusión de los medios materiales (de trabajo o de protección) y humanos (cualificación o formación del personal) necesarios para llevarlos a cabo.
4. Alta tensión. Baja tensión. Tensiones de seguridad: las definidas en los reglamentos electrotécnicos.

Baja tensión < 1.000V, c/a o 1500 V c/c.

Alta tensión > 1.000 V, c/a o 1500 V c/c

Tensiones de seguridad < 50 V, c/a o 75 V c/c.
5. Trabajos sin tensión: trabajos en instalaciones eléctricas que se realizan después de haber tomado todas las medidas necesarias para mantener la instalación sin tensión.
6. Zona de peligro o zona de trabajos en tensión: espacio alrededor de los elementos en tensión en el que la presencia de un trabajador desprotegido supone un riesgo grave e inminente de que se produzca un arco eléctrico, o un contacto directo con el elemento en tensión, teniendo en cuenta los gestos o movimientos normales que puede efectuar el trabajador sin desplazarse.
7. Donde no se interponga una barrera física que garantice la protección frente a dicho riesgo, la distancia desde el elemento en tensión al límite exterior de esta zona será la indicada en la tabla 1.

8. Trabajo en tensión: trabajo durante el cual un trabajador entra en contacto con elementos en tensión, o entra en la zona de peligro, bien sea con una parte de su cuerpo, o con las herramientas, equipo, dispositivo o materiales que manipula.
9. Zona de proximidad: espacio delimitado alrededor de la zona de peligro, desde la que el trabajador puede invadir protegido ésta última. Donde no se interponga una barrera física que garantice la protección frente al riesgo eléctrico, la distancia desde el elemento en tensión al límite exterior de esta zona será la indicada en la tabla 1.
10. Trabajo en proximidad: trabajo durante el cual el trabajador entra, o puede entrar, en la zona de proximidad sin entrar en la zona de peligro, bien sea con una parte de su cuerpo, o con las herramientas, equipos, dispositivos o materiales que manipula.
11. Maniobra: intervención concebida para cambiar el estado eléctrico de una instalación, no implicando montaje ni desmontaje alguno.
12. Mediciones, ensayos y verificaciones : actividades concebidas para comprobar las condiciones técnicas y de seguridad necesarias para el adecuado funcionamiento de la instalación eléctrica, tanto mecánico, eléctrico, térmico y la eficacia de protecciones, circuitos de seguridad, o maniobra, etc.
13. Trabajador autorizado: trabajador que ha sido autorizado por el empresario para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, en base a su capacidad para hacerlos de forma correcta, según sus procedimientos establecidos en este Real Decreto.
14. Trabajador cualificado: trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en materia de instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia certificada de dos o más años.
15. Jefe de trabajo: persona designada por el empresario para asumir la responsabilidad efectiva de los trabajos.

14. Trabajos no eléctricos en proximidades de líneas eléctricas aéreas y subterráneas

14.1. INTRODUCCIÓN.

Los trabajos no eléctricos en la proximidad de instalaciones en tensión, y el consiguiente riesgo de contacto con elementos bajo tensión accesibles, conllevan un alto grado de peligrosidad que, unida a unas condiciones atmosféricas desfavorables, potencia el hecho de que se produzcan accidentes.

El riesgo es particularmente grave si, además de no percibirse con la suficiente antelación la existencia de dichas conducciones, no se adoptan a tiempo las medidas de seguridad pertinentes.

14.2. TIPOS DE CONTACTOS ELÉCTRICOS.

* Contacto directo con una parte del cuerpo humano. En los trabajos efectuados en las proximidades de líneas eléctricas aéreas, existe el riesgo de tocar los hilos desnudos directamente. Para recibir una descarga eléctrica no es necesario ponerse con dos conductores; es suficiente con tocar uno solo y tierra, para que la corriente atraviese el cuerpo del accidentado.

* Contacto a través de útiles o herramientas. Es igualmente peligroso para el hombre en contacto con una línea eléctrica con útiles o herramientas conductoras. (Figura 1).

* Contacto a través de maquinaria de gran altura. Si los andamios, máquinas de movimiento de tierra, etc., se aproximan a líneas aéreas o las tocan, se pueden poner bajo tensión. En este caso, toda persona en contacto con ellas se expondrá a sufrir los efectos de la corriente eléctrica (Figura 2).

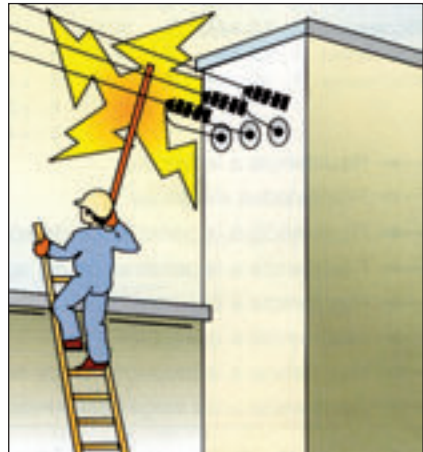


Figura 1. Contacto directo accidental a través de una herramienta.

14.3. MEDIDAS DE ORGANIZACIÓN.

Al comenzar los trabajos, y sobre todo si se utiliza maquinaria móvil de gran altura, conviene determinar siempre con la suficiente antelación si existen riesgos derivados de la proximidad de líneas eléctricas aéreas. El jefe de trabajo debe investigar la presencia de dichas líneas, que pueden encontrarse, por ejemplo:

Sobre el terreno donde se va a trabajar o construir.

En el emplazamiento previsto para la instalación de grúas o su radio de acción.

Sobre el trayecto para las máquinas de gran altura.

14.4. MEDIDAS DE SEGURIDAD FRENTE A LOS CONTACTOS ELÉCTRICOS DIRECTOS.

En las instalaciones, para la protección de las personas contra los contactos con partes habitualmente en tensión, se adoptarán algunas de las siguientes precauciones:

Se recubrirán las partes activas con un aislamiento apropiado, que permita conservar sus propiedades indefinidamente y limitar la corriente de contacto a un valor inocuo.

Se alejarán las partes activas de la instalación, a distancia suficiente del lugar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan, para evitar un contacto fortuito o la manipulación de objetos bajo tensión, en aquellos casos en los que éstos se utilicen cerca de las instalaciones.

Se interpondrán 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 los esfuerzos mecánicos usuales.



Figura. 2. Contacto de la pluma de una grúa con la línea eléctrica

14.5. PROTECCIÓN DE LA LÍNEA.

14.5.1. Descargo de la línea.

La adopción de esta medida correrá a cargo de la compañía propietaria de la línea y consistirá en dejarla fuera de servicio con todos sus conductores en cortocircuito y puestos a tierra.

El jefe de obra deberá exigir, antes de iniciar el trabajo, la colocación de los equipos de puesta a tierra y cortocircuito en los conductores de la línea, de forma que sean visibles desde el lugar de trabajo. (Figura 3).

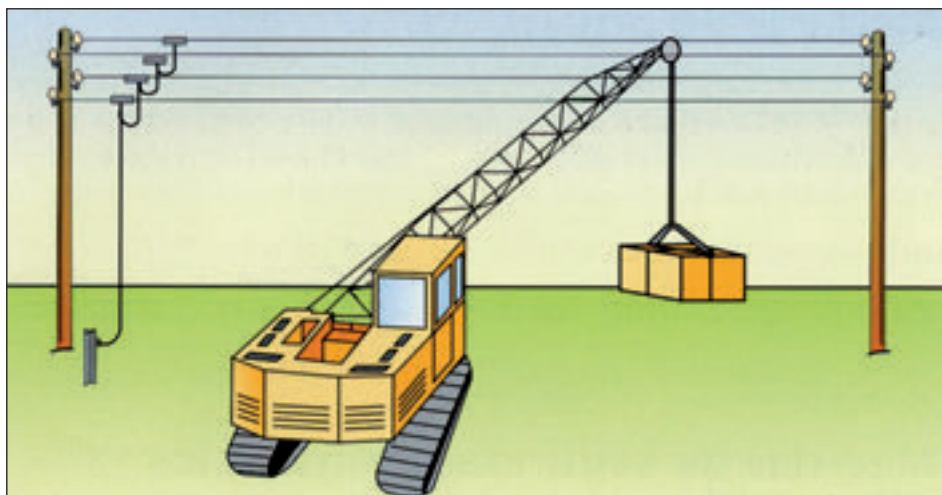


Figura. 3. -Puesta a tierra y en cortocircuito en los conductores de la línea aérea.

14.5.2. Aislamiento de los conductores de la línea.

En el caso de líneas de Baja Tensión, es posible retirar los conductores desnudos, sustituyéndolos por conductores aislados de 1.000 V de tensión nominal.

Cuando la colocación de estos conductores se realice en tensión se utilizarán, entre otros medios de protección personal, guantes y herramientas aislantes, etc., y el trabajo deberá ser realizado por personal especializado bajo la vigilancia del jefe de obra.



Figura. 4.- Red trenzada aislada para línea aérea de alta tensión (U_n = menor o igual a 30 kV.).

En el caso de líneas de Alta Tensión, podrán sustituirse los conductores desnudos por conductores aislados en el tramo afectado. (Figura 4).

La adopción de cualquiera de estas medidas estará condicionada a la autorización de la compañía propietaria de la línea. En cualquier caso, la sustitución de los cables desnudos por cables aislados, no significa que los elementos de altura de las máquinas puedan establecer contacto con ellos, puesto que podrían dañar el aislamiento o derribar la línea por impacto.

En el caso de elementos de altura motorizados, esta medida tendrá que garantizar la imposibilidad o la inocuidad de un posible contacto.

14.6. RECUBRIMIENTOS AISLANTES.

Esta medida de seguridad puede adoptarse en líneas bajas de tensión instalando elementos aislantes. Se puede aislar de esta manera una línea que sobrevuele un tejado o que esté instalada a lo largo de una fachada, para proteger a los trabajadores que operen en su proximidad.

Los recubrimientos aislantes, constituidos por elementos especiales de caucho o materias plásticas, no pueden instalarse cuando la línea está en tensión. En el caso de que así fuera, se colocarán según lo indicado en la ordenanza para trabajos con tensión en B.T., es decir, utilizando los medios de protección personal adecuados: guantes aislantes, etc.

Estos recubrimientos deben ser continuos y estar fijados convenientemente para evitar que se desplacen. La corriente en caso de contacto no deberá ser superior a 1 miliamperio, considerando la resistencia de aislamiento: $R_a > 1\text{MA}$

Los recubrimientos deberán vigilarse para que no resulten deteriorados por un contacto mecánico, el cable de una grúa o por objetos cortantes. Deben ser protecciones contra contactos eléctricos involuntarios, y no estar sujetas a sobrecargas o tensiones voluntarias.

14.7. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

14.7.1. Baja Tensión.

La distancia entre los conductores y los equipos o máquinas manejadas por personas en el caso de líneas eléctricas desnudas, tanto de alta como de baja tensión en corriente alterna de 50 Hz, serán las especificadas en el Real Decreto 614/2001; para baja tensión, $d > 3$ metros.

14.7.2. Alta Tensión.

Las distancias entre líneas eléctricas aéreas de alta tensión y los distintos elementos, como maquinaria, vehículos, etc., no serán inferiores a

$d > 3\text{m}$ hasta 66.000 voltios

$d > 5\text{ m}$ a partir de 66.000 voltios (Figura 5)

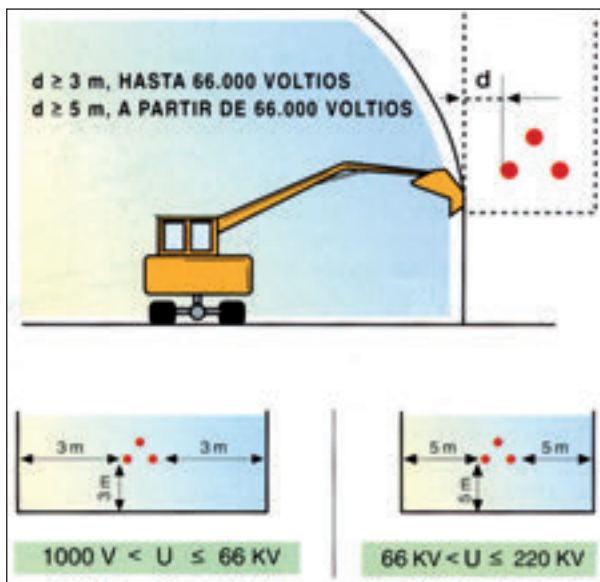


Figura 5. Distancias mínimas de seguridad para líneas eléctricas de alta tensión. Zonas de prohibición.

14.7.3. Grúas-torre para obras.

En caso de utilizar grúas-torre para obras, la distancia mínima será de mayor e igual a 5 metros, para cualquier tensión. (Figura 6).

Según especifica la norma UNE 58101, en ningún momento podrán entrar en contacto con líneas eléctricas, ni cualquier parte de la grúa ni las cargas suspendidas, y deberá existir entre líneas desnudas y dichos elementos un espacio de seguridad de 5 m, medido en su proyección horizontal (ITC.MIE-AEM 2).

Deberá existir una toma de tierra adicional, independiente de la alimentación eléctrica de la grúa, que se conectará a la su estructura metálica, o si ésta es su móvil, a las vías de rodadura, como protección frente a un posible contacto accidental con las líneas aéreas desnudas. (UNE 58101).

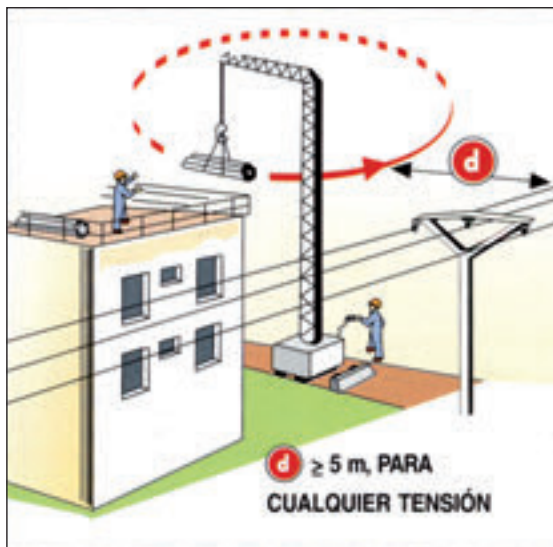


Figura 6. Distancia mínima de seguridad para grúas-torre de obra.

El valor de la toma de tierra, realizada en las proximidades de la grúa, no será superior a 20 ohmios.

Esta toma de tierra protegerá también frente a inducciones de líneas aéreas próximas de alta tensión o a descargas atmosféricas.

Como medida adicional de seguridad, siempre que existan líneas aéreas próximas se protegerá al trabajador mediante una eslinga aislante colocada entre el gancho y el elemento a elevar; caldero, ferralla, etc. (Figura 7).

14.7.4. Edificaciones y construcciones.

Las distancias mínimas que deberán existir en las condiciones más desfavorables, entre los conductores de la línea eléctrica y los edificios o construcciones, serán como mínimo:

$$d > 3,3 + \frac{kV}{100}, \text{ en metros}$$

Con un mínimo de 5 metros. (Figura 8).



Figura 7. Eslinga aislante colocada entre el gancho y el elemento conductor a elevar, como medida adicional de seguridad

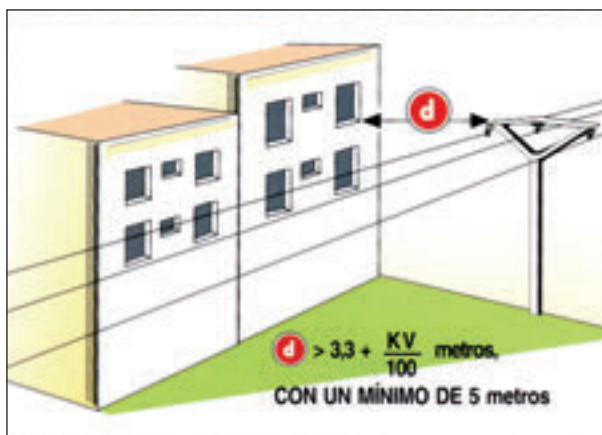


Figura 8. Distancia mínima, en las condiciones más desfavorables, entre los conductores de la línea eléctrica y los edificios o construcciones.

