

5TA. EDICIÓN - AÑO 2008/2009

# MANUAL TECNICO DE SEGURIDAD ELECTRICA

DESARROLLADO POR EL DEPARTAMENTO TECNICO DE CAMBRE I.C. Y F.S.A.



Este Manual de Seguridad Eléctrica está protegido bajo el N° de Expediente 973961 del Nuevo Régimen de la Propiedad Intelectual (Ley 11.723) del B. O. 16/9/97

La reproducción comercial, parcial, o total del mismo queda prohibida, y quién lo hiciere, estará sujeto a los Artículos 71-72 y 72 bis que establecen las penas pertinentes.

Nota: Este Manual puede utilizarse en establecimientos:  
Educativos, Tecnológicos y Universidades, con fines didácticos.

Toda empresa que quiera ser líder en un mercado, debe tener como filosofía la búsqueda permanente de la mejora del mismo.

En este objetivo, la Dirección de Cambre cree que la transferencia de Conocimientos Técnicos a sus Usuarios es un alto valor agregado que se reflejará en el presente y en el futuro de nuestras relaciones.

Por el campo de aplicación de nuestros productos, las Instalaciones Eléctricas es el servicio de su uso esencial, y al cual nos referiremos en este manual.

La responsabilidad social que tenemos, tanto: Empresarios, Comerciantes, Profesionales, Técnicos e Instaladores en la fabricación, comercialización y aplicación de productos eléctricos es de especial trascendencia, ya que de nosotros depende la vida humana y los bienes personales de los usuarios a donde van destinados.

*La Dirección de Cambre*

■ Capítulo I	1er. Curso de Seguridad Eléctrica actualizado.
■ Capítulo II	2do. Curso de Seguridad Eléctrica actualizado.
■ Capítulo III	Interpretación de los requisitos normativos y de calidad de los componentes principales de las Instalaciones Eléctricas en Inmuebles - Reglamentación de la AEA-3/2006.
■ Capítulo IV	Interpretación de las Reglas de Instalación en Inmuebles (Reglamento AEA-3/2006). -Instalaciones de Protección de Pararayos. - Instalación Temporal de obras de construcción
■ Capítulo V	Anexo A: Pasos para el cálculo de una Instalación Eléctrica Domiciliaria. Anexo B: Determinación de la sección del conductor de una Instalación Eléctrica y su protección térmica.
■ Capítulo VI	Anexo C: Conocimientos básicos de la Protección de Estructuras contra Descargas Eléctricas Atmosféricas
■ Capítulo VII	Anexo D: a) Método de medición de un diferencial de 30 mA b) Riesgos eléctricos en la Industria c) Nuevos usos del Interruptor Siglo XXI - Bauhaus y Siglo XXII
■ Capítulo VIII	Anexo E: a) Requisitos de seguridad en ambientes de trabajo expuestos a explosiones Anexo F: a) Instalación eléctrica en estaciones de servicio-VDE-0165 b) Condiciones básicas de seguridad en instalaciones de garages. c) Puesta a Tierra - Frecuencia de Medición
■ Capítulo IX	Anexo G: Datos - Circuitos - Fórmulas y Tablas Anexo H: Algunas aplicaciones de productos Cambre
■ Capítulo X	Anexo I: Cálculo de un tablero eléctrico  Anexo J: Cálculo de la sección de neutro en instalaciones con armónicas de corriente.  Anexo K: Cálculo de la corriente de cortocircuito en una instalación eléctrica.
■ Capítulo XI	Anexo L: Cálculo de la capacidad para lograr el $\cos = 0,95$ en una empresa industrial (pequeña - mediana - grande)  Anexo M: Algo más sobre calentamiento en conexiones eléctricas.

## REFERENCIAS

I) Reglamento de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) - versión 3/2006

II) Normas Nacionales IRAM.

III) Normas Internacionales (IEC) - Comité Electrotécnico Internacional.

IV) VDE 0100 (Seguridad Eléctrica).

V) Instalaciones Eléctricas - Gunter G. Seip - Siemens

# PRINCIPALES CAUSAS DEL ORIGEN DE INCENDIOS Y ELECTROCUCIÓN

## Incendios:

- 1- Mal estado de las instalaciones eléctricas (sin mantenimiento y sin protección de diferencial y termomagnética). Tableros eléctricos con puntos de temperaturas inflamables por deficiencia del conexionado.
- 2- Falla de protecciones termomagnéticas de las líneas, principalmente por descalibración de la parte térmica ó valores de corriente mal adoptados en relación a la sección de los conductores a proteger.
- 3- Prolongaciones de tomas corrientes fijos con cables de sección y aislación insuficiente; adaptadores y triples de muy mala calidad.
- 4- Electrodomésticos (con fuente de calor o no) utilizados con riesgo de incendio por inclus materiales aislantes inflamables y no autoextinguibles, ejemplos: secadores de cabello, calefactores ó estufas eléctricas de ambientes, etc.

## Electrocución:

- 1- Materiales eléctricos de las instalaciones que no cumplen con las normas IRAM o IEC, en especial; materiales ferrosos en contactos eléctricos, materiales inflamables y no autoextinguibles y baja retención en contactos de tomacorriente y prolongadores o jabalinas a tierra y diferenciales electrónicos defectuosos.
- 2- Accesorios eléctricos (tableros, tomacorrientes, prolongadores, etc.) que no cumplen con los grados de protección IPXX fijados por las normas IRAM N° 2444-IEC 60529.
- 3- Falta de protector diferencial y de la puesta a tierra, y el conductor de protección (verde amarillo) que cumplan con la reglamentación de la AEA.
- 4- Diferenciales instalados que no actúan por no respetar su accionamiento una vez por mes, através del botón del test.
- 5- Veladores de pie, escritorios o mesas, que no respetan la clase de aislación, colocando fichas clase II (IRAM 2063 sin tierra) a equipos con pie o bases metálicas y cuyo interruptor no interrumpe el polo vivo.

# 1er. Curso de Seguridad Eléctrica actualizado Instalaciones Eléctricas en Inmuebles

## Objetivos:

Transmitir los modernos conceptos de Seguridad en relación a los riesgos que implica el uso de la Energía Eléctrica en Instalaciones Inmuebles para la vida del ser humano y la conservación de sus bienes.

## CONTENIDO:

- I- Efectos e la corriente eléctrica pasando por el cuerpo humano. IEC 60479-1 8/2005.
- II- Clasificación de los equipos y aparatos eléctricos y electrónicos en relación a la protección contra shocks eléctricos. IEC 60356 .
- III- Protección contra shocks eléctricos en instalaciones eléctricas de inmuebles. IEC 60354-4-41.
- IV- Protección de líneas de instalaciones eléctricas de inmuebles. reglamento de la AEA, versión 3/2006.

