

CONDUCTORES ELÉCTRICOS



INDICE

1.	¿QUE ES UN CONDUCTOR ELECTRICO?	2
1.1	Tipos de cobre para conductores eléctricos	2
1.1.1	Cobre de temple duro	2
1.1.2	Cobre recocido o de temple blando	2
1.2	Partes que componen los conductores eléctricos	3
1.2.1	El alma o elemento conductor	3
1.2.2	El aislamiento	4
1.2.3	Las cubiertas protectoras	4
1.3	Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a su aislación o número de hebras	4
1.3.1	Conductores para distribución y poder	5
1.3.2	Cables armados	5
1.3.3	Cordones	5
1.3.4	Cables portátiles	5
1.3.5	Cables submarinos	5
1.3.6	Cables navales	6
1.4	Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a sus condiciones de empleo	6
1.4.1	Conductores de cobre desnudos	6
1.4.2	Alambres y cables de cobre con aislación	6
2	DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES ELECTRICOS	9
2.1	Daños que genera el mal dimensionamiento y mal uso de los conductores en una aislación eléctrica	9
2.2	Capacidad de transporte de los conductores	9
2.2.1	Factores de corrección a la capacidad de transporte	10
2.2.1.1	Factores de corrección por cantidad de conductores "FN"	11
2.2.1.2	Factores de corrección por temperatura ambiente	11
2.2.1.3	Factores de corrección por temperatura	11
2.3	Dimensionamiento por voltaje de pérdida	12
2.3.1	Cálculo de alimentadores	12
2.3.1.1	Alimentadores con carga concentrada	12
2.3.1.2	Alimentadores con carga distribuida	13
3	VERIFICACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS	15
3.1	Inspección de la instalación eléctrica	15
3.1.1	Inspección visual	15
3.1.2	Mediciones y ensayos de la instalación	17
3.1.3	Mediciones de aislación y puestas en marcha	18
3.1.3.1	Medición de aislación	18
3.1.3.2	Medición de la "puesta a tierra"	19
3.1.3.3	Medición resistencia de pisos	20
3.1.3.4	Ensayo de polaridades	20
3.1.3.5	Ensayo de tensión aplicada	20
3.1.3.6	Ensayos de funcionamiento	20

CONDUCTORES ELECTRICOS

Desde el inicio de su recorrido en la centrales generadoras hasta llegar a los centros de consumo, la energía eléctrica es conducida a través de líneas de transmisión y redes de distribución formadas por conductores eléctricos.

1. ¿QUE ES UN CONDUCTOR ELECTRICO?

Se aplica este concepto a los cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad.

Un conductor eléctrico está formado primeramente por el conductor propiamente tal, usualmente de cobre.

Este puede ser alambre, es decir, una sola hebra o un cable formado por varias hebras o alambres retorcidos entre sí.

Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio.

Aunque ambos metales tienen una conductividad eléctrica excelente, el cobre constituye el elemento principal en la fabricación de conductores por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas.

El uso de uno y otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo.

Estas características llevan a preferir al cobre en la elaboración de conductores eléctricos.

El tipo de cobre que se utiliza en la fabricación de conductores es el cobre electrolítico de alta pureza, 99,99%.

Dependiendo del uso que se le vaya a dar, este tipo de cobre se presenta en los siguientes grados de dureza o temple: duro, semi duro y blando o recocido.

1.1. Tipos de cobre para conductores eléctricos

1.1.1. Cobre de temple duro:

- Conductividad del 97% respecto a la del cobre puro.
- Resistividad de $0,018 \left(\frac{x \text{ mm}^2}{\text{m}} \right)$ a 20 °C de temperatura.
- Capacidad de ruptura a la carga, oscila entre 37 a 45 kg/mm².

Por esta razón se utiliza en la fabricación de conductores desnudos, para líneas aéreas de transporte de energía eléctrica, donde se exige una buena resistencia mecánica.

1.1.2. Cobre recocido o de temple blando:

- Conductividad del 100%
- Resistividad de $0,01724 = \frac{1}{58} \left(\frac{x \text{ mm}^2}{\text{m}} \right)$ respecto del cobre puro, tomado este como patrón.
- Carga de ruptura media de 25 kg/mm².

Como es dúctil y flexible se utiliza en la fabricación de conductores aislados.