La estimación de las distancias que existen entre las líneas eléctricas y un punto dado, debe ser realizada por un especialista dotado del equipo adecuado.

Se utilizarán instrumentos de medida que ofrezcan las debidas garantías de aislamiento, tales como pértiga aislante graduada, metro flexible aislante, etc.

En el caso de que sea imposible establecer la distancia de seguridad mínima, será imprescindible proteger la línea.

14.8. MÉTODO PARA VALORAR EL RIESGO DE CONTACTO.

Determinar la zona de prohibición de la línea y la zona de alcance del elemento de altura (zona de peligro y de proximidad)

14.8.1. Zona de prohibición de la línea eléctrica aérea.

Es una zona que debe establecerse en torno a la línea eléctrica aérea y que en ningún momento deberá ser invadida por lo elementos de altura de las máquina o equipos de elevación, o las cargas que transporten.

Su amplitud estará en función de la tensión de la línea.

La estimación de distancias con respecto a la línea deberá efectuarse mediante taquímetro o pértigas aislantes adecuadas a la tensión de la misma. No deberán emplearse otros instrumentos que no ofrezcan garantías aislantes suficientes, a pesar incluso de su apariencia aislante (reglas de madera, tubos de plástico, cintas metálicas, etc.).

14.8.2. Zona de alcance del elemento de altura.

Es la zona que pueden alcanzar las partes más salientes de los elementos de altura de las máquinas o grúas, o de la carga que transportan.

Para determinarla, deberá tenerse en cuenta las oscilación de la carga suspendida, el posible abatimiento del elemento de altura por caída, en los casos que sea posible, y la movilidad del elemento de altura por el terreno.

14.8.3. Valoración de la posibilidad de contacto.

Sobre un esquema del emplazamiento, realizado a escala rigurosa, se presentarán la zona de prohibición en la línea y la zona de alcance del elemento de altura.

Distancias límites
(R.D: 614/2001)

$D_{prox 1}$: distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad, cuando resulta posible delimitar la zona de trabajo.

$D_{prox 2}$: distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad, cuando no resulta posible delimitar la zona de trabajo.

14.9. IMPLANTACIÓN DE OBSTÁCULOS.

Si la hora de realizar trabajos o maniobras con máquinas y aparatos de elevación, no se pueden garantizar las distancias de seguridad anteriormente señaladas, se deben emplazar obstáculos que constituyan una protección eficaz, como por ejemplo: pantallas aislantes.

Podrá reducirse la zona de alcance del elemento de altura, colocando obstáculos en el terreno que limiten su movilidad e impidan que pueda invadir la zona de prohibición de la línea



Figura 9. Implantación de obstáculos

Los obstáculos se dimensionarán de acuerdo con las características del elemento de altura correspondiente, de forma que no se puedan ser rebasados inadvertidamente por el conductor, y serán de suficiente resistencia frente al impacto o choque del vehículo o máquina.

14.10. DISPOSITIVOS COMPLEMENTARIOS.

14.10.1. Dispositivos de seguridad.

Podrá reducirse la zona de alcance del elemento de altura instalando dispositivos de seguridad que limiten el recorrido de sus partes móviles. Estos dispositivos de seguridad pueden ser eléctricos o mecánicos.

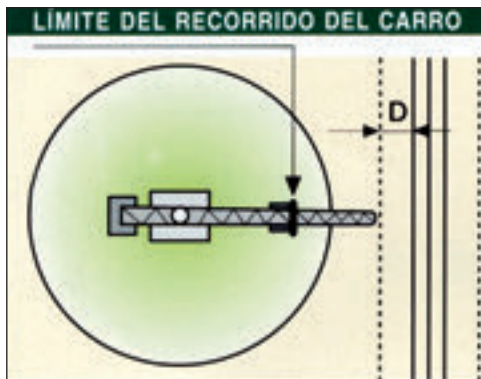


Figura 10. Reducción de la zona de alcance de la carga de una grúa-torre, mediante un dispositivo que limita el recorrido del carro a lo largo de la pluma ($D > 5m$).

Por lo general, esta medida sólo será aplicable a aquellos elementos de altura que operen inmovilizados sobre el terreno. Es el caso de las Grúas-torre. (Figura 10).

14.10.2. Dispositivos de señalización.

La señalización tendrá un carácter complementario, cuando hayan sido adoptadas las medidas de prevención que eviten la posibilidad de contacto. En este caso podrán señalizarse si se estima conveniente:

- La zona de prohibición de la línea.

- Las líneas eléctricas aisladas.

- Las callas, terraplenes, resguardos, etc.

- La zona de seguridad del elemento sobre el terreno cuando se hayan instalado dispositivos de seguridad.

También deberán señalizarse y balizarse los cruces próximos de los accesos, con líneas eléctricas aéreas, en los casos en que se transite regularmente por ellos (movimientos de tierra, escombros, áridos, etc.).

La señalización se efectuará mediante:

- Cintas o banderolas de color rojo.

- Señales de peligro o indicadores de altura máxima.

- Alumbrado de señalización para trabajos nocturnos.

Esta medida deberá adoptarse obligatoriamente cuando el trabajo se realice con la supervisión permanente del jefe de la obra y no exista ninguna medida de prevención que evite el riesgo de contacto (trabajos ocasionales). En este caso se delimitará como mínimo la zona de prohibición de la línea.

14.10.3. Dispositivos de balizamiento y advertencia.

Para asegurar la protección contra el contacto con líneas aéreas bajo las que trabajan las excavadoras o grúas, es necesario instalar dispositivos que limiten o indiquen la altura máxima permisible. (Figura 11).

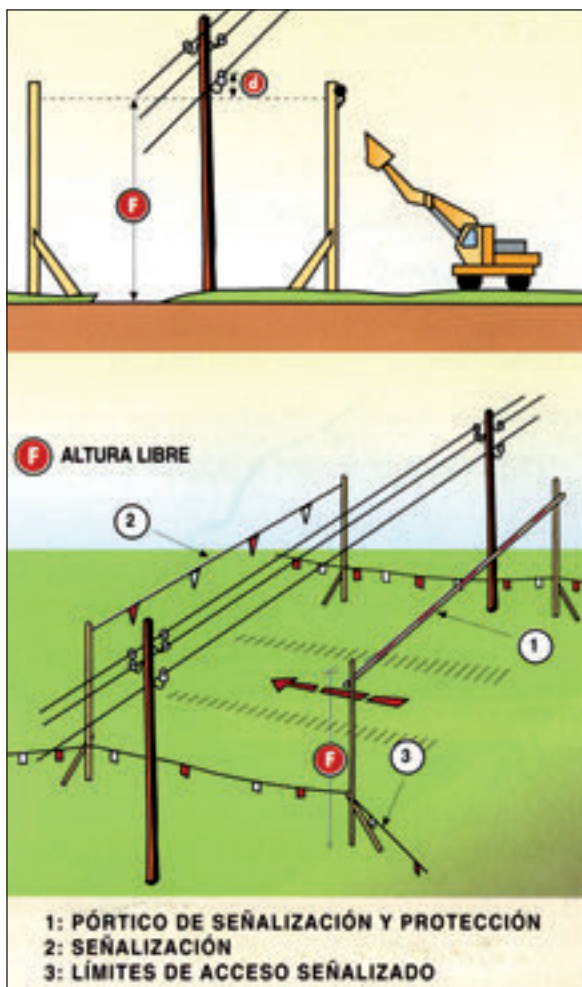
$$F = D - d$$

F = Altura libre de paso

D = Altura mínima de la línea eléctrica.

d = Distancia mínima de seguridad.

Figura 11. Distancias mínimas de seguridad de los dispositivos de balizamiento y advertencia.



14.10.4. Elementos aislantes.

Como medida de seguridad complementaria, se podrá proteger al operario que manipula las cargas en las grúas, vehículos, etc. (estrobador o enganador), mediante una eslinga o cuerda aislante que le proteja en el caso de contacto accidental del elemento manejado con la línea desnuda.

Por ejemplo, de instalar una de esas eslingas aislantes, entre el gancho de las grúas-torre para obras y la carga a elevar o trasladar (caldero, ferralla, etc.).

Estos elementos aislantes servirán, además, cuando las grúas-torre o portátiles estén en proximidad de las líneas desnudas o antenas ya que la inducción que pueda aparecer en el cable metálico de izado no afectará al operario.

14.11. MÉTODOS DE TRABAJO Y MEDIDAS DE INFORMACIÓN.

14.11.1. Realización previa de un Proyecto de Seguridad.

Desde el punto de vista preventivo, se considera que la realización de trabajos con elementos de altura en presencia de L.E.A., exige siempre un análisis previo de la situación, que debe reflejarse en un Proyecto Técnico de Seguridad, previa evaluación de los riesgos existentes.

La evaluación de riesgos comprende:
Valoración de la posibilidad de contacto.
Determinación del riesgo.
Diseño de las medidas correctoras a que hubiera lugar.

14.11.2. Requerimiento a la compañía propietaria de la línea.

Cuando la medida preventiva a adoptar conlleve una actuación sobre la línea eléctrica o en su proximidad inmediata (descargo, aislamiento, traslado, conversión en subterránea), deberá gestionarse toda actuación con la compañía propietaria de la misma, que será probablemente la encargada de llevarla a cabo o dará instrucciones pertinentes a la hora de su realización. En todo caso, se le consultará para conocer la tensión de la línea y la altura de los conductores sobre el terreno.

14.11.3. Supervisión o vigilancia.

Esta medida consiste en que un trabajador autorizado dirija las operaciones que se realicen con elementos de altura de forma permanente, ocupándose de que sean mantenidas las distancias necesarias para no invadir la zona de prohibición de la línea que, previamente, habrá sido delimitada y señalizada.

Se considera que esta medida sólo es suficiente, desde el punto de vista preventivo, en trabajos que tengan una duración ocasional y se realicen a distancia.

14.11.4. Información a los operarios.

En cualquier caso, se informará a todas las personas implicada en el trabajo a forma de:

El riesgo existente por la presencia de la línea eléctrica y su posible contacto.

En caso de contacto el conductor no se bajará tocando la máquina sino que saltará sobre el terreno.

Esta información se extremará en las personas que maneja los elementos de altura o las cargas que transportan, quienes deberán conocer además la zona de prohibición de la línea y la zona de alcance del elemento de altura.

14.12. TRABAJO DE EXCAVACIÓN EN PROXIMIDAD DE LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS.

Cuando tengan que realizarse trabajo de excavación, apertura de zanjas, etc., en la proximidad de líneas o canalizaciones eléctricas subterráneas, en las que no se ha retirado o anulado la tensión (*Figura 12*), deben adoptarse precauciones especiales.

Estas precauciones tienen como finalidad evitar que la máquina o las herramientas utilizadas dañen dichas canalizaciones.

En la apertura de zanjas para canalizaciones, se solicitará de la compañía eléctrica información acerca de la existencia de líneas subterráneas, para que proceda a su descargo.

Se utilizarán los medios de trabajo adecuados para evitar dañar el cable:

Excavadora: podrá trabajar hasta la distancia de 1 metro de cable, aproximadamente.

Martillo neumático: podrá trabajar hasta la distancia de 0,5 metros del cable, aproximadamente.

Herramientas manuales: con ellas se podrá trabajar desde las distancia de 0,5 metros hasta el cable.

Caso de que no pueda retirarse la tensión de la red subterránea, un operario de la compañía eléctrica dará las recomendaciones necesarias de seguridad y contraolará los trabajos de excavación, después de haber eliminado los reenganches de los relés de protección de la red. El jefe de obra informará al personal acerca del riesgo de las medidas de seguridad necesarias, y señalará, mediante cintas, barandillas, etc., la zona de trabajo. (Figura 13).

Para la manipulación de los cables se utilizarán herramientas y equipos aislantes adecuados al a máxima tensión de servicio. (Figura 14).



Figura 12. Cables de alta tensión en zanja

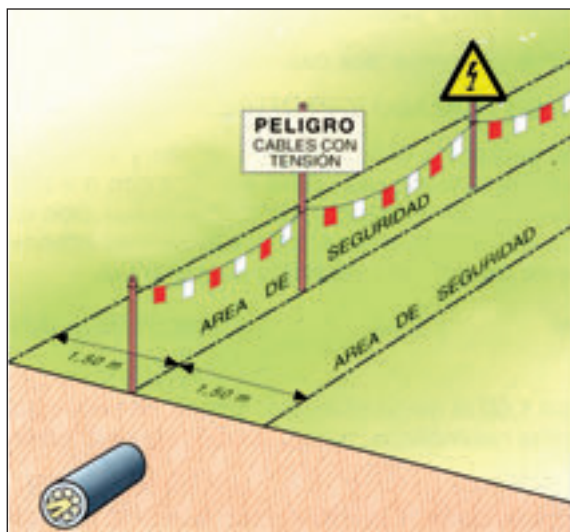


Figura 13. Señalización exterior de conducciones eléctricas subterráneas.



Figura 14. Manipulación de cables eléctricos.

15. Protección personal

Los medios de protección personal no dispensan en ningún caso de la obligación de emplear los medios preventivos de carácter general, conforme a lo señalado con anterioridad.

Sin perjuicio de su eficacia, los equipos de protección individual deberán permitir la realización del trabajo sin molestias innecesarias para quien lo efectúe.

El Real Decreto 1407/92, de 20 de noviembre, (BOE del 28 de diciembre de 1.992) que regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de equipos de protección individual, establece las disposiciones precisas para el cumplimiento de la Directiva 8916861-CEE, que establece las exigencias mínimas esenciales que deben cumplir los equipos de protección individual.

15.1. NORMAS EUROPEAS SOBRE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.

15.1.1. Directivas CEE para los Equipos de Protección Individual.

Hasta hace un tiempo, la mayoría de los Estados Miembros de la CEE aplicaban, para los Equipos de Protección Individual, sus propios Procedimientos de Homologación, Métodos de Prueba y Especificaciones. En algunos casos, productos homologados en un País necesitaban modificaciones para poder satisfacer requerimientos exigidos en otro Estado Miembro.

En 1989, el Consejo de las Comunidades Europeas, decidió armonizar las Disposiciones Nacionales existentes, con la intención de lograr el libre movimiento de los Equipos de Protección Individual (en adelante denominados EPI,s) a través de la CEE, dictándose las siguientes Directivas:

Directiva 89/656/CEE, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de EPI's, por parte de los trabajadores en Europa.

Directiva 89/686/CEE, sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros, relativas a los requerimientos básicos de la sanidad y protección, que deben satisfacer los EPI's.

15.1.2. Categorías de los EPI's.

Se definen dos categorías para los EPI's:

- Equipos de “diseño simple”, donde el proyectista asume que el usuario puede juzgar por sí mismo el nivel de protección contra riesgos mínimos, cuyos efectos, al ser graduales, pueden ser percibidos a tiempo y sin peligro para el usuario.
- Equipos de “diseño complejo”, que protegen contra riesgos mortales o que pueden afectar seriamente la salud del usuario, con efectos inmediatos y donde el proyectista asume que el usuario no puede percibir el riesgo a tiempo (proyecciones contra descargas eléctricas).

La Directiva 89/686/CEE, define una lista de productos que se sitúan en una de las dos categorías indicadas anteriormente. Los EPI's no mencionados en la citada lista, pertenecen a una tercera categoría, de “diseño medio”, que ofrecen un nivel de protección intermedio.

A partir del 1 de julio de 1995, entra en vigor la Directiva Europea 89/686/CEE que describe los requisitos de seguridad que deben cumplir los Medios de Protección Individual llamados “EPI” y marcado que deben llevar dichos “EPI” para su comercialización.

MARCADO DE LOS “EPI”.

Los “EPI” se dividen en tres categorías, según el nivel de riesgo contra el que tienen que proteger.:

CATEGORÍA I: Riesgo mínimo.

A este grupo pertenecen, entre otros:

- Guante de jardinería.
- Gafas de sol.
- Calzados de protección contra el mal tiempo.

MARCADO “ce”. Forma obligatoria a partir de enero-97.

Este marcado se denomina **autocertificación** y para ello se necesita:

Declaración de conformidad con exigencias esenciales.
No pasar por el laboratorio.

CATEGORÍA II: Riesgo medio.