## I.- Efectos de la corriente eléctrica pasando a través del cuerpo humano.

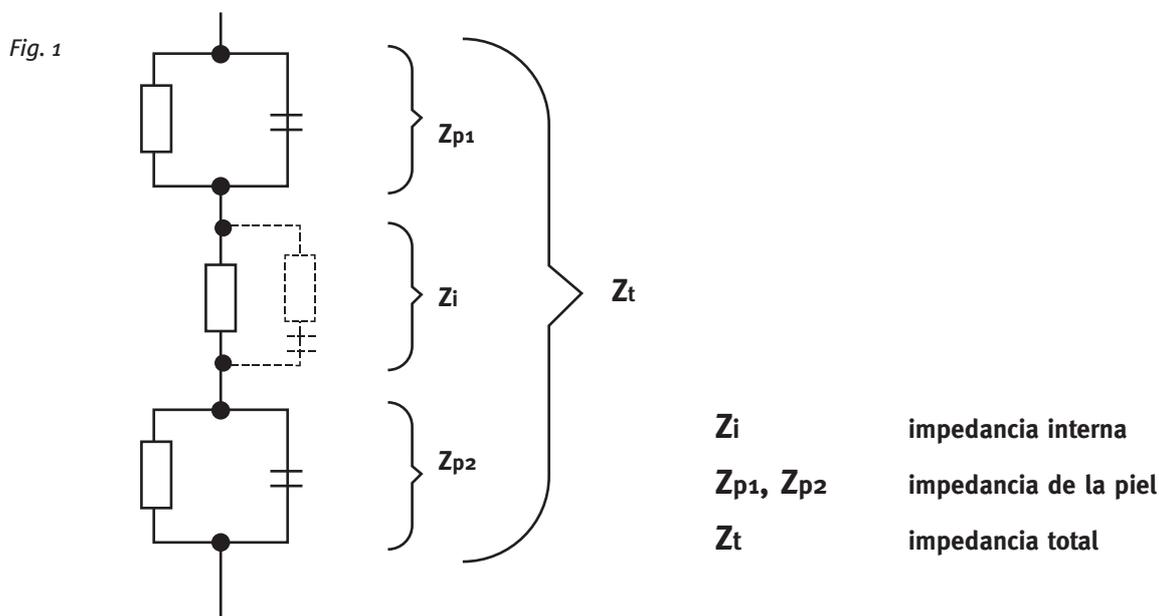
Para un mismo trayecto de corriente a través del cuerpo humano, el peligro en que incurren las personas, depende esencialmente de la intensidad y de la duración de paso de la corriente. La relación entre la corriente y la tensión no es lineal porque la impedancia del cuerpo humano varía con la tensión de contacto. Por ello, es importante disponer de datos referentes a esta relación. Las diferentes partes del cuerpo humano – tales como la piel, la sangre, los músculos, otros tejidos y las articulaciones- presentan para la corriente eléctrica una cierta impedancia compuesta de elementos resistivos y capacitivos.

Los valores de estas impedancias dependen de varios factores y, en particular, del trayecto de la corriente, de la tensión de contacto, de la duración del paso de la corriente, de la frecuencia de la corriente, del estado de humedad de la piel, de la superficie de contacto, de la presión ejercida y de la temperatura.

Los valores de impedancia indicados en este informe, son el resultado de un examen minucioso de los resultados experimentales disponibles de medidas efectuadas principalmente sobre cadáveres y sobre algunas personas vivas.

Los accidentes con corriente continua son mucho menos frecuentes de lo que se podría creer en consideración al número de aplicaciones de la corriente continua y de los accidentes mortales que se producen únicamente en condiciones muy desfavorables, por ejemplo, en las minas. Esto es debido, en parte, al hecho de que para duraciones de choque superiores al período del ciclo cardíaco, el umbral de fibrilación ventricular es mucho más elevado que en corriente alterna.

La impedancia interna del cuerpo humano ( $Z_i$ ) se la considera principalmente resistiva y su valor depende del trayecto de la corriente y luego de la superficie de contacto. El esquema siguiente representa las impedancias del cuerpo humano.



La impedancia interna de la piel ( $Z_p$ ) puede considerarse como un conjunto de resistencias y capacidades. La impedancia de la piel decrece cuando la corriente aumenta. Para tensiones de contacto superiores a 50V, la impedancia de la piel decrece rápidamente y se hace despreciable cuando aquella se perfora.

Valores de la impedancia total del cuerpo humano ( $Z_t$ ). Tabla I (para un trayecto de corriente mano a mano)

Los valores de la tabla siguiente representan el mejor conocimiento de la impedancia total del cuerpo humano para adultos vivos. El estado actual de los conocimientos hace pensar que en los niños los valores de aquella son similares.

Tabla I

Tensión de contacto V	Valores de la impedancia total (ohms) del cuerpo humano que no son sobrepasadas por el		
	5% de la población	50% de la población	95% de la población
25	1750	3250	6100
50	1450	2625	4375
75	1250	2200	3500
100	1200	1875	3200
125	1125	1625	2875
220	1000	1350	2125
700	750	1100	1550
1000	700	1050	1500
Valor asintótico	650	750	850

Nota: Algunas medidas indican que la impedancia total del cuerpo humano para un trayecto de corriente mano a pie es un poco menor que para un trayecto mano a mano (10% a 30%)

## Corriente continua.

La resistencia total del cuerpo humano ( $R_t$ ) en corriente continua es más elevada que en alterna para una  $U_{\text{contacto}}$  hasta aproximadamente 150 V motivada por el bloqueo de la capacidad de la piel. Se da a continuación una gráfica de la  $Z_t$  (en C. alterna) y la  $R_t$  (en continua) en función de la  $U_{\text{contacto}}$ .

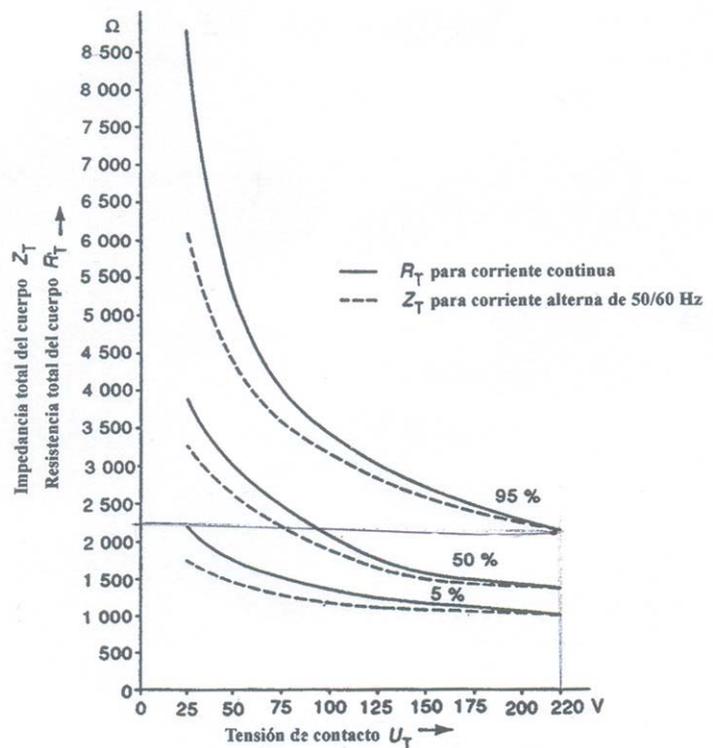


Fig. 2 - Valores estadísticos de las impedancias totales del cuerpo para sujetos humanos vivos, para un trayecto de corriente mano a mano o mano a pie, para tensiones de contacto hasta 220 V en corriente alterna 50/60 Hz y en corriente continua.