El conductor está identificado en cuanto a su tamaño por un calibre, que puede ser milimétrico y expresarse en mm² o americano y expresarse en AWG o MCM con una equivalencia en mm².

1.2. Partes que componen los conductores eléctricos

Estas son tres muy diferenciadas:

- El alma o elemento conductor.
- El aislamiento.
- Las cubiertas protectoras.

1.2.1. El alma o elemento conductor

Se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, grupos habitacionales, etc.).

De la forma cómo esté constituida esta alma depende la clasificación de los conductores eléctricos. Así tenemos:

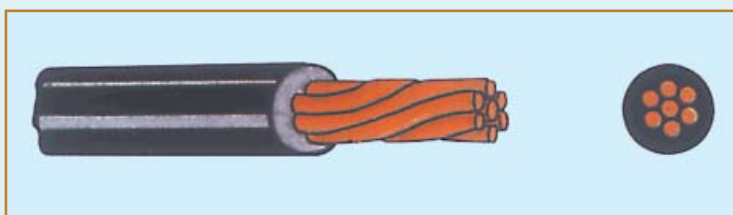
• Según su constitución

Alambre: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor.



Se emplea en líneas aéreas, como conductor desnudo o aislado, en instalaciones eléctricas a la intemperie, en ductos o directamente sobre aisladores.

Cable: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.

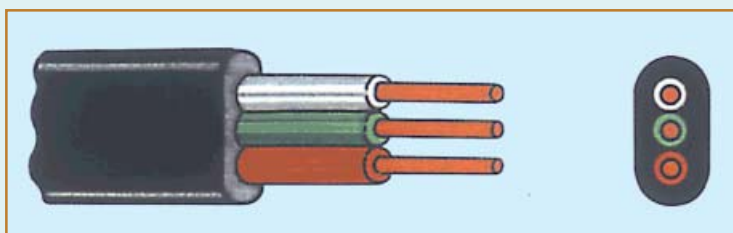


• Según el número de conductores

Monoconductor: Conductor eléctrico con una sola alma conductora, con aislamiento y con o sin cubierta protectora.



Multiconductor: Conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envueltas cada una por su respectiva capa de aislamiento y con una o más cubiertas protectoras comunes.



1.2.2. El aislamiento

El objetivo de la aislación en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean éstos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, la aislación debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí.

Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa.

Antiguamente los aislantes fueron de origen natural, gutapercha y papel. Posteriormente la tecnología los cambió por aislantes artificiales actuales de uso común en la fabricación de conductores eléctricos.

Los diferentes tipos de aislación de los conductores están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados para la aislación de conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el caucho, la goma, el neopren y el nylon.

Si el diseño del conductor no consulta otro tipo de protección se le denomina aislación integral, porque el aislamiento cumple su función y la de revestimiento a la vez.

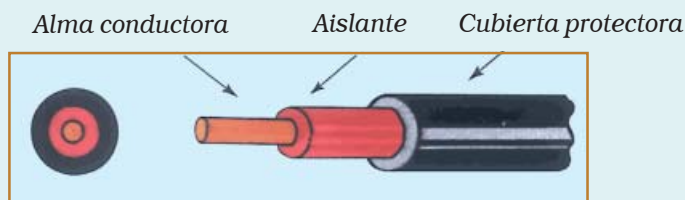
Cuando los conductores tienen otra protección polimérica sobre la aislación, esta última se llama revestimiento, chaqueta o cubierta.

1.2.3. Las cubiertas protectoras

El objetivo fundamental de esta parte de un conductor es proteger la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc.

Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina «armadura» La «armadura» puede ser de cinta, alambre o alambres trenzados.

Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre. En el caso que la protección, en vez de cinta esté constituida por alambres de cobre, se le denomina «pantalla» o «blindaje».



1.3. Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a su aislación o número de hebras

La parte más importante de un sistema de alimentación eléctrica está constituida por conductores.

Al proyectar un sistema, ya sea de poder; de control o de información, deben respetarse ciertos parámetros imprescindibles para la especificación de la cablería.