A este grupo pertenecen, entre otros:

- Protectores auditivos.
- Protectores de cabeza.
- Protectores de la vista.
- Protectores de las manos.

MARCADO “CE 95”: forma única y obligatoria a partir de enero-97. La cifra 95 no significa el año de Certificación. Los “EPI” con este marcaje están **certificados**, para lo que se necesita:

- Examen “CE” de tipo.
- Documentación técnica del fabricante.
- Examen del modelo.
- Declaración de conformidad.
- Certificado del organismo notificado.

CATEGORÍA III: Riesgos mortales.

Pertenecen a este grupo, entre otros, los siguientes:

- Protectores vías respiratorias.
- Protectores contra riesgos eléctricos.
- Protectores contra altas temperaturas.
- Protectores contra caídas.

MARCADO: “CE008695”. La cifra “0086” corresponde al número del organismo involucrado en la certificación. Las cifras “95” son las dos últimas cifras del año en las que se ha estampado la marca “CE”. Los “EPI” con este marcado están **certificados**, para lo que deben reunir los mismos requisitos para que la CATEGORÍA II, además de los dos apartados siguientes:

- Sistema de calidad de la fabricación con vigilancia.
- Verificación del producto final.

15.1.3. Exigencias esenciales de sanidad y seguridad en todos los EPI's.

La directiva 89/686/CEE especifica las siguientes Exigencias Esenciales:

- Principio de diseño:
 - Ergonomía.
 - El mayor nivel de protección posible.
 - Protección adecuada a los diferentes niveles de riesgo.
- Inocuidad de los EPIs.
- Comodidad y eficacia.
- Información sobre el producto que debe facilitar el fabricante.

Adicionalmente, se especifican unas exigencias para varias clases de EPI's:

- EPI expuesto al envejecimiento.
- EPI para uso en atmosferas explosivas.
- EPI para uso en casos de emergencia, etc.

15.1.4. Procedimiento de certificación.

Documentación técnica: Antes de sacar al mercado cualquier tipo de EPI, el fabricante debe preparar la documentación técnica, que deberán incluir todos los datos de utilidad sobre los medios aplicados con el fin de cumplir con las correspondientes Esencias Esenciales de sanidad y seguridad de la Directiva. (*Figura 1*).

Normas Europeas (EN): Para facilitar los ensayos de conformidad con la Directiva sobre EPI's, se crearon las Normas Europeas Armonizadas (EN), que intentan prevenir o eliminar las diferencias en el contenido técnico de las distintas normas nacionales, especialmente si estas diferencias pueden poner barreras al libre comercio.

Con la transposición de cada Norma Europea, ésta debe ser implantada en cada País con rango de Norma Nacional.

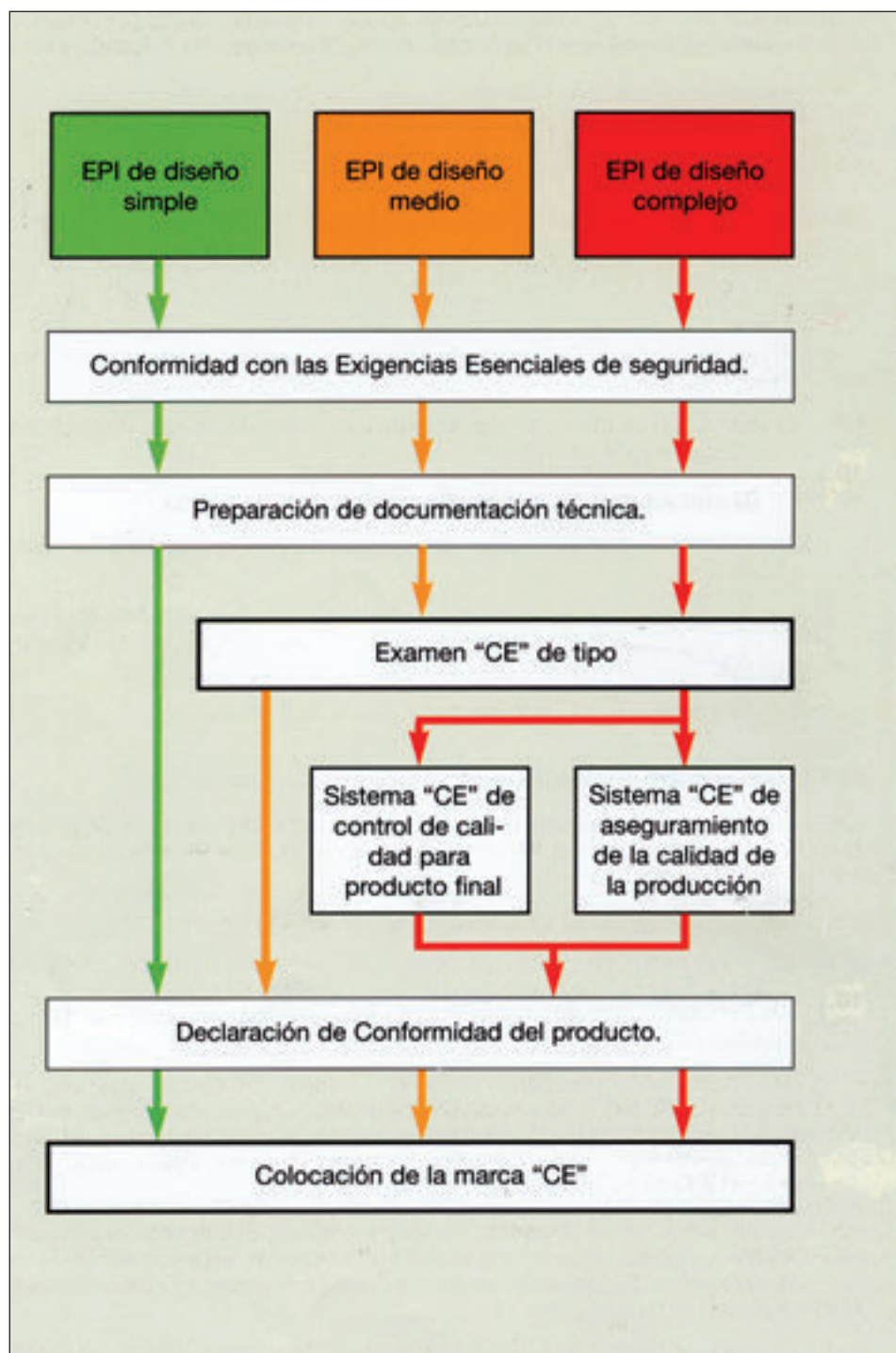


Figura 1. Esquema del procedimiento de certificación.

Examen “CE” de tip : el examen “CE” de tipo, es el procedimiento por el que un Organismo Notificado establece y certifica que un EPI satisface las exigencias de la Directiva.

El Laboratorio extiende un Certificado de Examen “CE” de tipo e informa del resultado. Este certificado no es necesario para los equipos de “diseño simple” listados en la Directiva.

15.1.5. Sistema “CE” de control de calidad.

El objetivo de este sistema es asegurar la homogeneidad de la producción de un EPI de “diseño complejo”. El Sistema “CE” de control de la calidad puede realizarse:

- Ya sea por medio de un Organismo Notificado, que realice ensayo por muestreo del producto final,
- Sometiendo el fabricante su propio sistema de control de calidad a la aprobación de un Organismo Notificado.

15.1.6. Declaración “CE” de conformidad del producto.

La Declaración “CE” de conformidad del producto, es el procedimiento a través del cual el fabricante:

- Redacta una declaración certificando que el EPI puesto en el mercado está conforme a las exigencias de la Directiva, según la opinión de las Autoridades Competentes.
- Y coloca la marca “CE” de conformidad en cada EPI fabricado.

15.2. ROPA DE TRABAJO Y GUANTES.

Dado que los electricistas pueden verse afectados por la elevada temperatura del arco eléctrico accidental en sus trabajos o maniobras, la ropa de trabajo de éstos deberá de ser ininflamable.

15.2.1. Ropa de protección térmica.

- Los EPI’s diseñados para proteger total o parcialmente el cuerpo contra los efectos del calor y/o fuego, deberán poseer una capacidad de aislamiento térmico y una resistencia mecánica adecuada a las condiciones normales de uso (*Figura 2*).
- Los que accidentalmente puedan entrar en contacto con llamas, así como los fabricados para ser usados como equipos de protección para electricistas, deben también poseer un grado de inflamabilidad correspondiente al tipo de riesgo asociado a las previsibles condiciones de uso. Igualmente, no deben fundir si se exponen a la llama, ni contribuir a su propagación.
- La ropa de trabajo para electricistas llevará la marca CE, además del pictograma indicada en la *figura 3* en el que deberán figurar las legas acreditativas de su resistencia frente al calor y las llamas (Letras A, B, C y cuyo significado puede verse en el cuadro de la *figura 4*).

Como ejemplo de riesgo de valor extremo e instantáneo cabe citar el generado por las instalaciones eléctricas, como es el arco eléctrico accidental, que supone temperaturas

PICTOGRAMA	Categoría del riesgo o aplicación	PICTOGRAMA	Categoría del riesgo o aplicación
	Riesgos mecánicos		Riesgos por frío
	Corte por impacto		Calor y fuego
	Electricidad estática		Radiaciones ionizantes y contaminación radioactiva
	Riesgos químicos		Riesgos bacteriológicos

Figura 2. Pictogramas según norma EN 420:1994.

de hasta 5.000 °C, comparadas con los 800 a 1500 °C de las llamas de un incendio. Las exposiciones al arco eléctrico son muy breves (décimas de segundo a 2 segundo), pero con flujos radiantes de hasta 600 kw/m².

Para las prendas de protección personal contra el calor y las llamas se han ensayado diferentes tipos de fibras:

- Algodón ignifugado (con tratamiento Proban de Albright & Wilson, Pirovutex CP de Ciba-Geigy, Fyrol 86 de Stauffer Chemical, etc.).
- Lana ignifugada (con tratamiento Zirpro).
- Meta-aramidas (Nomex de Du Pont, Conex de Teijin, Appeil de Unitika, etc.).
- Para aramidas (Kevlar de Du Pont, Technora de Teijin, Twaron de Akzo, etc.).

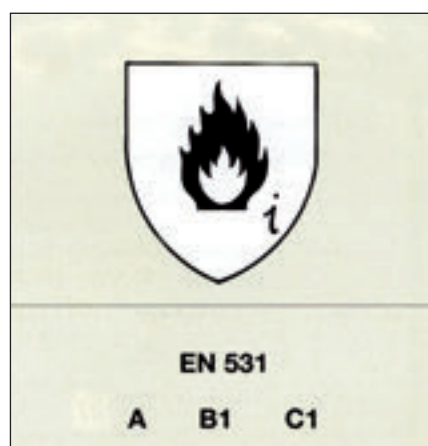


Figura 3. Pictograma para las prendas de protección contra los efectos del arco eléctrico (calor y llamas).

<p>1 Propagación de la llama (letra A) EN 532</p> <p>Ignición durante 10 s</p> <p>Tiempo de post-combustión $\leq 2s$</p> <p>Tiempo de incandescencia $\leq 2s$</p> <p>Las llamas no deben alcanzar los extremos de la probeta</p> <p>Sin perforaciones</p> <p>Sin goteos</p> <p>No debe fundir</p>	<p>2 Calor convectivo (letra B) EN 367</p> <p>Flujo calórico = 80 kW/m^2</p> <table> <tr> <th>Nivel</th><th>Exigencias</th></tr> <tr> <td>B1</td><td>$3 \leq \text{HTI} \leq 6$</td></tr> <tr> <td>B2</td><td>$7 \leq \text{HTI} \leq 12$</td></tr> <tr> <td>B3</td><td>$13 \leq \text{HTI} \leq 20$</td></tr> <tr> <td>B4</td><td>$21 \leq \text{HTI} \leq 30$</td></tr> <tr> <td>B5</td><td>$\text{HTI} \geq 31$</td></tr> </table> <p>Las prendas de protección frente al calor convectivo, deben alcanzar como mínimo el nivel B1</p>	Nivel	Exigencias	B1	$3 \leq \text{HTI} \leq 6$	B2	$7 \leq \text{HTI} \leq 12$	B3	$13 \leq \text{HTI} \leq 20$	B4	$21 \leq \text{HTI} \leq 30$	B5	$\text{HTI} \geq 31$
Nivel	Exigencias												
B1	$3 \leq \text{HTI} \leq 6$												
B2	$7 \leq \text{HTI} \leq 12$												
B3	$13 \leq \text{HTI} \leq 20$												
B4	$21 \leq \text{HTI} \leq 30$												
B5	$\text{HTI} \geq 31$												
<p>3 Calor radiante (letra C) EN 366</p> <p>Flujo calórico = 20 kW/m^2</p> <table> <tr> <th>Nivel</th><th>Exigencias</th></tr> <tr> <td>C1</td><td>$8 \leq \text{HTI} \leq 30$</td></tr> <tr> <td>C2</td><td>$31 \leq \text{HTI} \leq 90$</td></tr> <tr> <td>C3</td><td>$91 \leq \text{HTI} \leq 150$</td></tr> <tr> <td>C4</td><td>$t_2 \geq 151$</td></tr> </table> <p>Las prendas de protección frente al calor radiante, deben alcanzar como mínimo, el nivel C1</p>	Nivel	Exigencias	C1	$8 \leq \text{HTI} \leq 30$	C2	$31 \leq \text{HTI} \leq 90$	C3	$91 \leq \text{HTI} \leq 150$	C4	$t_2 \geq 151$	<p><i>· Prendas de protección térmica. Exigencias y métodos de ensayo. Para cumplir con la norma EN 531, los EPI deben superar el ensayo de propagación de llama y como mínimo alguno de los otros ensayos indicados en el nivel 1. HTI: Índice de transferencia de calor: tiempo en segundos para alcanzar 24°C.</i></p>		
Nivel	Exigencias												
C1	$8 \leq \text{HTI} \leq 30$												
C2	$31 \leq \text{HTI} \leq 90$												
C3	$91 \leq \text{HTI} \leq 150$												
C4	$t_2 \geq 151$												

Figura 4. Características de prendas frente al fuego.

Las características esenciales de las mezclas de fibras citadas son:

- Ininflamabilidad.
- Estabilidad térmica hasta 280°C .
- Estabilidad dimensional a temperaturas inferiores a 300°C .
- Bajo coeficiente de transmisión de calor.

Las mezclas más habituales de fibras, presentes en los tejidos para protección contra el calor y las llamas son las siguientes:

- Karvin: 5 % de Kevlar, 30 % de Nomex y 65 % de Viscosa FR.
- Kevlar 60 % / PBI 40 %.
- Nomex Delta C: nomex, Kevlar y P-140.
- Kermel 50 % / viscosa 50 %.
- Basofil 50 % / Aramida 50 %.

15.2.2. Guantes de protección térmica.

Para realizar los trabajos en las instalaciones eléctricas, tanto en las proximidades de elementos en tensión como en la manipulación de fusibles, apartamentas, etc., y como medida básica de protección contra el arco eléctrico accidental, los electricistas deberán utilizar guantes resistentes a la llama. (Figura 5).

En los trabajos de tensión será necesaria la utilización de estos guantes junto con los guantes aislantes.

Los niveles de protección térmica los guantes vienen reflejados en la norma EN 407. Para cumplir con las exigencias de esta norma, los EPI deben superar los requisitos siguientes y, en especial los destinados a los electricistas, los niveles 4111 como mínimo.

Protección térmica (EN 407)

1.- Resistencia a la llama (ISO 6941).

Niveles, 1,2,3 y 4.

La probeta se somete a la acción de la llama durante 3 y 15 segundos valorando los tiempos de Post-combustión (A) y Post-incandescencia (B).

Nivel 4: A < 2 s y B < sin goteos y sin perforaciones.

2.- Resistencia al calor por contacto (EN 702).

3.- Resistencia al calor por convección (EN 367).

4.- Resistencia al calor radiante (EN 366).

5.- Resistencia a las pequeñas salpicaduras de metal fundido (EN 348).



Figura 5.

15.3. PROTECCIÓN OCULAR.

Los medios de protección ocular serán seleccionados en función de los siguientes riesgos:

- a) Choque o impacto de partículas o cuerpos sólidos.
- b) Proyección o salpicadura de metales fundidos.
- c) Radiaciones ultravioletas.