## Efectos de la corriente alterna de frecuencias (15 Hz a 100 Hz)

### 1- Umbral de percepción y reacción.

Depende de: a) superficie del cuerpo en contacto con el electrodo ó masa electrificada; b) condiciones de humedad, sequedad, temperatura; c) estado fisiológico del individuo. Se toma como valor general 0,5 mA

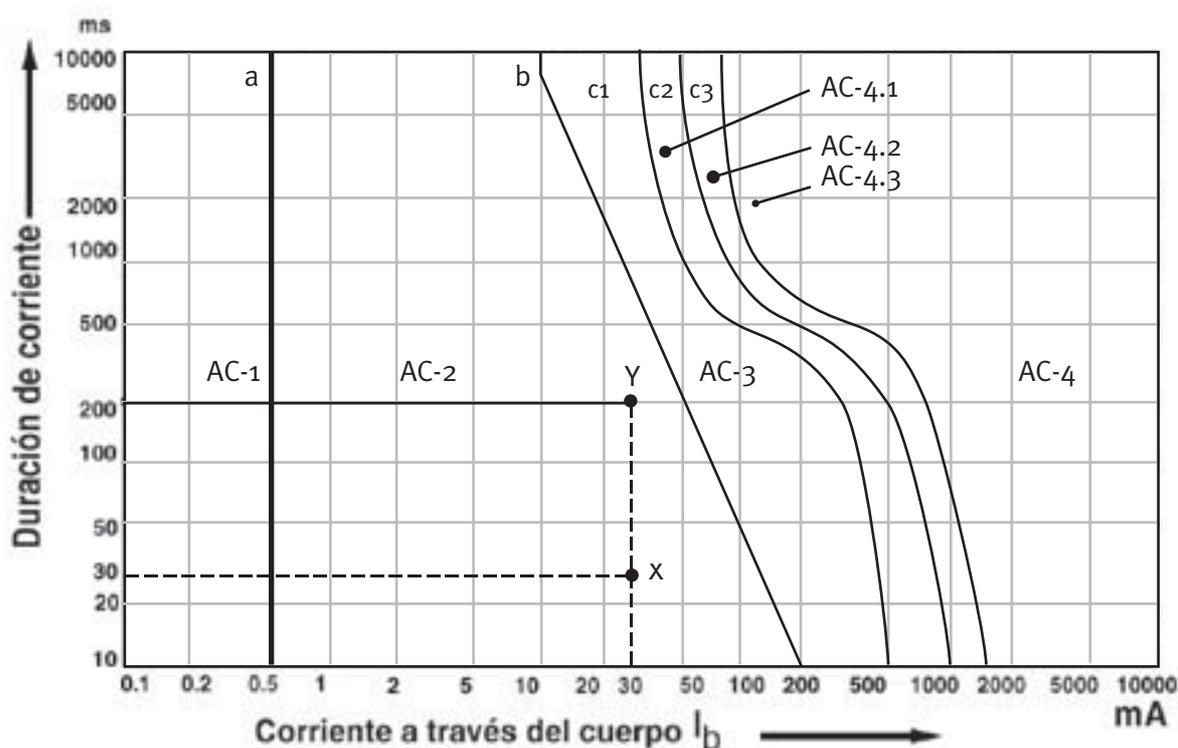
### 2- Umbral de no soltar.

Depende de: a) superficie del contacto, forma y dimensiones de los electrodos y estado fisiológico de la persona. Se toma como valor general 10 mA.

### 3- Umbral de fibrilación ventricular.

Esta se produce por debajo de la curva C1 y en el gráfico se aprecia que para tiempos de duración inferior a 100 mseg el valor se sitúa en 400 a 500 mA. En cambio por encima de 500mseg el valor de corriente pasa a 100 y a 35 mA para tiempos de 3 a 5 seg.

Gráfico de la relación entre la corriente que circula por el cuerpo humano y el tiempo (IEC 60479-1-2005)



I del cuerpo 15Hz a 100Hz.  
(mano izquierda a pie)

Fig. 3

### Otros efectos de la corriente.

La fibrilación ventricular está considerada como la causa principal de muerte por choque eléctrico. También se tiene la evidencia de casos de muerte por asfixia o parada del corazón.

Efectos pato fisiológicos tales como contracciones musculares, dificultades de respiración, aumento de la presión sanguínea, perturbaciones en la formación y la propagación de los impulsos en el corazón incluidos la fibrilación auricular y la parada provisional de corazón, pueden producirse sin fibrilación ventricular, Dichos efectos no son mortales y, habitualmente son reversibles, pero pueden producir marcas de corriente.

Para corrientes de varios amperios, se pueden producir quemaduras profundas que provocan serios daños que incluso pueden provocar la muerte.

Nota: la corriente tiene efectos fisiológicos demorados a su pasaje por el cuerpo humano.

## 3.5 Descripción de las zonas tiempo (corriente)

**Zonas tiempo/corriente con tensión alterna de 15 Hz a 100 Hz.**

Designación de la zona	Límites de la zona	Efectos fisiológicos
AC - 1	Hasta 0,5 mA - línea a	Habitualmente ninguna reacción.
AC - 2	De 0,5 mA hasta línea b	Habitualmente, ningún efecto fisiológico peligroso.
AC - 3	De línea b hasta curva c1	Habitualmente ningún efecto orgánico. Probabilidad de contracciones musculares y dificultades de respiración para duraciones de paso de corriente superiores a 2 s. Perturbaciones reversibles en la formación y la propagación de impulsos del corazón, incluida la fibrilación auricular y paradas temporales del corazón sin fibrilación ventricular, aumentando con la intensidad de la corriente y el tiempo.
AC - 4	Por encima de la curva C1	Pueden producirse efectos fisiológicos tales como la parada cardíaca, parada respiratoria, quemaduras graves que aumentan con la intensidad y el tiempo en complemento con los efectos de la zona 3.
AC - 4.1	C1 - c2	Probabilidad de fibrilación ventricular aumentando hasta 5%
AC - 4.2	c2 - c3	Probabilidad de fibrilación ventricular aumentando hasta el 50% aproximadamente.
AC - 4.3	Por encima de C3	Probabilidad de fibrilación superior al 50%

\* para duraciones de paso de corriente inferiores a 10 ms, el límite de corriente que atraviesa el cuerpo por la línea b permanece constante e igual a 200 mA.

**Aplicación del factor de corriente de corazón (F)**

El factor de corriente de corazón permite calcular las corrientes  $I_h$  para recorridos de diferentes del de mano izquierda a los dos pies, que representan el mismo peligro de fibrilación ventricular que corresponden a la corriente de referencia  $I_{ref}$  entre mano izquierda y los dos pies, indicado a continuación:

$$I_h = \frac{I_{ref}}{F}$$

Donde:

$I_{ref}$  es la corriente de la mano izquierda a los dos pies, indicada en la figura anterior  
 $I_h$  es la corriente que pasa por el cuerpo para los trayectos indicados en la tabla A;  
 F es el factor de corriente de corazón indicado en la tabla A.

Nota: el factor de corriente de corazón, se considera como una estimación aproximada de los peligros que corresponden a los diferentes trayectos de la corriente, bajo el punto de vista de la fibrilación ventricular.

Para los diferentes trayectos de la corriente, el factor de corriente de corazón tiene el valor indicado en la tabla A.