- Voltaje del sistema, tipo (CC o CA), fases y neutro, sistema de potencia, punto central aterramiento.
- Corriente o potencia a suministrar.
- Temperatura de servicio, temperatura ambiente y resistividad térmica de alrededores.
- Tipo de instalación, dimensiones (profundidad, radios de curvatura, distancia entre vanos, etc.).
- Sobrecargas o cargas intermitentes.
- Tipo de aislación.
- Cubierta protectora.

Todos estos parámetros están íntimamente ligados al tipo de aislación y a las diferencias constructivas de los conductores eléctricos, lo que permite determinar de acuerdo a estos antecedentes la clase de uso que se les dará.

De acuerdo a éstos, podemos clasificar los conductores eléctricos según su aislación, construcción y número de hebras en monoconductores y multiconductores.

Tomando en cuenta su tipo, uso, medio ambiente y consumos que servirán, los conductores eléctricos se clasifican en la siguiente forma:

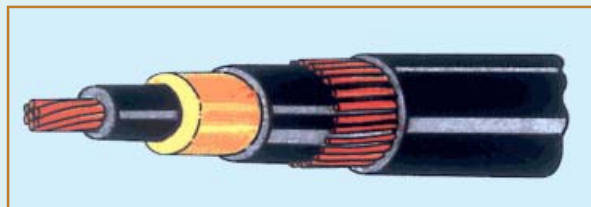
1.3.1. Conductores para distribución y poder:

- Alambres y cables (Nº de hebras: 7 a 61).
- Tensiones de servicio: 0,6 a 35 kV (MT) y 46 a 65 kV (AT).
- Uso: Instalaciones de fuerza y alumbrado (aéreas, subterráneas e interiores).
- Tendido fijo.

1.3.2. Cables armados:

- Cable (Nº de hebras: 7 a 37).
- Tensión de servicio: 600 a 35 000 volts.
- Uso: Instalaciones en minas subterráneas para piques y galerías (ductos, bandejas, aéreas y subterráneas)
- Tendido fijo

Cable armado



Conductores para control e instrumentación:

- Cable (Nº de hebras: 2 a 27).
- Tensión de servicio: 600 volts.
- Uso: Operación e interconexión en zonas de hornos y altas temperaturas. (ductos, bandejas, aérea o directamente bajo tierra).
- Tendido fijo.

1.3.3. Cordones:

- Cables (Nº de hebras: 26 a 104).
- Tensión de servicio: 300 volts.
- Uso: Para servicio liviano, alimentación a: radios, lámparas, aspiradoras, jugueras, etc. Alimentación a máquinas y equipos eléctricos industriales, aparatos electrodomésticos y calefactores (lavadoras, encendedoras, refrigeradores, estufas, planchas, cocinillas y hornos, etc.).
- Tendido portátil.

1.3.4. Cables portátiles:

- Cables (Nº de hebras: 266 a 2 107).
- Tensión de servicio: 1 000 a 5 000 volts
- Uso: en soldadoras eléctricas, locomotoras y máquinas de tracción de minas subterráneas. Grúas, palas y perforadoras de uso minero.
- Resistente a: intemperie, agentes químicos, a la llama y grandes sollicitaciones mecánicas como arrastres, cortes e impactos.
- Tendido portátil.

1.3.5. Cables submarinos:

- Cables (Nº de hebras: 7 a 37).
- Tensión de servicio: 5 y 15 kV.
- Uso: en zonas bajo agua o totalmente sumergidos, con protección mecánica que los hacen resistentes a corrientes y fondos marinos.
- Tendido fijo.

1.3.6. Cables navales:

- Cables (Nº de hebras: 3 a 37).
- Tensión de servicio: 750 volts.
- Uso: diseñados para ser instalados en barcos en circuitos de poder, distribución y alumbrado.
- Tendido fijo.

Dentro de la gama de alambres y cables que se fabrican en el país, existen otros tipos, destinados a diferentes usos industriales, como los cables telefónicos, los alambres magnéticos esmaltados para uso en la industria electrónica y en el embobinado de partidas y motores de tracción, los cables para conexiones automotrices a baterías y motores de arranque, los cables para parlantes y el alambre para timbres.

1.4. Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a sus condiciones de empleo

Para tendidos eléctricos de alta y baja tensión, existen en nuestro país diversos tipos de conductores de cobre, desnudos y aislados, diseñados para responder a distintas necesidades de conducción y a las características del medio en que la instalación prestará sus servicios.