Las gafas o pantallas protectoras deberán reducir lo mínimo posible el campo visual y serán de uso individual. (*Figura 6*).

Protección contra el arco eléctrico.

Los Epi que vayan a proteger los ojos contra los efectos agudos o crónicos de las fuentes de radiaciones ultravioleta, deberán absorber o reflejar la mayor parte de la energía radiada en longitudes de ondas nocivas, sin alterar por ello excesivamente la transmisión de la parte no nociva del espectro visible, la percepción de los contrastes y los colores.

La norma EN 166 especifica que el ocular para la protección contra el arco eléctrico producido por el cortocircuito debe estar dotado de filtros ultravioleta. (*Figura 6*).

Asimismo el ocular será resistente a las salpicaduras del metal fundido (cobre, aluminio, etc.).

Las monturas de los protectores oculares llevarán una marca que indique su campo de usos, que en nuestro caso será frente al cargo eléctrico causado por un cortocircuito en un equipo eléctrico.



Figura 6. Oculares filtrantes.

OCULARES (EN 166)	
1. Clave de número de código	
2: Filtro ultravioleta, puede alterar el reconocimiento de los colores	
3: Filtro ultravioleta que permite buen reconocimiento del color	
4: Filtro Infrarrojo	
5: Filtro Solar sin requerimiento para el infrarrojo	
6: Filtro Solar con requisitos para el infrarrojo	
Grados de Protección y Visibilidad	
1,2 - 1,4 - 1,7 - 2 (Mala Visibilidad)	
2. Clase óptica del ocular	
Nivel 1, 2 y 3.	
3. Resistencia al impacto	
(S) Robustez aumentada	
(F) Alta velocidad, baja energía	
(B) Alta velocidad, media energía	
(A) Alta velocidad, alta energía	
MONTURAS (EN 166)	
1. Campos de Uso	
3: Líquidos	
4: Partículas de polvo	
5: Gas y partículas de polvo finas	
8: Arco Eléctrico de cortocircuito	
9: Metal fundido y sólidos calientes	
2. Resistencia al impacto	
(F), (B) o (A)	
Ejemplo: Protección Electricista	
Número código filtro	3 1,2 x 1 8
Grado de protección	
Identificación del Fabricante	
Clase óptica	
Montura frente al arco eléctrico	

Figura 7. Oculares y Monturas.



Figura 8. Guantes aislantes.

15.4. PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS.

Guantes aislantes.

Los EPI que vayan a proteger total o parcialmente el cuerpo contra los efectos de la corriente eléctrica, tendrán un grado de aislamiento adecuado a los calores de las tensiones a las que el usuario pueda exponerse en las condiciones más desfavorables predecibles. (Figura 8).

Para ello, los materiales y demás componentes de estos tipos de EPI se elegirán o diseñarán y dispondrán de tal manera que la corriente de fuga medida da través de la corriente de prueba, en la que se utilicen tensiones similares a las que puedan darse “in situ”, sea lo más baja posible y siempre inferior a un valor convencional máximo admisible en correlación con el umbral de tolerancia.

Los tipos de EPI que vayan a utilizarse exclusivamente en trabajos o maniobras en instalaciones con tensión eléctrica o que puedan llegar a estar bajo tensión, llevarán, al igual que en su cobertura protectora, una marca que indique, especialmente, el tipo de protección y/o la tensión de utilización correspondiente, el número de serie y la fecha de fabricación. Los EPI llevarán además en la parte externa de la cobertura protectora, un espacio reservado al posterior marcado de la fecha de puesta en servicio y la fechas de las pruebas o controles que haya que llevar a cabo periódicamente. (Figura 9).





Figura 9. Significado del marcado de los guantes.

- COMPOSICIÓN.

Los guantes se fabricarán a base de elastómeros. Podrán llevar o no un soporte textil y revestimiento exterior para protección contra el desgaste mecánico, los ataques químicos, etc.

En el caso de desgaste del revestimiento exterior de un guante compuesto de varias capas, deberá aparecer el color de la capa inmediatamente inferior.

- CLASIFICACIÓN (EN 60903).

Los guantes objeto de esta norma se designarán de la manera siguiente:

- Por su clase: Clase 00, Clase 0, Clase 1, Clase 2, Clase 3 y Clase 4.
- Por sus propiedades especiales, mediante un sufijo (A: ácido, H: Aceite, Z:....., M: mecánica, R: combina A, H, Z y M).

El fabricante indicará en su folleto informativo, en particular, el uso exclusivo de estos tipos de EPI en la naturaleza y periodicidad de los ensayos eléctricos a los que habrán *-d<

1 someterse durante el tiempo que duren.

La diferencia más notable en el marcado que tiene que aparecer en los guantes aislantes es su tensión de utilización, ya que anteriormente se indicaba la tensión de prueba. (Tabla I).

- GUANTES AISLADOS Y RESISTENTES.

Los nuevos guantes aislantes de composites permiten trabajar con total seguridad sin sobreguantes de cuero.

Conforme a las normativas EN 60903 y CEI 60903.

La innovación en los materiales utilizados otorga a los guantes una gran cantidad de flexibilidad a pesar del grosor necesario para garantizar una auténtica protección contra los riesgos mecánicos. Además, la composición del revestimiento exterior proporciona a los guantes un agarre excepcional, incluso en condiciones húmedas.

Clase 00 y Clase 0.
Protección Eléctrica y Mecánica M.



CLASE DE GUANTE	TENSIÓN DE UTILIZACIÓN (VOLTIOS)	TENSIÓN DE ENSAYO (VOLTIOS)	CORRIENTE DE FUGA MÁXIMA (mA)	TENSIÓN MÍNIMA SOPORTADA (VOLTIOS)
00	500	2.500	2	5.000
0	1.000	5.000	2	10.000
1	6.000	10.000	2	20.000
2	15.000	20.000	2	30.000
3	20.000	30.000	2	40.000
4	30.000	40.000	2	50.000

Tabla I. Clases de protección de los guantes aislantes para trabajos eléctricos, según EN 60903.

15.5. CALZADO DE PROTECCIÓN.

Calzado conductor: Se define como calzado conductor, aquel cuyo límite de resistencia eléctrica es la suela, es inferior a 100 Kilo Ohmios. este calzado no se utiliza como protección eléctrica adicional.

Calzado antie estático: el calzado antiestático es Cuyo límite de resistencia eléctrica se halla situado entre los 100 K y los 100 M.

Calzado aislante: se define como calzado aislante aquel que ofrece una elevada resistencia al paso de la corriente eléctrica. El valor de su resistencia se sitúa entre 100 M y el infinito.


Los operarios relacionados con la electricidad deben utilizar calzado S2 o P2. Dado que la suela está sometida a desgaste, a la humedad y a la contaminación, el calzado podría no proteger lo suficiente, por lo que deberán aportarse precauciones adicionales.

El calzado antiestático evita el riesgo de ignición de sustancias inflamables y posibles choques eléctricos en baja tensión (Figura 10).



Figura 10. Calzado antiestático

15.5.1. Calzado de seguridad y protección.

			CLASES			
Calzado de Protección (EN-346). Tope Asiante de 100J.			PB	P1	P2	P3
Calzado de Uso Profesional EN-347. Sin tope.				01	02	03
Exigencias básicas (EN-344)			+	+	+	+
A	Calzado antiestático	> 0,1 MΩ < 100 MΩ	*	+	+	+
E	Absorción de energía en el talón	> 20 J	*	+	+	+
WRU	Resistencia a la absorción y penetración de agua.	< 30% 60 min. < 2 gr + 30 min.	*		+	+
P	Resistencia a la perforación de la suela	> 1100 N	*	*		+
C	Calzado conductor	< 0,1 MΩ	*	*	*	*
HI	Aislamiento contra el calor radiado	ΔT<=22°C 150°C 30 min.	*	*	*	*
CI	Aislamiento contra el frío	ΔT<=10°C -20°C 30 min.	*	*	*	*
HRO	Resistencia de la suela al calor por contacto	> 300°C > 1 min.	*	*	*	*

Niveles de protección del calzado de “protección” y de “seguridad”

Requisitos obligatorios

Requisitos opcionales

Ejemplo para electricistas: Clase P2-S2

El calzado de seguridad (S), es igual que el de protección (P), pero con un tope de 200 J.

15.5.2. Calzado aislante de la electricidad para trabajo en tensión (UNE-EN 50321:1999).

Objeto y campo de aplicación.

Esta norma es aplicable al calzado aislante de la electricidad utilizando para trabajos en, o en proximidad, de partes en tensión en instalaciones cuya tensión sea igual o inferior a 1000 V en corriente alterna (c.a.) (*Figura 11*)

Este calzado, cuando se usa junto con otros equipos de protección aislantes de la electricidad tales como los guantes aislantes previene del paso de una corriente eléctrica peligrosa por las personas a través de los pies.

Clasificación-

El calzado se clasifica en las clases eléctricas siguientes, en función de la tensión nominal de la instalación en la cual o en cuya proximidad se utilice (*Tabla II*)

Clase eléctrica 00, para utilización en instalaciones cuya tensión nominal sea como máximo 500 V en corriente alterna (c.a.) o 750 V en corriente continua (c.c.)

Clase eléctrica 0, para utilización en instalaciones cuya tensión nominal sea como máximo 1000 V corriente alterna (c.a.) o 1500 V en corriente continua (c.c.)

Marcado.

Deberán tener un marcado específico como:



Figura 11. Sobre calzado aislante.

Clase del calzado	Tensión de prueba (kV valor eficaz)	Corriente a tensión de prueba (mA valor eficaz)				Tensión soportada (kV valor eficaz)
		Diseño (EN 344)				
		A	B	C	D	
00	2,5	1	1,5	2	3	5
0	5	2	2,5	4	5	10

Tabla II. Tensión de prueba, corriente de tensión de prueba y tensión soportada.

- Símbolo (doble triángulo)
- Clase (clase 00: marrón claro-beige; clase 0: rojo)
- Número de serie o lote.
- Mes y año de fabricación.

Requisitos eléctricos.

El calzado aislante deberá superar un ensayo de tensión de prueba y un ensayo de tensión soportada según su clasificación.

Tensión de prueba: Tensión de determinado valor que se aplica a un dispositivo durante un tiempo determinado y bajo condiciones especificadas, para asegurar que el aislamiento eléctrico es superior a un valor especificado.

Tensión soportada: Tensión que debe soportar un dispositivo bajo condiciones determinadas, sin que se produzca contoneamiento, descarga disruptiva, perforación u otro fallo eléctrico.

Ensayos.

Ensayo de tensión de prueba: cada unidad de calzado deberá ser sometida según su clase, a una tensión de prueba de las que se indican en la tabla.

Precauciones durante su utilización.

El calzado aislante no debe ser usado en situaciones en la que exista riesgo de corte, perforación, agresión mecánica o agresión química que puedan reducir parcialmente sus propiedades aislantes.

Debe adoptarse especial cuidado cuando el calzado vaya a ser usado en condiciones húmedas.

Nota: si el calzado se utiliza en condiciones húmedas tales que la zona superior del corte (en aproximadamente 10 cm) resultará húmeda o mojada, en tal caso las propiedades aislantes puedan quedar parcial o totalmente eliminadas.

Precauciones después de su utilización.

Si el calzado resultara sucio o contaminado (aceite, alquitrán, pintura, etc.), especialmente el corte, deberá ser cuidadosamente limpiado y secado en su exterior siguiendo las recomendaciones del fabricante.

15.6. PROTECCION DE LA CABEZA.

Los equipos de protección de la cabeza contra los riesgos inherente al trabajo, deberán satisfacer los requisitos esenciales del R.D. 1407/92, del 20 de noviembre. El desarrollo de la Normativa Europea(EN 397) analiza los requisitos específicos que deben satisfacer estos EPI para la protección contra ciertos riesgos particulares. Estos requisitos son los siguientes:

- Absorción del choque.
- Resistencia a la penetración.
- Resistencia a la llama.
- Aislamiento eléctrico.

Los cascos de seguridad deberán proteger al trabajador contra el contacto eléctrico (*Figura 12*) por lo que deberán ser de material aislante y estar ensayados bajo la tensión eléctrica. Este ensayo se realiza para garantizar una protección del usuario contra un contacto accidental con un conductor eléctrico bajo tensión. Existen varios tipos de prueba e incluso diferentes métodos, según sea la norma.

Para baja tensión (hasta 440 V c.a., 50 Hz) la máxima corriente de fuga a través del aislamiento será de 1 mA.

En los cascos de protección debe ir indicada la tensión de utilización, en voltios.



Figura 12. Casco para electricistas

15.7. HERRAMIENTAS.

Las herramientas manuales utilizadas para realizar trabajos en instalaciones de baja tensión, deberán estar protegidas por un aislamiento de seguridad. Estas herramientas deben llevar indicada, en su cubierta protectora, la tensión de utilización correspondiente (por ejemplo 1.000 V), y la marca CE.

Los aislantes de las herramientas se seleccionarán y dispondrán de tal manera, que la corriente de fuga medida a través de la cubierta protectora, en condiciones de prueba en la que se utilicen tensiones similares a las que puedan darse "In situ", se la más baja posible y siempre inferior a 1 mA., para la tensión de 1.000 voltios corriente alterna, (EN 60900).

Herramientas aislantes: cuyo cuerpo está construido por material aislante en toda su masa excepto en la cabeza de trabajo que puede ser de material conductor (*Figura 13*).

Herramientas aisladas: que son herramientas totalmente aislantes o aisladas para trabajos en tensión y así evitar el contacto y el cortocircuito con la herramienta (*Figura 14*).



Figura 13. Herramienta aislante.



Figura 14. Herramienta totalmente aislada.



Escaleras aislantes

Cumplen con la norma UEN-EN 61478. Los montantes son de fibra de vidrio y los peldaños. El aislamiento entre peldaños es de 30.000 V.



16. Vigilancia, mantenimiento y verificación

16.1. VIGILANCIA.

Las instalaciones eléctricas de obra deben ser supervisadas frecuentemente con el objeto de investigar y subsanar las causas de las anomalías observadas por el personal. Con este objeto una persona competente, cuyo nombre ha de ser puesto en conocimiento del personal, debe estar encargada de la supervisión.

Esta persona deberá velar, además:

- Por las medidas de seguridad necesarias para que los trabajadores estén protegidos contra el riesgo eléctrico que presentan las máquinas y equipos.
- Por la correcta conexión y buen estado de la conservación de los conductores de protección.
- Por el buen estado de los conductores flexibles de los equipos móviles y de sus elementos de conexión.
- Por el correcto funcionamiento de los disyuntores, diferenciales, y porque nadie los modifique indebidamente o los puentee.

16.2. MANTENIMIENTO.

Para poder conservarlas conforme a las prescripciones de seguridad, las instalaciones eléctricas de obra deben ser objetos de cuidadosas medidas de mantenimiento. Estos trabajos han de ser realizados por personal cualificado (electricistas) que pueden pertenecer a la plantilla de la empresa que realiza la obra o una empresa instaladora contratada a tal efecto.

16.2.1. Electricistas.

Los electricistas serán los profesionales encargados de reparar o modificar una instalación eléctrica de obra.

Los trabajos eléctricos deberán realizarse preferentemente sin tensión, utilizando los equipos y herramientas adecuadas, como:

- Casco aislante y gafas inactivas.
- Escaleras aislantes de maderas o fibras artificiales aislantes.



Figura 1. Medios de protección personal para trabajos eléctricos.

- Herramientas y alfombrillas aislantes (Figura 1).
- Guantes aislantes resistentes al cortocircuito.
- Calzado antiestático tipo S2 o P2.
- Comprobadores de tensión y medidas adecuados y protegidos frente a errores en su manipulación (Figura 2).
- Ropa adecuada frente al valor del arco eléctrico accidental.
- Material de señalización y enclavamiento.
- Equipo para trepar a postes de hormigón, con cinturones de seguridad y trepadores, cuando sea necesario.



Figura 2. El bloqueo de las bornas impide la conexión errónea.

16.3. VERIFICACIÓN.

Una vez terminada y antes de su puesta en marcha, toda instalación debe ser verificada conforme a las prescripciones que se facilitan en el presente capítulo, con el objeto de asegurar, en la medida de lo posible, sus condiciones de seguridad.