**Tabla A**  
**Factor de corriente de corazón F para diferentes trayectos de corriente.**

Trayecto de la corriente	Factor de corriente de corazón F
Mano izquierda a pie izquierdo, a pie derecho o a los dos pies	1,0
Dos manos a los dos pies	1,0
Mano izquierda a mano derecha	0,4
Mano derecha a pie izquierdo, a pie derecho o a los dos pies	0,8
Espalda a la mano derecha	0,3
Espalda a la mano izquierda	0,7
Pecho a la mano derecha	1,3
Pecho a la mano izquierda	1,5
Glúteos a la mano izquierda, a la mano derecha o a las dos manos.	0,7

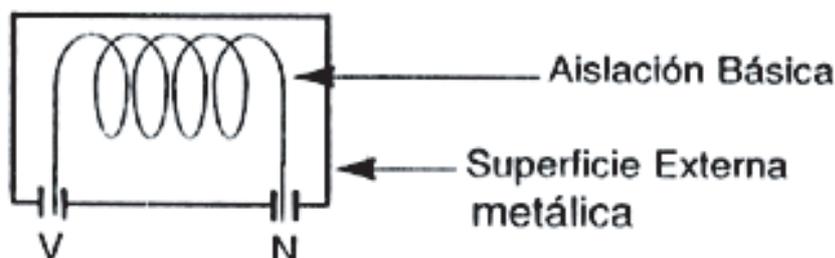
Ejemplo: una corriente de 200mA de mano a mano tiene el mismo efecto de riesgo de fibrilación que una corriente de 80 mA de mano izquierda a los dos pies.

## II. Clasificación de los Equipos y Aparatos Eléctricos, Electrónicos y de Iluminación en relación a la protección contra shocks eléctricos

Clases de Equipos:

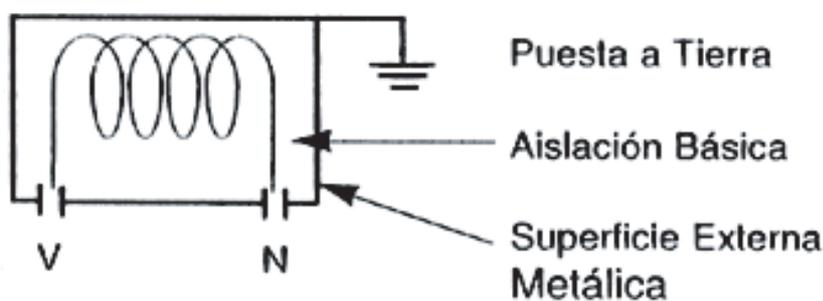
**Equipo Clase 0:** Equipo en el cual la protección contra shock eléctrico se hace solo con aislación Básica, esto significa que no hay medios para la conexión o partes conductoras accesibles de un conductor de protección.

No se permite en Argentina



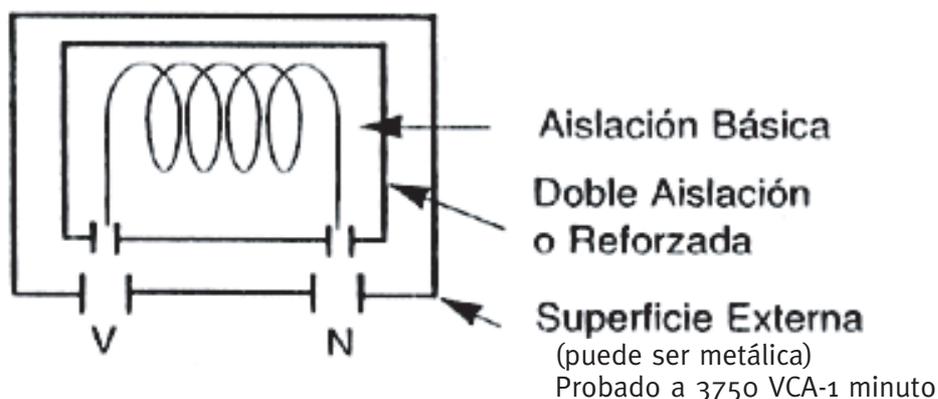
En Europa la aislación del piso y paredes y hasta una altura de 2,50 mts. debe ser mayor a 50 kohm para U de línea hasta 500 VCA para utilizarlos.

**Equipo Clase I:** Equipo en el cual la protección contra el shock eléctrico no se realiza solamente con aislación Básica, sino que incluye una protección adicional de tal forma que se permite la conexión de las (Masas) conductoras accesibles al conductor de protección (conectado a tierra) de tal manera que dichas partes no alcancen un potencial eléctrico en caso de falla de la aislación Básica.



Probado a 1500 VCA - 1 minuto

**Equipo Clase II:** Equipo en el cual la protección contra el shock eléctrico no se realiza solamente con la aislación Básica, sino que incluye una protección adicional consistente en: doble aislación o aislación reforzada y que no permiten la provisión de una conexión a tierra.



**Equipo Clase III:** Equipo en el cual la protección contra shock eléctrico se logra con un voltaje extra bajo (MBTS) de la alimentación y da protección contra contactos eléctricos directos o indirectos.

### III. Protección contra shock eléctrico en Instalaciones Eléctricas de Inmuebles ó Industriales.

- a) Protección contra contactos directos.
- b) Protección contra contactos indirectos.
- c) Protección contra contactos directos e indirectos.

- a) Protección contra contactos directos
  - a1) Protección por aislación de partes vivas.
  - a2) Protección por barreras o envolturas.
  - a3) Protección por obstáculos.
  - a4) Protección por ubicación fuera del alcance de la mano.
  - a5) Protección adicional por dispositivos de Corriente Diferencial.

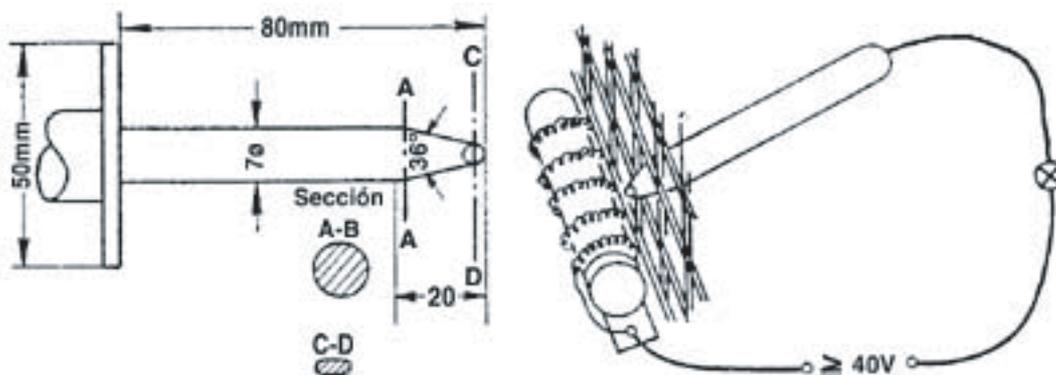
#### a) Protección contra contactos directos

**Concepto General:** Consiste en tomar todas las medidas destinadas a proteger a las personas contra los peligros que puedan resultar de un contacto con partes normalmente bajo tensión.

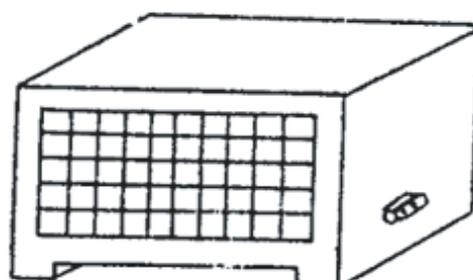
**a1) Protección por aislación de partes vivas:** Las partes vivas estarán completamente cubiertas con aislación, la cual sólo puede removerse por destrucción y con uso de herramientas, Pinturas - Barnices y productos similares no son considerados como aislantes adecuados para protección contra shock eléctrico en servicio normal.

**a2) Protección por barreras o envolturas:** Las partes vivas estarán internas en envolturas o atrás de barreras que provean por lo menos de un grado de protección IP2X (agujeros de  $\varnothing$  menor a 12 mm y distancia mayor a 80 mm = Como rejas - chapas u otras protecciones mecánicas. Donde es necesario remover una barrera u abrir una envoltura o parte de ella, **esto será posible solo por medio de una herramienta**

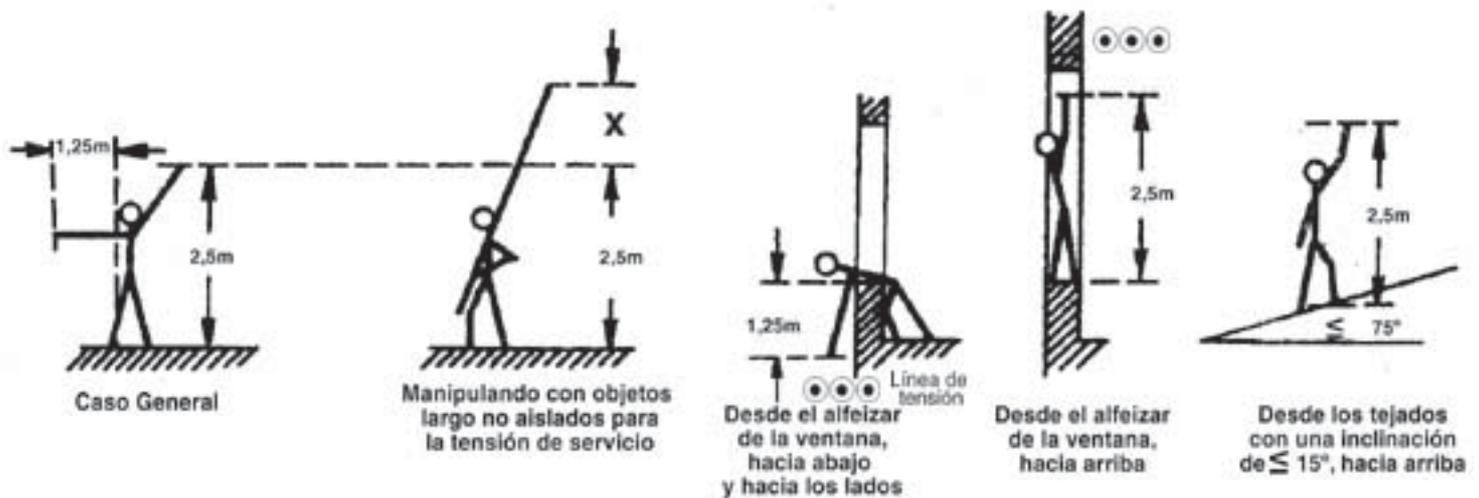
- Por el uso de una llave o herramienta.
- Después de desconectar la alimentación a las partes vivas.
- La alimentación será repuesta sólo después de reponer las barreras o cerrar las envolturas de protección.



*Dedo de prueba o sonda portátil de ensayo y su empleo.*



*Protección mediante medidas especiales (rejilla).*



### Concepto de la tensión fuera del alcance de la mano

**a3) Protección por obstáculos:** Los obstáculos se utilizan para prevenir contactos no intencionales con partes vivas, pero no contactos intencionales por deliberada superación del obstáculo.

**a4) Protección de ubicación fuera del alcance de la mano:** Partes accesibles simultáneamente con diferentes potenciales no deberán estar dentro del alcance de los brazos. Se entiende así a partes que no están separadas, más de 2,5 mts.

**a5) Protección Adicional por dispositivos de corriente diferencial:**

Nota: Esta protección se usa en adición a las anteriores y nunca como alternativa de alguna de ellas.

Se usa el Interruptor Diferencial como protección Adicional que actúa con 30 mA y un tiempo no mayor de 0,2 seg. en caso de falla de los otros sistemas mencionados o negligencia del usuario.

**Este método no evita accidentes provocados por contactos simultáneos (ambas manos) con partes vivas de distintas tensión, pero facilita la protección contra contactos indirectos, a la vez que permite condiciones de puesta a tierra técnica y económicamente factibles y tiene la ventaja adicional en cuanto a protecciones contra incendios, de supervisar permanentemente la Aislación de las partes bajo tensión.**

## b) Protección contra contactos indirectos

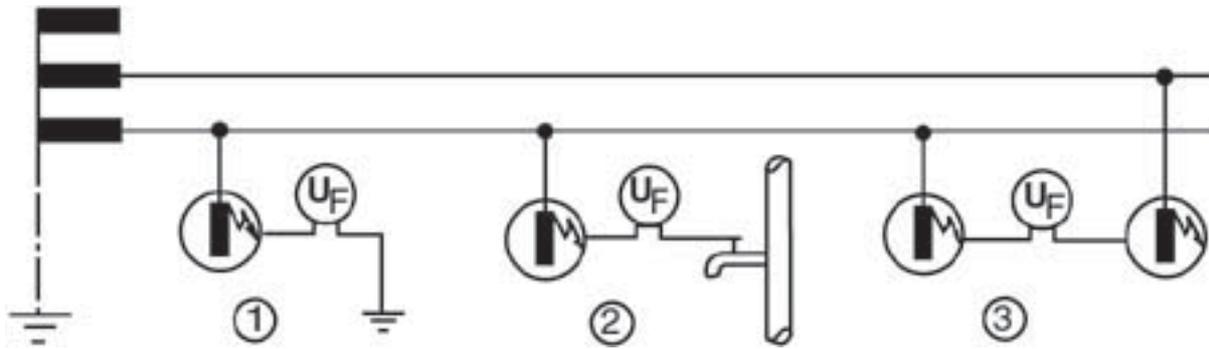
Protección contra shock eléctrico en caso de fallas:

Concepto General:

**Consiste en tomar todas las medidas destinadas a proteger a las personas contra peligros que puedan resultar de un contacto con partes metálicas (masas), puestas accidentalmente bajo tensión, a raíz de una falla de aislación del aparato o equipo eléctrico.**

Definición de Masas: Conjunto de las partes metálicas de aparatos, de equipos, de canalizaciones eléctricas (cajas - gabinetes - tableros - bandejas porta - cables, etc.) que en condiciones normales están aisladas de las partes bajo tensión, pero que como consecuencia de una falla de aislación se ponen accidentalmente bajo tensión.

**b1) Protección por desconexión automática de la tensión de Alimentación:** Este sistema de protección consta de un sistema de puesta a tierra y un dispositivo de protección.