La verificación deberá ser realizada por un técnico cualificado en esta materia que posea suficientes conocimientos y experiencia. El objeto esencial de la verificación debe ser asegurar que la instalación no comporta riesgos de choque eléctrico, incendio y otros riesgos (Figura 3).

La persona o personas que hayan de realizar la verificación deben disponer de toda la información relativa a la instalación (esquemas, planos de circuitos y cuatros, etc) de forma que puedan efectuar los ensayos y pruebas en condiciones seguras y apropiadas.

Realizada la verificación, la persona autorizada debe emitir un certificado. Todo defecto fallo u omisión descubierto en la verificación deber ser subsanado antes de la emisión del certificado o, en su caso contrario, quedar claramente especificado en él.



Figura 3. La verificación de la instalación debe ser realizada por un técnico adecuado.

16.3.1. Condiciones de la verificación.

La verificación se compone de controles visuales y ensayos o pruebas:

a) Controles visuales.

El control visual tiene por objeto verificar que la instalación y el material eléctrico empleado responden a las normas, que han sido correctamente elegidos e instalados y que no presentan ningún tipo de deterioro visible que pudiera afectar a la seguridad.

En general el control visual comprende al menos las verificaciones siguientes:

- Medidas de protección contra el contacto directo:

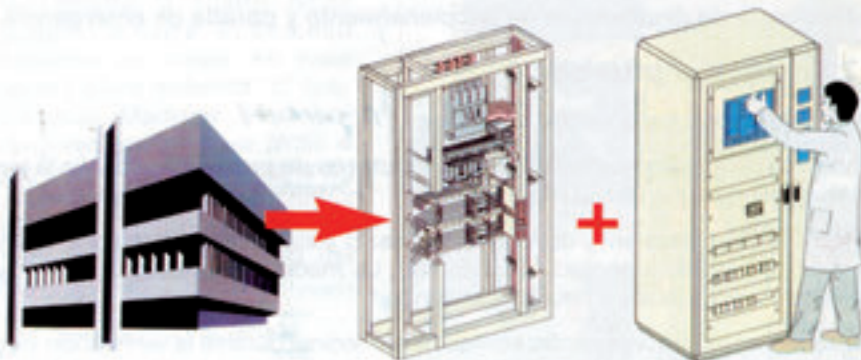
- Mediante pantallas y obstáculos, por ejemplo: tapas cubrebornas, caja de conexión de los motores, etc.
- Buen estado del aislamiento, por ejemplo: estado de los cables flexibles, naturaleza de los cables en función de las condiciones de empleo.
- Comprobación del índice de protección del material instalado, en función de las condiciones de trabajo (Grados IP-IK).

- Medidas de protección contra el contacto eléctrico indirecto:

- Conexión correcta del conductor de protección a la toma de tierra.
- Fácil identificación del conductor de protección, que ha de ser verde-amarillo.
- Señalización del conductor neutro, que debe ser de color azul.

- Características y regulación de los dispositivos de protección contra las sobrecargas y cortocircuitos:

- La regulación de la protección contra sobrecargas se realiza en función de la corriente admisible en el cable. Hay que verificar que el aparato dispone de un poder de corte compatible con la corriente de cortocircuito calculada para la instalación.



FABRICANTE: 7 ENSAYOS TIPO

INSTALADOR: 3 ENSAYOS

El profesional o empresa que instala un cuadro eléctrico mediante un Sistema Funcional, ensayado por el fabricante y según las instrucciones de montaje de éste, cumple, de serie, con los siete ensayos tipo, con el ahorro de tiempo y dinero que ello supone. También tiene la garantía absoluta de funcionamiento, en términos de seguridad y conformidad con las normas. Sólo le falta realizar los tres ensayos que le competen, antes de la puesta en funcionamiento, para poder autodeclarar que su cuadro es seguro (CE) y de calidad (UNE-EN 60439-1).

ENSAYOS A REALIZAR POR EL INSTALADOR

Ensayo 2-1, de inspección del

Conjunto (cuadro montado), que comprende el examen de los cables, número, naturaleza y calibre de la aparamenta, cableado, sección, par de apriete, enclavamientos, señalizaciones, placa de características, conformidad con el proyecto del cuadro, etc. Y, en caso necesario, un ensayo de funcionamiento eléctrico de acuerdo a las funciones requeridas en el proyecto.

Ensayo 2-2, de verificación de las medidas de protección y de la continuidad eléctrica del circuito de protección. (Prueba de diferenciales).

Ensayo 2-3, de verificación de la resistencia de aislamiento ($R_a \leq 1 \text{ M}\Omega$. Tensión de ensayo $U_e = 1.000 \text{ V}$ corriente continua).

Mejora: (UNE - EN 61439).

- Presencia de dispositivos de seccionamiento y parada de emergencia.

Verificaciones y pruebas necesarias para certificar un cuadro eléctrico instalado mediante un sistema funcional.

b) Ensayos o pruebas.

Deben efectuarse los ensayos siguientes (*Figura 4*).

- **Medida de la continuidad de los conductores de protección:** desde la toma de corriente hasta la pica o toma de tierra.

- **Medida de aislamiento de la instalación:** El aislamiento con relación a la tierra debe ser metido en cada verificación. La medición se efectúa entre cada conductor activo (fases y neutro) y la tierra.

El aislamiento entre conductores activos debe medirse durante la verificación inicial, tomando estos conductores dos a dos y con todos los aparatos desconectados.

La verificación de aislamiento, se efectúa mediante un aparato capaz de suministrar tensiones de 1.000 voltios (RE-BT). Cada circuito, sin los aparatos de utilización, presentará una resistencia de aislamiento al menos igual a 0.5 Megohmios (UNE). Cada aparato de utilización presentará una resistencia de aislamiento igual al menos al valor prescrito por la norma, de 0.5 Megohmios.

- **Medida de resistencia a tier a:** Para la medición de la resistencia de puesta a tierra se utilizará el Telurómetro, que no es más que un puente de Wheastone con un galvanómetro y un vibrado alimentado en continua mediante una pila, que genera tensión alterna de 100-108 Hz. Para efectuar la medición se necesita clavar dos picas o sondas (de intensidad y de tensión) separadas cada una de la puesta a tierra a medir unos 20 metros.

- En el telurómetro conectamos tres cables: el que está unido a la puesta a tierra que queremos medir, el que está conectado a la sonda de intensidad y es que está conectado a la sonda de tensión.
- Para efectuar la medición, cerramos el puente oprimiendo un pulsador y con un cursor modificamos el valor de la resistencia variable interna del instrumento de medida, hasta que la aguja del galvanómetro esté centrada marcado "0", co lo que el puente está equilibrado y podemos leer la resistencia buscada de la forma directa sobre el aparato. Actualmente diversas marcas comercializan instrumentos de medición con los que se puede efectuar mediciones de puesta a tierra, resistencia a la red, bucle, etc. (*Figura 5.1*).
- El principio de funcionamiento de estos aparatos es siempre idéntico: comparación de la tensión aplicada a la tierra a medir, con una tensión conocida siguiendo el esquema de la *figura 13.6* en la que C y P representan las tomas de tierra auxiliares y R_t la resistencia de la toma de tierra a medir: $r_t = U/I$.
- Con el puente de medida en equilibrio: $R_t \cdot I = r \cdot I \cdot n$; $R_t = n \cdot r$.
- Después de realizada la medida de la toma de tierra, debe comprbarse que la relación siguiente es satisfactoria: $I \cdot R_t \geq 24 \text{ V o } 50 \text{ V}$.

I = Intensidad nominal de defecto del dispositivo diferencial.

R_t = Resistencia de la toma de tierra medida.

- Medición de la resistividad de un terreno: Mediante un telurómetro y cuatro picas puestas a tierra. El proceso consiste en clavar en línea recta y a una distancia "c" cuatro picas. Mediante unos conductores se unen las picas a los cuatro bornes (*Figura 6*) del telurómetro y se efectúa la medición equilibrando el galvanómetro, la resistividad del terreno será

$$\rho = 2 \cdot R \cdot e, \text{ donde}$$

R es la resistencia medida en el telurómetro, ()

e= distancia entre picas (m)



- Medición de la puesta a tierra de las máquinas: consiste en cuantificar el valor de la puesta a tierra de las masas de las máquinas. Igual que

en el caso anterior, utilizamos dos picas de referencia, pero en esta ocasión en vez de conectar a puesta a tierra al telurómetro, lo que se hace es utilizar un cable de mayor longitud y tocar con él las carcasas de las máquinas. De esta forma mediremos el valor de la puesta a tierra de cada máquina, podremos determinar el grado de seguridad y sabremos la intensidad de disparo del sistema de protección junto con el valor Óhmico de la puesta a tierra. Si obtenemos un valor de resistencia a tierra de la carcasa de 500 y el sistema de disparo actúa a 300mA, la tensión de defecto sería de $V_d = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ V}$ (tensión peligrosa).

- Verificar si en el enchufe o toma de corriente está conectado el conductor de protección (PE): Para éste caso mediremos la tensión con un voltímetro entre una fase y el borne de tierra, si la tensión es muy baja o nula, una de dos: o la tierra es muy mala o al enchufe no se le ha distribuido el conductor de protección.

Se dispone de aparatos adecuados que controlan si el conductor de protección está correctamente conexionado (*Figura 7*).

- Prueba de la corriente de actuación de diferencial: La comprobación de la intensidad de disparo de un diferencial se puede realizar con un miliamperímetro (0-2.000 mA) y con una resistencia variable de 100 a 100.000 conectadas ambos en serie y entre una fase y el conductor de protección.

La corriente valdrá

La corriente señalada en el miliamperímetro indicará la intensidad de actuación del diferencial (*Figura 8*).

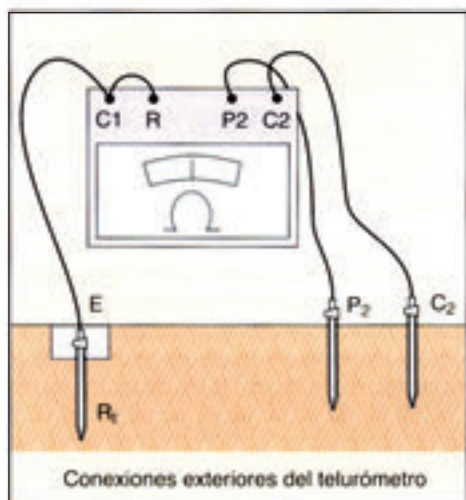
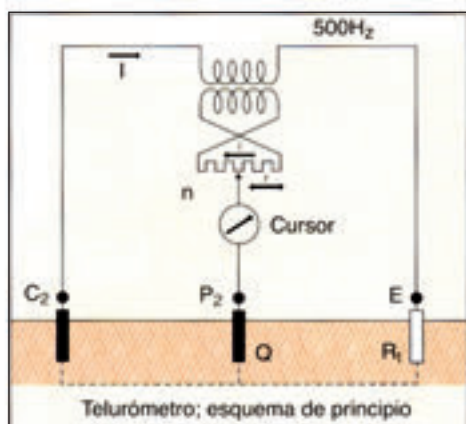


Figura 5. Telurómetro.

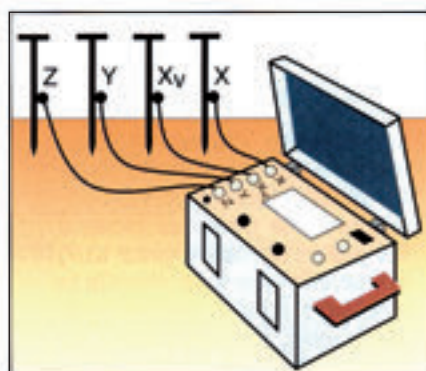


Figura 6. Medida de la resistividad.

Prueba de la intensidad y tensión de defecto: En este caso la carcasa del motor se conecta a la red a través de una resistencia variable de unos 100.000 . Esta conexión se efectúa a la salida del interruptor FI en una fase sin derivación a tierra, intercalando un miliamperímetro (de escala 0-2.000 mA) para la medida de la intensidad de fuga (Figura 9).

Mediante un voltímetro (de R_j aprox. 3.000) se lee la tensión de defecto entre la carcasa y una sonda a tierra auxiliar. La sonda debe situarse por lo menos a 10 metros tanto del motor, como de la tierra auxiliar del interruptor FI.

Inicialmente, la resistencia variable de 40.000 se gradúa de manera que la tensión en la carcasa sea con seguridad inferior a 50 V ó 34 V según el R.E.B.T.

A continuación se va reduciendo la resistencia hasta que se desconecta el interruptor FI, que lo hará, si todo es correcto, cuando la tensión entre la carcasa y sonda de prueba sea inferior a la de seguridad. Entonces el amperímetro indica la intensidad de disparo del interruptor FI.

Queremos hacer hincapié en que el disparo del interruptor mediante el pulsador de prueba no indica que el dispositivo dé una protección adecuada, pues no podemos saber si el conductor de protección está unido a tierra, si la resistencia de tierra es adecuada o si la máquina o línea que protege está puesta a tierra.

Para la verificación de la tensión de defecto en el aparato o receptor eléctrico, el voltímetro nos señalará ante del disparo del diferencial, la tensión de defecto o contacto alcanzado.



Figura 7. Comprobador de instalaciones.

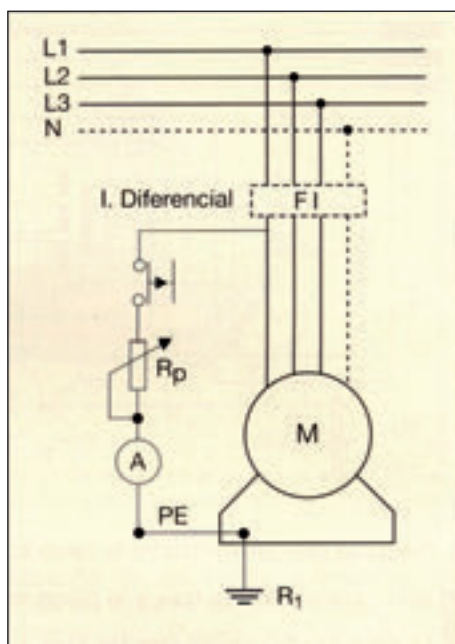


Figura 8. Prueba de la corriente de actuación del diferencial. Esquema de principio del método.

- **Verificación del tiempo de disparo de un interruptor diferencial:** Existen instrumentos que indican si el diferencial ha disparado para un tiempo por debajo de los 200 milisegundos.

También se dispone actualmente de instrumentos de medida que indican en milisegundos el tiempo que tardan en abrir el circuito. La UNE-20-383-75 indica que el tiempo de disparo $t \leq 200\text{ms}$ o, 0,2 segundos (Figura 10).

- **Detección de fugas de corriente a tierra (intensidades de defecto):** Cuando una máquina está derivada a tierra presenta una corriente denominada de fuga o tierra. Si la instalación del taller dispone de un solo diferencial, hasta que no detectemos o eliminemos la fuga, no podremos reponer el suministro, de ahí la importancia de sectorizar las líneas a través de la inserción de diferenciales, atendiendo a criterios de selectividad.

Para detectar la fuga utilizaremos una pinza detectora de fugas. Para su utilización bastará con abrir la pinza e introducir el conductor de protección entre sus maxilares; de existir una fuga, la pinza la detectará. Estas pinzas las encontramos en el mercado con escalas de 0-100 mA – 600 mA, con representación analógica o digital.

- **Medida de resistencia del suelo o paredes:** Esta medida de valor, importante en los accidentes eléctricos, se podrá realizar de la siguiente manera: se recubre el suelo con una tela húmeda cuadrada de unos 22 cms de lado, sobre ella se coloca una placa metálica de 250 mm de lado y se carga con un peso de 75 kgs, equivalente a una persona (Figura 11).