*Fig. 4: Tensiones de defecto. Izquierda: entre una masa y tierra. Centro: entre una masa y la tubería de agua. Derecha: entre dos masas.*

La actuación coordinada del dispositivo de protección (I) con el sistema de puesta a tierra (II) permite que en caso de un falla de aislación de la instalación, se produzca automáticamente la separación de la parte fallada del circuito, de forma tal que las partes metálicas accesibles no adquieran una tensión de contacto mayor de 24v en forma permanente.

#### (I) Dispositivos de Protección:

Es un Interruptor automático que actúa por corriente de fuga (derivada a tierra), con valores de 30 mA y un tiempo no mayor de 0,2 seg. Debe responder a la Norma Iram 2301. (Tiempo ideal no mayor de 30mseg).

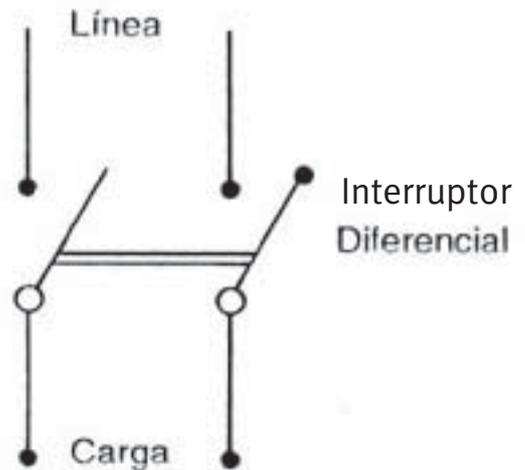
#### (II) Sistema de Puesta a Tierra:

Disposiciones Generales:

- En todos los casos deberá efectuarse la conexión a tierra de todas las masas de la Instalación.
- Las masas que son simultáneamente accesibles y pertenecientes a la misma instalación eléctrica estarán unidas al mismo Sistema de Puesta a Tierra.
- El Sistema de Puesta a Tierra será eléctricamente continuo y tendrá la capacidad de soportar la corriente de cortocircuito máxima coordinada con las protecciones instaladas en el circuito.

**d) El conductor de protección no será seccionado eléctricamente en punto alguno del circuito ni pasará por el interruptor diferencial, si lo hubiera.**

- La instalación se realizará de acuerdo a las directivas de la Norma IRAM 2281- Parte III.



#### Valor de la Resistencia de Puesta a Tierra.

- Partes de la Instalación cubiertas por protección diferencial.

La Ley Nº 19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, a través de los decretos reglamentarios 351/79 y 911/96 establece la tensión límite de contacto indirecto entre una masa y tierra en no mayor de 24 V (para pisos secos ó húmedos). La tabla siguiente indica cuánto es el valor máximo permitido de las resistencias a tierra de las masas eléctricas ( $R_a$ ) expresado en ohms ( $\Omega$ ) en función de la corriente diferencial máxima que permite el interruptor diferencial instalado.

CORRIENTE MÁXIMA DIFERENCIAL (mA)		VALOR DE LA RESISTENCIA Ohms - Ra
Sensibilidad Baja	20 A	0,6
	10 A	1,2
	5 A	2,4
	3 A	4
Sensibilidad Media	1 A	12
	500 mA	24
	300 mA	40
	100 mA	40
Sensibilidad Alta	10 mA	40
	30 mA	40

**NOTAS:**

- 1) Los valores de sensibilidad baja, son usados en la industria en circuitos con selectividad vertical.
- 2) Los valores de sensibilidad media son usados en la industria y hasta 500 mA son aptos para evitar incendios con corrientes superficiales sobre polvo o material inflamable (cereal, aserrín, hulla, etc.)
- 3) Los valores de sensibilidad alta se usan en instalaciones de inmuebles, residenciales, oficinas, etc.
- 4) El diferencial de 300 mA se ha incorporado en el reglamento de la AEA (3/2006) para proteger contra contactos indirectos, la instalación sobre el montante que va del tablero principal al tablero seccional (dto. en propiedad horizontal).

**Toma a Tierra:**

La toma a tierra está formada por el conjunto de dispositivos que permiten vincular con tierra el conductor de protección. Esta toma deberá realizarse mediante electrodos, dispersores, placas, cables o alambres cuya configuración y materiales deberán cumplir con las Normas IRAM siguientes : 2309 - 2310 - 2316 y 2317. Se recomienda instalar la toma de tierra en un lugar próximo al tablero principal (menor a 2mts.).

**Conductor de Protección (PE):**

La puesta a tierra de las masas se realizarán por medio de un conductor denominado conductor de protección de cobre electrolítico aislado (Normas IRAM 2183 - 2178 - 62266 - 62267) que recorren las instalaciones y cuya sección mínima se establece con la fórmula (ver protección de cortocircuito).

En ningún caso la sección del conductor debe ser inferior a 2.5 mm<sup>2</sup>.

"Este conductor estará conectado directamente a la toma de tierra e ingresará al sistema de cañerías de la instalación por la caja del tablero principal" y será aislado.

**Otras disposiciones particulares:**

Tomacorrientes con puesta a tierra: La conexión al borne de tierra del tomacorriente se efectuará desde el borne de conexión del conductor de protección existente en la caja, o que pase por ella mediante una derivación con cable aislado (no conexión guirnalda).

Conexión a tierra de motores u otros aparatos de conexión fija: Se efectuará con un conductor de sección no menor a 2,5 mm<sup>2</sup> y en relación a la fórmula de la Protección de corto circuito.

**Caños - Cajas - Gabinetes Metálicos:** Para asegurar su efectiva puesta a tierra se realizará la conexión de todas las cajas y gabinetes metálicos con el conductor de protección, para lo cual cada caja y gabinete deberá estar provisto de un borne o dispositivo adecuado. Además deberá asegurarse la continuidad eléctrica con los caños que a las cajas acometen se realizan con conductor aislado verde amarillo.

**Caños - Cajas y Gabinetes de material aislante:** El conductor de protección deberá conectarse al borne de tierra previsto en las cajas y gabinetes. Los caños en tal caso deberán ser conectados a dicho conductor.

c) Protección contra contactos directos e indirectos  
(Uso de fuentes de muy baja tensión de seguridad) (MBTS)

**Requisitos:** La protección contra contactos directos e indirectos se considera asegurada, si la tensión más elevada no supera 24V.

**Tipos de Fuentes de muy baja tensión de Seguridad (MBTS).**

a) Transformador con separación eléctrica entre los circuitos primarios y secundarios: Tendrá una pantalla metálica intercalada entre dichos arrollamientos y, con el núcleo, se conectará aquella al sistema de tierra. La tensión primaria no superará los 500V y la secundaria los 24V. Deberá resistir un ensayo de 4000 VCA entre ambos arrollamientos y 2000 VCA entre ambos y tierra, durante un minuto. La resistencia de aislación entre ambos arrollamientos y entre estos contra tierra no será inferior a 5 Megaohm. **Sin estos requisitos y por tener Us = 24 VCA la fuente es sólo MBTF (Muy Baja Tensión Funcional, ej.: para timbres).**

b) Motor-Generador separados eléctricamente: Por medio de un manchón aislante

c) Dispositivos electrónicos: En ellos se tomarán medidas que aseguren que en casos de defectos Internos la tensión de salida en sus bornes en ningún caso supere los 24V.

Condiciones de la Instalación de los sistemas de muy baja tensión:

a) Los circuitos de M.B.T. de seguridad no deberán unirse eléctricamente a los conductores de protección pertenecientes a otros circuitos.

b) Las masas de los circuitos de M.B.T. de seguridad no deberán ser conectadas a conductores de protección o masas de otros circuitos.

c) Los conductores de los circuitos de M.B.T'S deberán estar preferentemente separados de cualquier conductor de otro circuito, sino fuera ello posible se deberá hacer.

- Colocarlos dentro de una cubierta o caño aislante.
- Separados por una pantalla metálica puesta a tierra.

d) Las fichas y toma corrientes de los circuitos M.B.T.S. deberán cumplimentar lo siguiente: Las fichas deberán tener un diseño tal que no les permita su inserción en circuitos de mayor tensión. Los toma corrientes no deberán poseer contactos para conductor de protección.

**Condiciones especiales de seguridad para cuartos de baño.**

Se definen las siguientes zonas:

- a) Zona de peligro:
- b) Zona de protección:
- c) Zona de restricciones:

**a) Zona de peligro:** Delimitada dentro del perímetro de la bañera y en 2,25 mts de altura medida desde el fondo de la misma.

**b) Zona de protección:** Delimitada por el perímetro que exceda en 0.60 mt el de la bañera o ducha hasta la altura del cieloraso.

**c) Zona de restricciones:** El volumen de la sala de baño exterior a la zona de protección.

## IV) Protección de Líneas de Instalaciones Eléctricas de Inmuebles.

Tipos:

- a) Protección contra sobrecargas (larga duración).
- b) Protección contra cortocircuitos (corta duración).
- c) Protección por fallas de aislación.

### a) Protección contra sobrecargas (larga duración):

**Concepto:** Las sobrecargas de corriente de larga duración dañan principalmente la aislación de los cables de la instalación eléctrica.

Los dispositivos de protección mas usados son el fusible y el termomagnético.

El fusible actúa con una característica que con el 1,45 veces de la corriente nominal interrumpa la misma en menos de 60 minutos.

El termomagnético actúa por una característica que hace que con 1,45 veces de la corriente nominal interrumpa dentro de los 60 minutos de producida la sobrecarga.

Las características de los elementos de protección (fusibles, interruptores termomagnéticos, etc.) deberán ajustarse al criterio siguiente: Una vez determinada la corriente del proyecto  $I_p$  de la instalación y elegida la sección del conductor los valores característicos de la protección deben cumplir con las condiciones simultáneas siguientes:

$$I_p \text{ igual o menor } I_n \text{ igual o menor } I_c$$

$$I_f \text{ igual o menor } 1,45 I_c$$

Donde:

- $I_p$ : Corriente de proyecto de la línea a proteger.
- $I_n$ : Corriente nominal de la protección.
- $I_c$ : Corriente admitida por el conductor de la línea a proteger.
- $I_f$ : Corriente de fusión del fusible o de funcionamiento de la protección, dentro de los 60 minutos de producida la sobrecarga.

### b) Protección contra cortocircuitos (corta duración):

**Concepto:** La sobrecarga de corriente de corta duración se produce por cortocircuito y origina corrientes de valores de 5 a 100 veces la corriente nominal o más.

El **fusible** cuando actúa interrumpiendo dichas corrientes es necesario reemplazar al alambre del mismo y en esta acción se cometen errores alterando la calibración correcta y permitiendo la circulación de corrientes mucho mayores que las previstas para la protección de la aislación de los cables.

El **termomagnético** actúa con distintas características frente a los cortocircuitos y una vez eliminada la falla se lo puede reponer manteniendo la calibración original; de allí la mayor difusión del mismo.

Estos elementos deberán ser capaces de interrumpir esa corriente de cortocircuito, antes que se produzcan daños en los conductores y conexiones debido a sus efectos térmicos y mecánicos.

La verificación térmica de los conductores a la corriente de cortocircuito deberá realizarse mediante la siguiente expresión:

$$S \geq \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K}$$

0,1 seg. mayor t igual ó menor 5 seg.

0,1 seg. < t ≤ 5 seg.

Donde:

S (mm <sup>2</sup> )	Sección real del conductor.
I <sub>cc</sub> (A)	Valor eficaz de la corriente de cortocircuito máxima.
t	Tiempo total de operación de la protección (en seg.).
K=114	Para conductores de cobre aislados en PVC.
74	Para conductores de aluminio aislados en PVC.
142	Para conductores de cobre aislados en goma etilenoropilénica o polietileno reticulado.
93	Para conductores de aluminio aislado en goma etileonoropilénica o polietileno reticulado.

Ejemplo: La colocación de un conductor de protección de 2,5 mm<sup>2</sup> cuadrados de cobre (mínimo recomendado) permite que en el caso de un cortocircuito de 3.000 A, con el uso de un termomagnético se interrumpa la corriente en 10 mseg sin sobrecalentamiento para el conductor de la instalación. Los valores de K han sido determinados considerando que los conductores se encuentran inicialmente a la temperatura máxima de servicio prevista por la Norma IRAM y que al finalizar el cortocircuito alcanzan a temperaturas máximas previstas por las mismas Normas (160°C) y tiempo menor a 5 seg. para aislación del conductor de PVC, y, 250°C para aislación de polietileno reticulado.

### c) Protección por fallas de Aislación

Concepto:

Las corrientes derivadas a tierra en una instalación son producidas por fallas de la aislación de los conductores de la misma o de las uniones hechas en cajas de conexión a tomas corrientes e interruptores o en empalmes dentro de ellas o directamente en fallas de aparatos dispositivos o maquinas conectados a la misma.

La energía calórica que puede desarrollar un incendio en contacto con materiales inflamables se produce solo por algunos amperes (3 a 5). Las fallas de aislación de cables, accesorios de líneas o productos conectados a estas pueden originar dichos valores.

Un Interruptor Diferencial sensa permanentemente el nivel de aislación de una línea, y en el caso de corrientes de fuga a tierra superiores a 30 mA interrumpe la alimentación lo cual es ideal para prevenir incendios, por causas eléctricas.

Normas IRAM a las que responden los Elementos de Maniobra y Protección.

Interruptores de Efecto:	NM 60609-1
Interruptores Bi -Tri o Tetrapolares:	2122
Fusibles:	2121-2245
Interruptores con Fusibles:	2122
Interruptor automático:	2169
Interruptor por Corriente Diferencial:	2301
Tomacorriente con Tierra:	NM 60884-2071

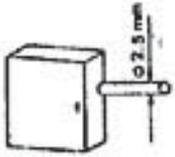
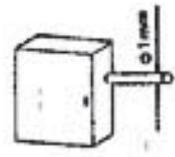
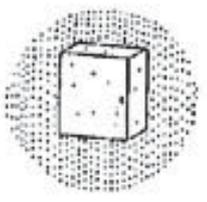
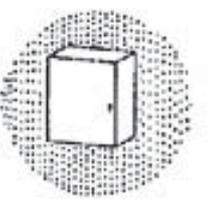
## Envolturas como protección a cuerpos sólidos e ingreso de líquidos.

La norma IRAM 2444 clasifica las protecciones por dos cifras.