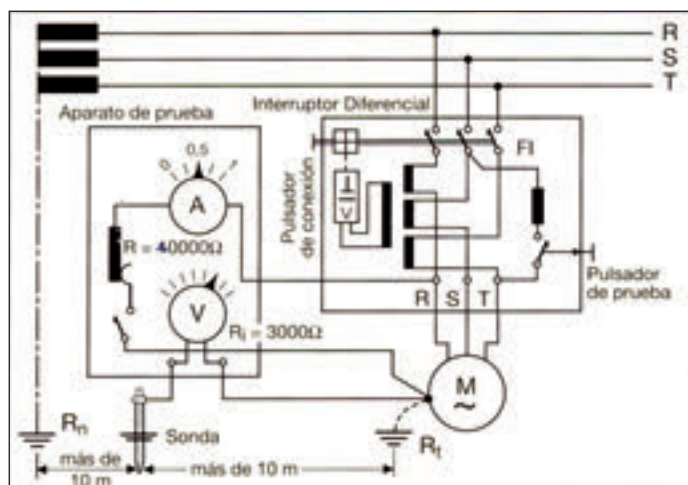


Figura 9. Prueba de la intensidad y tensión de defecto



Se mide con un voltímetro la tensión entre:

- Un conductor de fase y la placa metálica (U_2).
- Este mismo conductor de fase y toma de tierra eléctricamente distinta "T", de resistencia despreciable con relación R_j (U_1).

La resistencia buscada viene dada por la fórmula $R_s = R_i$

Si la resistencia es superior a 50.000 se puede calificar el suelo como no conductor.

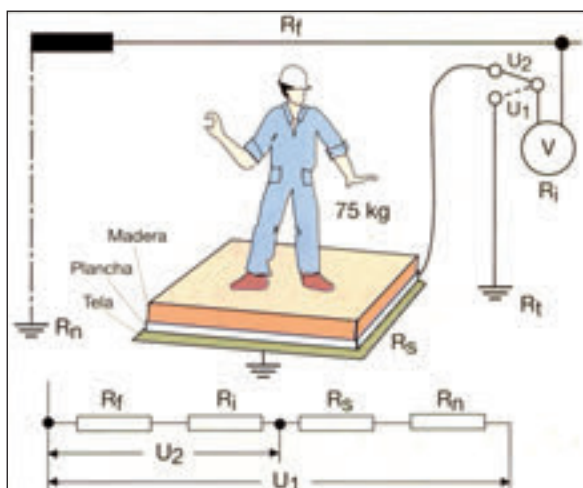


Figura 10. Equipo para la verificación de la intensidad de disparo de un interruptor diferencial. Indica además, la tensión, la intensidad de cortocircuito, valor de la resistencia de tierra, tiempo empleado en el disparo del diferencial y la tensión de defecto.

-Otras mediciones: Existen aparatos multifunción que facilitan diversas mediciones, como la resistencia de bucle ($R_n + R_t$), resistencia de continuidad del conductor de protección, intensidad del cortocircuito de la red monofásica hasta 10 KA, etc.

-Temperatura de fusibles, interruptores, etc.: Un diferencial o un interruptor automático caliente indicará que está infradimensionado para un consumo determinado. Esta comprobación, que no presenta riesgo de contacto directo, la podemos efectuar a distancia con un detector de temperatura por infrarrojos, que nos medirá la temperatura del punto caliente. Estos pirómetros a base de infrarrojos tienen un rango de medida entre 50°C y 2.500°C . alimentados por las pilas y pueden

Figura 11. Medida de la resistencia del suelo o paredes. Si la resistencia es superior a 50.000 se puede calificar el suelo como no conductor.



medir a una distancia de un metro, superficies de 5 cm de diámetro; con este sistema de medida, se pueden detectar sobrecargas, consumos heterógenos por fases y puntos calientes, etc. (Figura 12).

16.4. CONCLUSIONES.

El control de los riesgos eléctricos en una instalación dependerá básicamente de:

- Una instalación diseñada y proyectada de acuerdo a las normas.
- Un mantenimiento efectivo que comprenderá verificaciones y revisiones periódicas de los dispositivos de seguridad.
- Del conocimiento de los riesgos específicos del tipo de instalación.
- De la observancia de las medidas de seguridad generales y específicas por parte de los trabajadores.
- De la utilización de equipo y herramientas adecuadas al trabajo que se vaya a efectuar.
- De la verificación periódica de cuadros e instalaciones.
- De la comprobación de las ampliaciones o modificaciones, que deberán cumplir las Normas y Reglamentos.



Figura 12 . Detector de temperatura por infrarrojos.

17. Primeros auxilios

17.1. CARACTERÍSTICAS.

La rápida actuación ante un accidente puede salvar la vida de una persona o evitar el empeoramiento de las posibles lesiones que padezca: así pues, ha de ser objetivo prioritario de la empresa organizar los primeros auxilios con los medios suficientes tanto humanos como materiales.

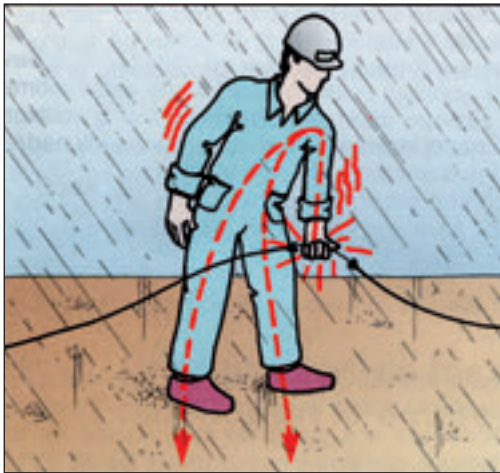


Figura 1. Contacto eléctrico directo

Contactos eléctricos directos.

Por contacto directo se entiende la puesta en contacto de una parte del cuerpo del trabajador o usuario y una pieza o elemento conductor habitualmente bajo tensión eléctrica (parte activa), bien porque esta parte activa es accesible o por posibles fallos de aislamiento (Figura 1).

Contactos eléctricos indirectos.

Se entiende por contacto indirecto el contacto entre una parte del cuerpo de un trabajador y las masas puestas accidentalmente bajo tensión como consecuencia del aislamiento.

17.1.1. Organización.

- Designación del personal encargado de los primeros auxilios.
- Disponer de las relaciones que sean necesarias, con servicios externos para garantizar la rapidez y eficacia de las actuaciones.
- Formación adecuada del personal, disposición del material adecuado y número suficiente de personas, todo ello en función de los riesgos de cada empresa.

17.1.2. Actuaciones.

En caso de accidente por contacto eléctrico lo primero será desconectar la tensión.

Si resultara imposible desconectar la tensión o se tardara demasiado, por encontrarse lejos del interruptor, trate de desenganchar a la persona electrizada mediante cualquier elemento no conductor (tabla, listón, cuerda, silla de madera, cinturón de cuero, palo o rama seca, etc.) con el que, a distancia, hacer presa en el cable o en el accidentado, o asíéndole de la ropa estando el socorredor protegido.



17.2. REANIMACIÓN.

Después de un accidente eléctrico, es frecuente que se presente un estado de muerte aparente que puede ser debido a un simple shock, a un paro respiratorio o a un paro circulatorio o a quemaduras.

Cada uno de estos casos requiere una conducta diferente:



Figura 2. Posición de seguridad (decúbito general)

17.2.1. Shock eléctrico.

Cuando se trata de un simple shock puede haber una pérdida transitoria de conocimiento, pero no hay paro respiratorio. Los latidos cardiacos y el pulso son perceptibles y la pupila presenta un tamaño normal.

En este caso es suficiente poner al accidentado acostado sobre un lado, en posición de seguridad (decúbito lateral) (Figura 2).

Es muy importante también vigilar su respiración y el estado de la circulación sanguínea, mientras se espera la llegada de atención médica.



Figura 3. El pulso debe tomarse con dos dedos; el índice y el corazón. Con el índice se presiona la arteria contra el hueso y, con el corazón, se percibe el pulso.

17.2.2. Paro respiratorio.

En este caso, además de la pérdida de consciencia se presentan claros síntomas de paro respiratorio, acompañado o no de cianosis. Por el contrario, el pulso es perceptible y la pupila conserva su tamaño normal.

Es importante emprender inmediatamente la asistencia respiratoria, de preferencia mediante un método bucal directo, que tiene numerosas ventajas sobre los restantes sistemas, como por ejemplo:

- Su sencillez técnica, que hace posible su aplicación en situaciones difíciles (incluso en lo alto de un poste eléctrico).

- Mayor eficacia.
- Mejor control de esta eficacia.

17.2.3. **Paro circulatorio.**

En este caso, a las inconsciencia y a los síntomas de paro respiratorio se asocian tres signos definitorios.

- La palidez.
- La ausencia de pulso carotídeo. En situaciones de emergencia debe tomarse siempre el pulso central (pulso carotídeo) ya que este no desaparece en condiciones de baja tensión sanguínea. La ausencia de pulso (central o carotídeo) significa que se ha producido una parada cardíaca. Debe tomarse el pulso, al menos, durante 5 segundos para asegurar su presencia (*Figura 3*)
- En caso de duda aplicar el masaje externo.

Ante esta situación es importante aplicar asistencia circulatoria, además de la respiratoria, utilizando la técnica del masaje cardíaco externo, que permite mantener una circulación supletoria suficiente, hasta la llegada de asistencia médica (*Figura 4*)

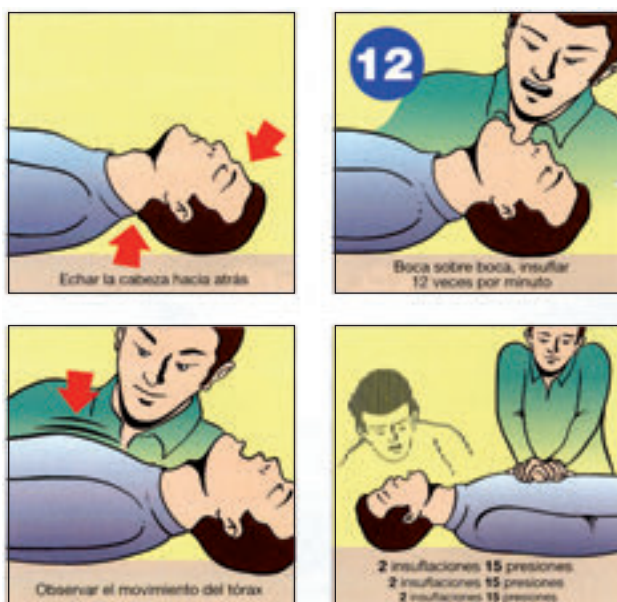


Figura 4. Reanimación

17.2.4. **Quemaduras.**

Si se han producido quemaduras, existen dos complicaciones que amenazan al accidentado: el shock y la infección.

En las quemaduras de primer o segundo grado, es suficiente cubrir la parte afectada con una compresa estéril. Si no existe ya riesgo de contacto eléctrico, es conveniente sumergir la parte quemada en agua fría o aplicar compresas empapadas en agua fría. No se debe poner nunca la parte quemada a un chorro de agua.



Figura 5. Mantas Apagafuegos.

En las quemaduras de tercer grado, debido a la destrucción de la piel, el organismo pierde grandes cantidades de líquido. Si la superficie afectada es mayor del 15-20 % de la superficie cutánea total, la pérdida de líquido puede producir un shock y, en general, si se sobrepasa del 50 % las quemaduras se pueden considerar mortales.

En el caso más frecuente en el ámbito que nos ocupa, se producen quemaduras debidas al efecto del arco eléctrico. En estos casos la ropa del accidentado suele arder, por lo que se deberá apagar las llamas sofocándolas con una manta. No se deberá consentir que el accidentado corra, ya que esto avivaría las llamas. Se procurará echarle al suelo y hacerle rodar, mientras se le palmorean las ropas con las manos protegidas debidamente (Figura 5).

No se debe desvestir al quemado ya que la ropas pueden haberse adherido a la piel y se corre el riesgo de arrancarla. Si las ropas son de tejido sintético siguen ardiendo, debe apagarse con un medio adecuado, después de haber retirado al accidentado de la zona de peligro y de asegurarnos de que no existe riesgo de contacto eléctrico.

17.3. TRANSPORTE DEL ACCIDENTADO.

En todos los casos en los que se haya observado un estado de muerte aparente, aunque sea de corta duración, es necesario hospitalizar al accidentado al objeto de que sea sometido a un determinado tipo de exámenes médicos.

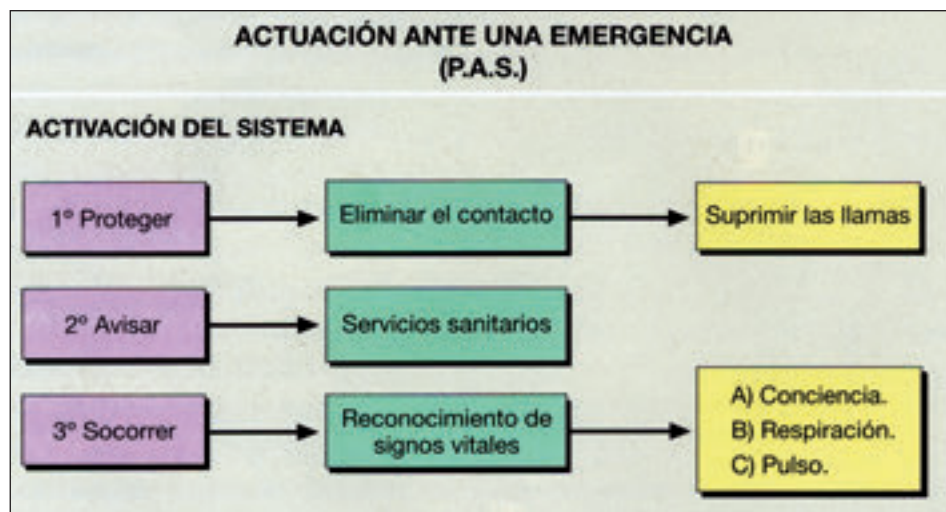
En todos los casos en los que el accidentado haya sufrido quemaduras, exceptuando las insignificantes, debe ser enviado a un centro asistencial especializado en el tratamiento de quemados, si es posible. Esto implica, como es lógico, que el socorrista sepa apreciar la importancia de una quemadura.

El transporte del electrocutado hacia un servicio hospitalario deberá ser rápido y efectuado en buenas condiciones. La solución más simple consiste en hacer llamar a un servicio especializado en el transporte de accidentados, que ofrecen la ventaja de poder proseguir la reanimación durante el viaje, de aplicar medios de reanimación más elaborados y de efectuar una desfibrilación después del control electrocardiográfico. Además, para los casos en que el accidentado sufra quemaduras, el equipo médico que realiza el transporte podrá, eventualmente, poner en práctica una rehidratación y alcalinización si el trayecto es largo (Figura 6).



Figura 6. Desfibrilación en el lugar del accidente. Es importante conocer el funcionamiento del desfibrilador en caso de accidente eléctrico.

17.4. CONCLUSIÓN.



La respiración se comprueba utilizando la vista, el oído y el tacto del socorrista.

Si respira y no hay riesgo de otras lesiones, póngalo en posición lateral de seguridad.

Si no respira, retire los cuerpos extraños de la boca. Abra la vía aérea (hiperextensión del cuello). Si es necesario, empiece el boca-boca.

El pulso se toma en el cuello (arterias carótidas) y después de hacer iniciado el boca-boca.

Si hay pulso: siga con el boca-boca.

Si no hay pulso: inicie un masaje cardíaco y en caso de duda aplíquese.

17.5. GRADOS DE LAS QUEMADURAS.

Según su profundidad las quemaduras pueden clasificarse: en las de primer grado la piel está caliente y posiblemente roja y tumefacta. En la de segundo grado aparecen ampollas. Finalmente, en las quemaduras de tercer grado existe necrosis de la piel, de extensión variable.

En las quemaduras de 2º grado, la lesión es dolorosa y se dice que “llora” por la pérdida de líquidos del tejido y por la aparición de ampollas. En la de 3º grado, no hay dolor debido a la destrucción de las terminaciones nerviosas. Dejan cicatrices permanentes después de curarse.

La profundidad de la quemadura siempre depende de dos factores: **de la intensidad del calor y del tiempo de exposición** (cuanto más intenso sea el calor y mayor el tiempo de exposición más profunda será la quemadura). (Figura 7).

La valoración de la gravedad de una quemadura se basará en la extensión de la superficie corporal quemada y el grado de profundidad de la misma.

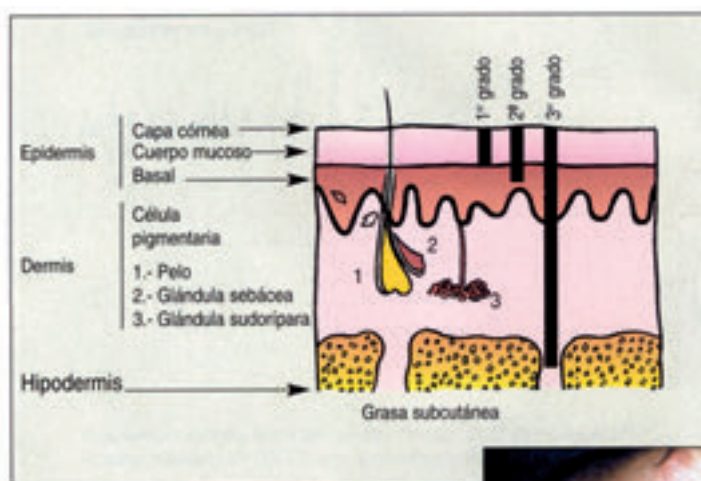


Figura 7. Grados de quemaduras.



Lesiones por quemaduras.

18. Anexos

18.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS.

Para la preceptiva evaluación de riesgos, recogida en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, se puede seguir el modelo, especificado en la Instrucción Técnica Complementaria (ITC-BT-05) recogida con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en el R.D. 842/2002, de 2 de agosto.

18.1.1. Defectos y su clasificación.

Al realizar la inspección de las instalaciones eléctricas de baja tensión, se considerará como defecto de las mismas, todo aquello que, por una u otra circunstancia, no cumple los preceptos del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión o es una desviación de los límites y condiciones que para cada caso se fijan en las instrucciones MI BT que específicamente le correspondan.

A efectos de calificar una instalación eléctrica como resultado de la inspección realizada, los defectos se clasifican en: muy grave, grave y leve.

- Defecto muy grave.

Es todo aquél que la razón o la experiencia determina que constituye un peligro inmediato para la seguridad de las personas o los bienes.

Se consideran tales los incumplimientos de las medidas de seguridad que pueden provocar el desencadenamiento de los peligros que se pretender evitar con tales medidas, en relación con:

- Contactos directos, en cualquier tipo de instalación.
- Locales pública concurrencia.
- Locales con riesgo de incendio o explosión.
- Locales de características especiales.
- Instalaciones con fines especiales.
- Quirófanos y salas de intervención.

- Defecto grave.

Es el que no supone un peligro inmediato para la seguridad de las personas o de los bienes, pero puede serlo al originarse un fallo en la instalación. También se incluye dentro de esta clasificación, el defecto que pueda reducir de modo sustancial la capacidad de utilización de la instalación eléctrica.

Dentro de este grupo y con carácter no exhaustivo, se consideran los siguientes defectos graves:

- Falta de conexiones equipotenciales, cuando éstas fueran requeridas.
- Inexistencia de medidas adecuadas de seguridad contra contactos indirectos.
- Falta de aislamiento de la instalación.
- Falta de protección adecuada contra cortocircuitos y sobrecargas en los conductores, en función de la intensidad máxima admisible en los mismos, de acuerdo con sus características y condiciones de instalación.
- Falta de continuidad de los conductores de protección.
- Valores elevados de resistencia de tierra en relación con las medidas de seguridad adoptadas.
- Defectos en la conexión de los conductores de protección a las masas, cuando estas conexiones sean perceptivas.
- Sección insuficiente de los conductores de protección.
- Existencia de partes o puntos de la instalación cuya defectuosa ejecución pudiera ser origen de averías o daños.
- Naturaleza o características no adecuadas de los conductores utilizados.
- Falta de sección de los conductores, en relación con las caídas de tensión admisibles para las cargas previstas.
- Falta de identificación de los conductores “neutro” y de “protección”.
- Ejemplo de materiales, aparatos o receptores que no se ajusten a las especificaciones vigentes.
- Ampliaciones o modificaciones de una instalación que no se hubieran tramitado según lo establecido en la ITC-BT 04.
- Carencia del número de circuitos mínimos estipulados.
- La sucesiva reiteración o acumulación de defectos leves.

- Defecto leve.

Es todo aquel que no supone peligro para las personas o los bienes, no perturba el funcionamiento de la instalación y en el que la desviación respecto de lo reglamentado no tiene valor significativo para el uso efectivo o el funcionamiento de la instalación.

18.1.2. Clasificación de las Instalaciones.

Los Organismos de Control realizarán la inspección de las instalaciones sobre la base de las prescripciones que establezca el Reglamento de aplicación y, en su caso, de lo especificado en la documentación técnica, aplicando los criterios para la clasificación de defectos que se relacionen en el apartado de lo siguiente. La empresa instaladora, si lo estima conveniente, podrá asistir a la realización de estas inspecciones.

Como resultado de la inspección, el Organismo de Control emitirá un Certificado de Inspección, en el que figurarán los datos de identificación de la instalación y la posible relación de defectos, con su clasificación, y la clasificación de la instalación.

Favorable: cuando no se determine la existencia de ningún defecto muy grave o grave. En este caso, los posibles defectos leves se anotarán para constancia del titular, con la indicación de que se deberá poner los medios para subsanarlos antes de la próxima inspección. Asimismo, podrán servir de base a efectos estadísticos y de control del buen hacer de las empresas instaladoras.

Condicionado: cuando se detecte la existencia de, al menos, un defecto grave o defecto leve procedente de otra inspección anterior que no se haya corregido. En este caso:

- a) Las instalaciones nueva que sean objeto de esta clasificación no podrán ser suministradas de energía eléctrica en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la clasificación de favorable.
- b) A las instalaciones ya en servicio se le fijará un plazo para proceder a su corrección, que no se podrá superar los 6 mese. Transcurrido dicho plazo sin haberse subsanado los defectos, el Organismo de Control deberá remitir el Certificado con la clasificación negativa del Órgano competente de la Comunidad Autónoma.

18.2. CONDICIONES NORMALES DE EMPLEO PARA APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (normas IEC 947-1, EN 60947-1).

Las condiciones normales de empleo indicadas en esta sección se aplican generalmente a los aparatos que funcionan dentro de los límites de tensión hasta 1.000 V en corriente alternada o 1.500 V en corriente continua, a no ser que las normas específicas para el producto establezcan condiciones diferentes.

Los valores y las definiciones indicadas aquí se han obtenido de la norma internacional IEC 947-1, equivalente a la norma europea EN 60947-1 “Reglas generales para aparatos eléctricos de baja tensión”.

Temperatura del ambiente.

Temperatura máxima: +40 °C con temperatura media en las 24 horas no superior a +35°C; límite inferior de temperatura: -5 °C

Altura.

Hasta 2.000 m

Humedad.

Humedad relativa no superior al 50 % con temperatura de +40° C; humedades relativas superiores se admiten a temperaturas inferiores, por ejemplo, 90 % a +20 °C.

Grado de polución del ambiente.

Para los aparatos eléctricos y electrónicos se consideran los siguientes grados de polución:



Grado 1: No hay polución o puede hacer polución seca no conductora.

Grado 2: Normalmente los aparatos pueden usarse en presencia de sustancias contaminantes no conductoras; accidentalmente se puede prever una conductividad temporal causada por la condensación.

Grado 3: Presencia de polución conductora o de polución seca no conductora, que se vuelve conductora a causa de la condensación.

Grado 4: La polución provoca conductividad persistente y elevada; dicha polución puede ser provocada, por ejemplo, por polvos conductores, lluvia o nieve.

El grado de polución normal es:

-  Para aplicaciones de tipo industrial: 3;
-  Para aparatos domésticos y similares: 2.

18.3. PRINCIPALES MARCAS MUNDIALES DE CERTIFICACIÓN DE MATERIAL ELÉCTRICO.

			
IMQ - ITALIA	VDE - ALEMANIA	GS - ALEMANIA	UTE - FRANCIA
			
BSI - GRAN BRETAÑA	BSI - GRAN BRETAÑA	BSI - GRAN BRETAÑA	IIRS - IRLANDA
			
AEE - ESPAÑA	UNE - ESPAÑA	CEBEC - BELGICA	KEMA - HOLANDA
			
OVE - AUSTRIA	SEV - SUIZA	NEMKO - NORUEGA	SEMKO - SUECIA
			
DEMKO - DINAMARCA	SETI - FINLANDIA	CSA - CANADA	UL - U.S.A.
			
AENOR - ESPAÑA	SAA - AUSTRALIA	JIS - JAPON	SIRIS - SINGAPUR

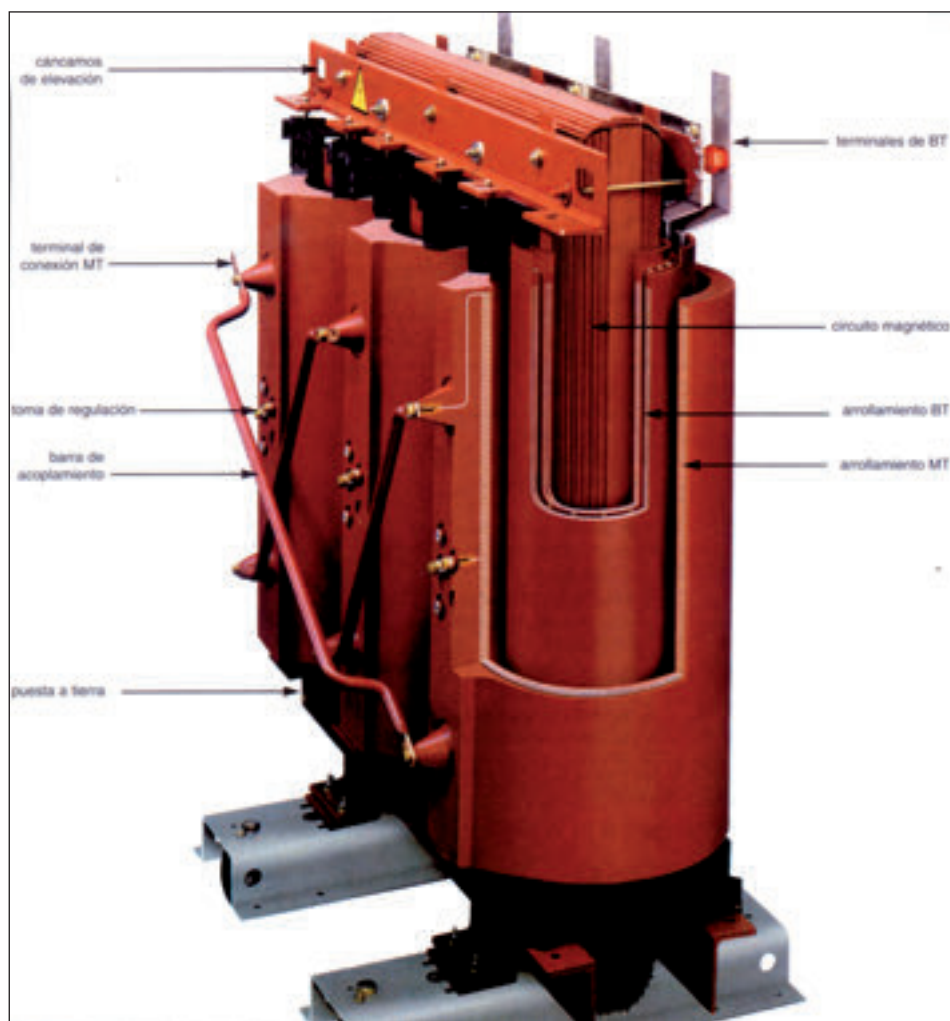
18.4. SELECCIÓN DE SÍMBOLOS (Norma UNE - EN 60617).

Naturaleza de la corriente				
Corriente alterna			Contactor	
Corriente continua			Ruptor	
Corriente rectificada			Disyuntor (Interruptor automático)	
Corriente alterna trifásica 50 Hz	3~50 Hz		Interruptor seccionador	
Tierra			Interruptor seccionador con apertura automática	
Masa			Fusible seccionador	
Tierra de protección			Interruptor diferencial	
Tierra sin ruido			Contactos	
Naturaleza de los conductores			Contactos inversores sin solapamiento (abert. antes del cierre)	
Conductor circuito auxiliar			Contactos inversores con solapamiento	
Conductor circuito principal			Contactos NA o NC	
Representación tripolar			Contactos NA o NC anticipados	
Representación unipolar			Contactos NA o NC retardados	
Conductor neutro (N)			Interruptor de posición	
Conductor de protección (PE)			Contactos NA o NC temporizados a la acción	
Aparatación			Contactos NA o NC temporizados a la desexcitación	
Fusible			Pulsador de apertura o de cierre	
Fusible percutor				
Interruptor				
Seccionador				

Órganos de comando		Órganos de medida	
Comando electromagnético Símbolo general		Relé de medida Símbolo general	
Comando electromagnético Contacto auxiliar		Relé de sobreintensidad Magnético	
Comando electromagnético Contactador principal		Relé de sobreintensidad Térmico	
Comando electromagnético Con 2 bobinas		Relé de máxima corriente	
Comando electromagnético Puesta al trabajo retardada		Relé de mínima tensión	
Comando electromagnético Puesta al reposo retardada		Relé de sobreintensidad diferencial	
Comando electromagnético Con enclavamiento mecánico		Máquinas eléctricas rotativas	
Bobina de electroválvula		Motor asincrónico trifásico con rotor en cortacircuito	
Señalización		Motor asincrónico monofásico	
Lampara de señalización		Motor asincrónico con dos bobinas stator separado (motor a dos velocidades)	
Dispositivo lumínico titilante		Motor asincrónico con seis bornes de salida (conexión estrella triángulo)	

18.5. TIPOS DE TRANSFORMADORES SEGÚN SU AISLAMIENTO.

Construcción	Ventajas	Inconvenientes
Aceite mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Fluido conocido • Precio menos elevado de todos. • Larga vida. • Dilatada experiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro de incendio. • Necesidad de instalación de sistemas contra incendios. • Construcción de foso de recogida de aceite.
Aceites de silicona	<ul style="list-style-type: none"> • Fluido no tóxico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es inflamable a temperatura superior a 300° C. • Coeficiente de dilatación elevado. • Viscosidad elevada. • Propiedades dieléctricas inferiores al aceite mineral. • Necesidad de evitar la penetración de humedad.
Seco impregnado	<ul style="list-style-type: none"> • No contamina. • Poca cantidad de elementos combustibles puestos en juego en un incendio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento al fuego variable según la tecnología constructiva. • Muy sensible a la contaminación y a la humedad. • Alto nivel de descargas parciales.
Seco encapsulado	<ul style="list-style-type: none"> • No contamina. • Resistencia a la humedad y a la contaminación muy buenas. • Difícilmente inflamable. • Autoextinguible. • No requiere mantenimiento. • Elevada resistencia a los cortocircuitos. • Capacidad de sobrecargas temporales superiores a los restantes tipos. • Buen comportamiento ante las ondas de choque. • Posibilidad de reparar <i>in situ</i>. • Economía de funcionamiento. 	