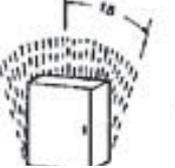
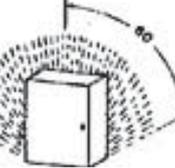
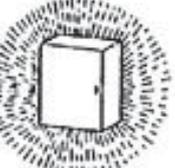
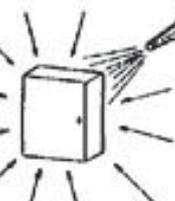
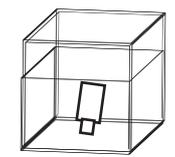
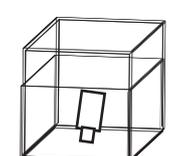
$\xrightarrow{\text{1ra cifra}}$   
 IPXX  $\xleftarrow{\text{2da cifra}}$

La primera cifra significa la protección que tiene el producto contra el ingreso de cuerpos sólidos de 80mm de longitud y diámetros tales como los indicados. La segunda cifra significa la protección que tiene el producto contra el ingreso de líquidos.

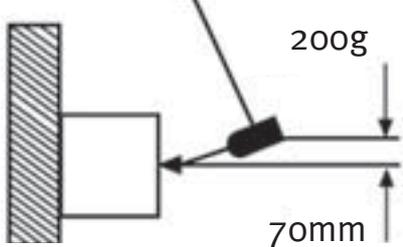
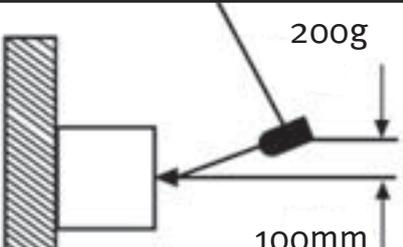
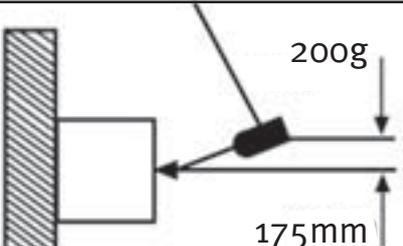
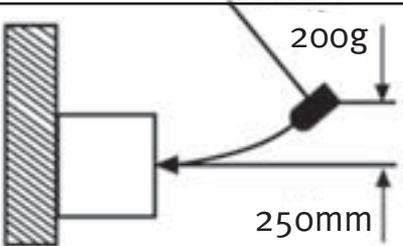
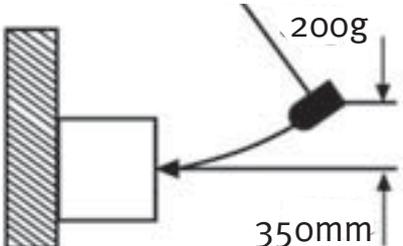
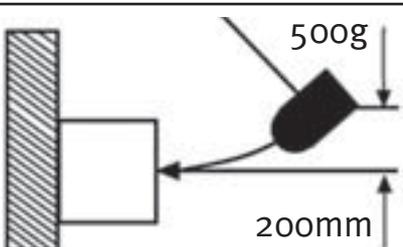
### Protección contra los cuerpo sólidos

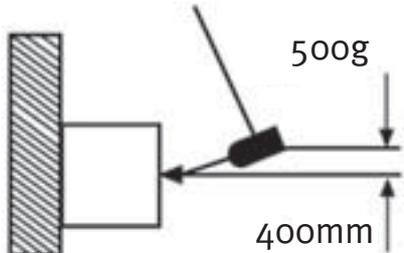
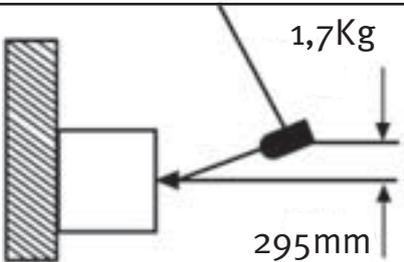
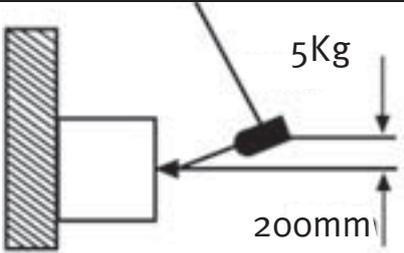
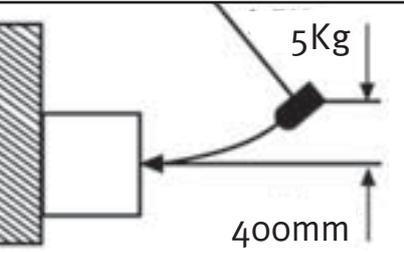
IPX 1era.Cifra	IPO	Sin protección
	IP1	Protege a cuerpos mayores de 50 mm (contacto involuntario de las manos)
	IP2	Protege a cuerpos mayores de 12mm (dedo de la mano)
	IP3	Protege a cuerpos mayores de 2,5mm (destornillador, etc.)
	IP4	Protege a cuerpos mayores de 1mm (clavos, etc.)
	IP5	Protege contra polvo. Se admite el ingreso que no perjudica el funcionamiento.
	IP6	Protege contra polvo. No se admite el ingreso de polvo.

## Protección contra líquidos

IPX 2da. Cifra	IPXO	Sin protección
	IPX1	Protege contra caída vertical de gotas de agua
	IPX2	Protege contra caída vertical de gotas hasta 15° de la vertical
	IPX3	Protege contra caída vertical de gotas hasta 60° de la vertical
	IPX4	Protege contra proyección de agua en todas las direcciones
	IPX5	Protege contra chorros de agua en todas las direcciones - Caudal: 12,5 l/min.
	IPX6	Protegido contra olas o chorros potentes Caudal: 100 l/min.
	IPX7	Sumergido a 150 m (punto más alto) por debajo del nivel del agua - 30 min. El agua ingresada no afectará la rigidez dieléctrica.
	IPX8	Inmersión prolongada bajo especificación del fabricante. Sin ingreso de agua.

## Impacto mecánico IKOX - Referencia: Norma UNE-EN 50102

CIFRA CARACTERÍSTICA	Método de prueba	Energía de Impacto Joule	Descripción de la prueba
IK 00			No protegido
IK *01		$J = 0,15$	Resistencia al impacto de un peso de 200g. que cae desde 70 mm.
IK 02		$J = 0,20$	Resistencia al impacto de un peso de 200g. que cae desde 100 mm.
IK 03		$J = 0,35$	Resistencia al impacto de un peso de 200g. que cae desde 175 mm.
IK 04		$J = 0,5$	Resistencia al impacto de un peso de 200g. que cae desde 250 mm.
IK 05		$J = 0,7$	Resistencia al impacto de un peso de 200g. que cae desde 350 mm.
IK 06		$J = 1$	Resistencia al impacto de un peso de 500g. que cae desde 200 mm.

CIFRA CARACTERÍSTICA	Método de prueba	Energía de Impacto Joule	Descripción de la prueba
IK 07		J = 2	Resistencia al impacto de un peso de 500g. que cae desde 400 mm.
IK 08		J = 5	Resistencia al impacto de un peso de 1,7Kg. que cae desde 295 mm.
IK 09		J = 10	Resistencia al impacto de un peso de 5kg. que cae desde 200 mm.
IK 10		J = 20	Resistencia al impacto de un peso de 5Kg. que cae desde 400 mm.