Transformador aislado - seco para AT / BT

18.6. REVISIÓN DE LAS INSTALACIONES.

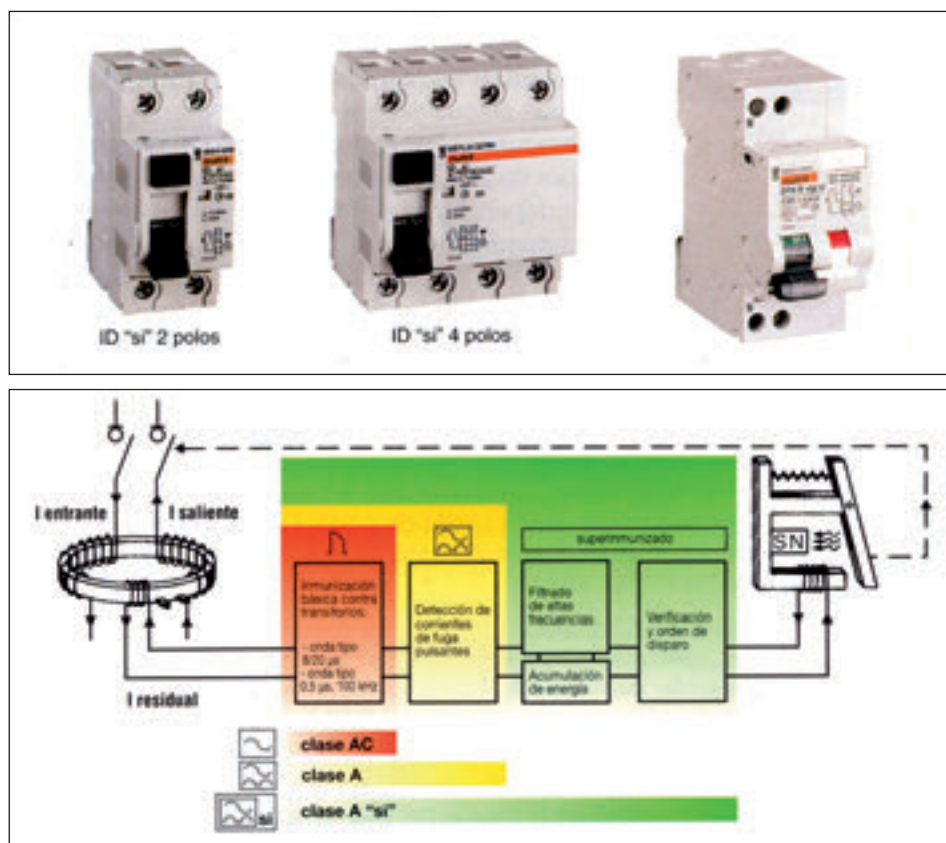
BAJA TENSIÓN	
Para las tomas a tierra	<p>Revisión, al menos anual, en la época en la que el terreno esté más seco, realizada por personal técnicamente competente.</p> <p>Se repararán con carácter urgente los defectos encontrados.</p> <p>(ITC-BT-18)</p>
<p>Para las instalaciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones industriales que precisen proyecto (según ITC-BT-04, punto 3) con una potencia instalada superior a 100 kW - Locales de Pública Concurrencia - Locales con riesgo de incendio o explosión, - Locales mojados con potencia instalada superior a 25 kW - Piscinas con potencia instalada superior a 10 kW - Quirófanos y salas de intervención - Instalaciones de alumbrado exterior con potencia instalada superior a 5 kW 	<p>Inspección inicial, una vez ejecutadas las instalaciones, sus ampliaciones o modificaciones de importancia y previamente a ser documentadas ante el órgano competente de la comunidad autónoma, e inspección periódica cada 5 años.</p> <p>Realizadas por un «Organismo de Control» autorizado, el cual emitirá un «Certificado de Inspección».</p> <p>(ITC-BT-05)</p>
<p>En lo referente a la periodicidad de las inspecciones y los agentes que intervienen, las instalaciones ya existentes antes de la entrada en vigor del RD 842/2002, de 2 de agosto (por el que se aprueba el actual REBT) quedan sometidas al mismo régimen, si bien los requisitos exigibles a dichas instalaciones serán los correspondientes a la reglamentación con la que se aprobaron.</p>	
ALTA TENSIÓN	
Para las tomas de tierra	Revisión cada 3 años (MIE -RAT 13)
En instalaciones eléctricas de más de 1.000 voltios en corriente alterna	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contrato de mantenimiento con empresa autorizada (salvo excepciones) (Art. 12 RD 3275/82) 2. Inspección periódica cada 3 años por un Organismo de Control Autorizado (Art. 13 RD 3275/82) 3. Libro de instrucciones de mantenimiento (MIE-RAT 14 y 15)
En centros de transformación constituidos por uno o más transformadores reductores de alta a baja tensión	
En líneas y otras instalaciones destinadas al transporte, distribución y suministro de energía eléctrica en AT	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión cada 3 años, realizada por técnicos titulados, libremente designados por el titular de la instalación, quienes rellenarán los boletines correspondientes (Art. 163 RD 1955/2000, de 1 de diciembre). 2. Inspecciones realizadas por la Comisión Nacional de la Energía, mediante procedimiento reglado, en colaboración con los servicios técnicos de la Administración General del Estado o de las Comunidades Autónomas donde se ubiquen, en aquellas instalaciones en que la autorización corresponda a la Administración General del Estado (Art. 164 RD 1955/2000).

18.7. ALUMBRADOS DE EMERGENCIA.



Situación del alumbrado de Emergencias.

18.8. PROTECCIÓN DIFERENCIAL ESPECIAL.



La **tecnología superinmunizada** parte del concepto de protección diferencial **clase A**, lo que permite detectar tanto defectos de corriente alterna como defectos de corriente rectificada pulsante con o sin componente continua. Además, estos dispositivos incorporan dos bloques electrónicos especiales que mejoran enormemente su comportamiento:

Filtro de altas frecuencias

Las corrientes de alta frecuencia, de varios kHz, son generadas y enviadas a tierra por algunos receptores como balastos electrónicos para iluminación, variadores de velocidad, etc. Si la cantidad de receptores de este tipo es importante, se pueden producir disparos intempestivos como el bloqueo del diferencial.

Circuito de acumulación de energía.

Este bloque garantiza la continuidad de servicio en caso de producirse sobrecargas transitorias por conexión o desconexión de circuitos en la red eléctrica o por descargas atmosféricas. Por ejemplo, un diferencial de 30 mA instantáneo clase AC resiste picos de hasta 250 A, y el mismo diferencial versión **superinmunizada** resiste picos de hasta 3000 A según onda de choque tipo 8/20 u.s. Este circuito permite también evitar el disparo intempestivo en serie de los diferenciales (disparo por "simpatía"), es decir, que el disparo de un diferencial no provoque el disparo simultáneo de los otros diferenciales situados en otras zonas de la instalación.

18.9. CARACTERÍSTICAS TERMICAS Y PESOS.

Temperatura de Fusión de diversos metales base y aleaciones.

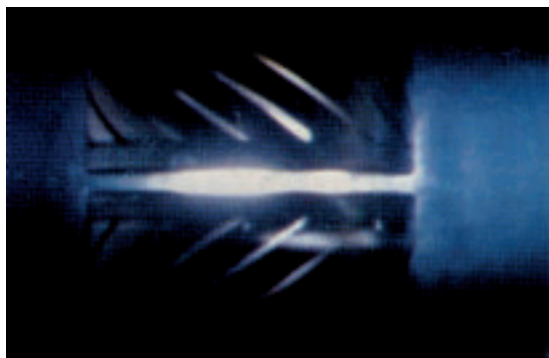
Metal/ Aleación	Símbolo Químico	* Centí- grados	Metal/ Aleación	Símbolo Químico	* Centí- grados
Acero	—	aprox. 1200*	Latón rojo	—	1150*
Aleaciones de Al	—	540* — 650*	Magnesio	Mg	650*
Aluminio	Al	680*	Manganeso	Mn	1245*
Antimonio	Sb	630*	Molibdeno	Mo	2620*
Berilio	Be	1285*	Niobio (columbio)	Nb ó Cb	2470*
Bismuto	Bi	271*	Níquel	Ni	1453*
Boro	B	2300*	Oro	Au	1063*
Bronce	—	aprox. 1000*	Paladio	Pd	1552*
Cadmio	Cd	321*	Plata	Ag	961*
Circonio	Zr	1700*	Plata alemana	—	900*
Cobalto	Co	1495*	Platino	Pt	1770*
Cobre	Cu	1083*	Plomo	Pb	327*
Cromo	Cr	1900*	Rodio	—	1960*
Estaño	Sn	232*	Selenio	Se	220*
Germanio	Ge	958*	Silicio	Si	1420*
Hierro colado	—	aprox. 1200*	Tantalio	Ta	2997*
Hierro puro	Fe	1538*	Titanio	Ti	1700*
Inoxidable 18/8	—	aprox. 1420*	Tungsteno (Wolframio)	W	3410*
Iridio	Ir	2454*	Vanadio	V	1730*
Latón	—	aprox. 900*	Zinc	Zn	419*
			Zirconio	Zr	1700*

Pesos Específicos.

<i>Metales</i>		Fundición gris	7,30
		Latón	7,30 a 8,40
<i>Sustancias diversas</i>			
Aluminio forjado	2,67	Alabastro y mármol	2,70
Aluminio fundido	2,56	Almidón y fécula	1,50
Antimonio	6,69	Antracita	1,40
Bismuto	9,8	Arena seca	1,64
Cadmio	8,6	Asfalto	1,06
Cobalto	8,8	Azúcar	1,606
Cobre	8,92	Azufre S	2,07
Cromo	6,9	Cal, CaO	3,15
Estaño	7,29	Celuloide	1,50
Glucinio o berilio	1,8	Cera	0,96
Hierro	7,84	Cloruro potásico, ClK	1,98
Iridio	22,4	Cloruro sódico, ClNa	2,10
Magnesio	1,74	Coque	1,4
Manganeso	7,39	Creta	1,35
Mercurio	13,55	Cristal	2,96
Metal de campanas	8,8	Cuarzo	2,65
Molibdeno	9	Cuerpo humano (media)	1,07
Níquel	8,70	Diamante	3,52
Oro	19,32	Goma	1,30
Paladio	11,25	Grasa, mantequilla	0,94
Plata	10,53	Granito	2,6 a 2,60
Platino	21,50	Hielo, a 0° C	0,918
Plomo	11,37	Hormigón	1,90 a 2,60
Potasio	0,86	Hulla	1,30
Rodio	12,10	Ladrillos	2,20
Rutenio	12,26	Márfil	1,83 a 1,92
Sodio	0,97	Mármol	2,80
Tungsteno	19,10	Mica	2,71 a 3,13
Uranio	18,70	Minio, Pb ₂ O ₄	9,07
Vanadio	5,60	Óxido de zinc	5,60
Zinc	7,15	Pizarra	2,90
<i>Aleaciones</i>		Porcelana	2,2 a 2,50
Acero	7,80	Sal amoníaco, ClNH ₄	1,52
Bronce	8,40 a 9,20	Serrín de madera	0,55
Bronce de aluminio	7,45	Tierra arcillosa	1,3 a 2
Ferroníquel	8,90	Vidrio	2,50
Fundición blanca	7,40	Yeso en polvo	2,27

18.10. REAL DECRETO 614/2001, DE 8 DE JUNIO, SOBRE DISPOSICIONES MÍNIMAS PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES FRENTE AL RIESGO ELÉCTRICO.

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz. Según el artículo 6 de la misma, serán las normas reglamentarias las que irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.



En el mismo sentido en el ámbito de la Unión Europea se han fijado, mediante las correspondientes Directivas, criterios de carácter general sobre las acciones en materia de seguridad y salud en el trabajo, así como criterios específicos referidos a medidas de protección contra accidentes y situaciones de riesgo.

El objetivo de esta norma es el de actualizar la normativa aplicable a los trabajos con riesgo eléctrico, a la vez que se procede a la derogación del capítulo VI de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada mediante Orden de 9 de marzo de 1971, sustituyéndolo por una regulación acorde con el nuevo marco legal de prevención de riesgos laborales, coherente con la normativa europea a que se ha hecho referencia y acorde con la realidad actual de las relaciones laborales.

En su virtud, de conformidad con el artículo 6 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales, a propuesta de los Ministros de Trabajo y Asuntos Sociales, de Sanidad y Consumo y de Ciencia y Tecnología, consultadas las organizaciones empresariales y sindicales, se dispone:

Artículo 1

Objeto, ámbito de aplicación y definiciones

1. El presente Real Decreto establece, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, las disposiciones mínimas de seguridad para la protección de los trabajadores frente al riesgo eléctrico en los lugares de trabajo.

2. Este Real Decreto se aplica a las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo y a la técnicas y procedimientos para trabajar en ellas, o en sus proximidades.
3. Las disposiciones del Real Decreto de 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, se aplicarán plenamente al conjunto del ámbito contemplado en los apartados anteriores, sin perjuicio de las disposiciones contenidas en el presente Real Decreto.
4. A efectos de este Real Decreto serán de aplicación las definiciones establecidas en el Anexo 1: Definiciones.

Artículo 2

Obligaciones del empresario

1. El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización o presencia e la energía eléctrica en los lugares de trabajo no deriven riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores o, si ello no fuera posible, para que tales riesgos se reduzcan al mínimo. La adopción de estas medidas deberá basarse en la evaluación de los Riesgos Laborales y la sección 1.^a del capítulo II del Reglamento de los Servicios de Prevención.
2. En cualquier caso, a efectos de prevenir el riesgo eléctrico:
 - a) Las características, forma de utilización y mantenimiento de las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo deberán cumplir lo establecido en el artículo 3 de este Real Decreto y, en particular, las disposiciones a que se hace referencia en el apartado 4 del mismo.
 - b) Las técnicas y procedimientos para trabajar en las instalaciones eléctricas, o en sus proximidades, deberán cumplir lo dispuesto en el artículo 4 de este Real Decreto.

Artículo 3

Instalaciones eléctricas

1. El tipo de instalación eléctrica de un lugar de trabajo y las características de sus componentes deberán adaptarse a las condiciones específicas del propio lugar, de la actividad desarrollada en él y de los equipos eléctricos (receptores) que vayan a utilizarse.
2. Para ello deberán tenerse particularmente en cuenta factores tales como las características conductoras del lugar de trabajo (posible referencia de superficies muy conductoras, agua o humedad), la presencia de atmósferas explosivas, materiales inflamables o ambientes corrosivos y cualquier otro factor que pueda incrementar significativamente el riesgo eléctrico.
3. En los lugares de trabajo sólo podrán utilizarse equipos eléctricos para los que el sistema o modo de protección previstos por su fabricante sea compatible con el tipo de instalación eléctrica existente y los factores mencionados en el apartado anterior.

4. Las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo se utilizarán y mantendrán en la forma adecuada y el funcionamiento de los sistemas de protección se controlará periódicamente, de acuerdo a las instrucciones de sus fabricantes e instaladores, si existen, y a la propia experiencia del explotador.
5. En cualquier caso, las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo y su uso y mantenimiento deberán cumplir lo establecido en la reglamentación electrotécnica, la normativa general de seguridad y salud sobre lugares de trabajo, equipos de trabajo y señalización en el trabajo, así como cualquier otra normativa específica que le sea de aplicación.

18.10.bis. GUÍA TÉCNICA REAL DECRETO 614/2001, DE 8 DE JUNIO, SOBRE SOBRE DISPOSICIONES MÍNIMAS PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES FRENTE AL RIESGO ELÉCTRICO.

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/g_electr.pdf

18.11. BIBLIOGRAFÍA RESUMIDA.

Trabajos y Maniobras en las Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión. Asociación para la Prevención de Accidentes (APA). San Sebastián.

Manual de Seguridad y Salud en Trabajos de Baja Tensión. Mutua de Accidentes de Trabajo (FREMAP). Madrid.

Seguridad en las Instalaciones Eléctricas de Obra. Asociación para la Prevención de Accidentes (APA). San Sebastián.

Seguridad en los Trabajos y Maniobras para las Instalaciones Eléctricas de Alta y Baja Tensión. Editorial Abecedario. Badajoz. Autor: Juan Antonio Calvo Sáez.

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Instrucciones Técnicas Complementarias. Real Decreto 842/2002. Madrid.

Seguridad en las Instalaciones Eléctricas. Editorial Mc Graw-Hill. Autores: Alberto Guerrero y Alejandro Porras.

Guía de Selección de Equipos de Protección Individual. Asociación de Empresas de Equipos de Protección Personal. Asepal. Madrid.

Seguridad en las Instalaciones Eléctricas de Obra y Guía para los operadores de Grúas Torre en la Construcción. Fundación laboral de la Construcción. Madrid.

Manual de Baja Tensión. Aparamenta Eléctrica. Editorial Marcombo-Siemens. Madrid.

Ley de Prevención de Riesgos Laborales y demás R.D. De Prevención. Editorial Deusto. Autores: Jon Barrenechea y Miguel A. Ferrer. Bilbao.

Guías Técnicas de Prevención de NTP. Guía Técnica para Evaluación del Riesgo Eléctrico. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid.

NOTA: Nuestro agradecimiento a las firmas comerciales por la aportación técnica y gráfica de sus catálogos.

FE DE ERRATAS

Pág. 163. Párrafo 3.

“En circuitos de alta energía y cuando **no** existan grupos electrógenos...”



Gobierno
de Canarias