La selección de un conductor se hará considerando que debe asegurarse una suficiente capacidad de transporte de corriente, una adecuada capacidad de soportar corrientes de cortocircuito, una adecuada resistencia mecánica y un comportamiento apropiado a las condiciones ambientales en que operará.

1.4.1. Conductores de cobre desnudos

Estos son alambres o cables y son utilizados para:

- Líneas aéreas de redes urbanas y suburbanas.
- Tendidos aéreos de alta tensión a la intemperie.
- Líneas aéreas de contacto para ferrocarriles y trolley-buses.

1.4.2. Alambres y cables de cobre con aislación

Estos son utilizados en:

- Líneas aéreas de distribución y poder, empalmes, etc.
- Instalaciones interiores de fuerza motriz y alumbrado, ubicadas en ambientes de distintas naturaleza y con diferentes tipos de canalización.
- Tendidos aéreos en faenas mineras (tronadura, grúas, perforadoras, etc.).
- Tendidos directamente bajo tierra, bandejas o ductos.
- Minas subterráneas para piques y galerías.
- Control y comando de circuitos eléctricos (subestaciones, industriales, etc.).
- Tendidos eléctricos en zonas de hornos y altas temperaturas.
- Tendidos eléctricos bajo el agua (cable submarino) y en barcos (conductores navales).
- Otros que requieren condiciones de seguridad.

Ante la imposibilidad de insertar en este folleto la totalidad de las tablas que existen, con las características técnicas y las condiciones de uso de los conductores de cobre, tanto desnudos como aislados, entregamos a modo de ejemplo algunas de las más usadas por los profesionales, técnicos y especialistas. Se recomienda solicitar a los productores y fabricantes las especificaciones, para contar con la información necesaria para los proyectos eléctricos.

TABLA 1

**CONDICIONES DE USO PARA CONDUCTORES AISLADOS CON SECCIONES METRICAS
(Fabricación según Normas VDE)**

Tipo de Aislación	Designación	Temperatura de Servicio. °C	Tensión de Servicio Max. Admisible Respecto A Tierra	Condiciones de Empleo (Tendido Fijo)
Monoconductor de aislación PVC	NYA	70	660 V ca 750 V cc	Instalaciones interiores de ambiente seco colocado dentro de tubos embutidos sobrepuestos o directamente sobre aisladores.
Monoconductor especial aislación PVC	NSYA	70	660 V ca 750 V cc	En recintos húmedos y a la interperie sobre aisladores, en líneas de entrada a viviendas situado fuera del alcance de la mano, tendido fijo protegido en alimentación a máquinas, herramientas y similares o adosados a las mismas.
Cables Multiconductor aislación y chaqueta de PVC	NYC (1)	70	660 V ca 750 V cc	para instalar en recintos secos y húmedos a la interperie sin exponerse a rayos solares, en canaletas directamente enterrado en el suelo y bajo el agua, con protección adicional cuando esta expuesta a posibles daños mecánicos.
Cables planos multiconductor Res. aislación y chaqueta de PVC	TPS, NYIF NYIFY	70 70	660 V ca 750 C cc	Para instalaciones bajo techo, embutidos, a la vista u ocultos, en ningún caso podrán apoyarse sobre material combustible

TABLA 2

**CONDICIONES DE USO DE LSO CONDUCTORES AISLADOS CON SECCIONES AWG
(Fabricados según Normas UL ó IPCEA)**

Tipo de Aislación	Designación	T° Max. de Servicio. °C	Tensión Max. de Servicio. V (ca)	Condiciones de Empleo
Monoconductor con aislación de PVC.	T	60	600	En Interiores con ambiente seco, colocaciones dentro de tubos embutidos o sobrepuestos o directamente sobre aisladores.
Monoconductor con aislación de PVC resistentes a la humedad.	THW (1)	60	600	Id. T pero para ambiente seco o húmedo y mayor temperatura.
Monoconductor con aislación de PVC y cubierta de un Nylon resistente a la humedad, mayor temperatura, a los lubricantes y combustibles.	THHN	75	600	Id. THW, y para utilizarse en ambientes en que se manipulen lubricantes y combustibles.
Multiconductor: aislación y chaqueta de PVC.	TN-60	60	600	Para instalar en recintos secos y húmedos a la interperie, sin exponerse a rayos solares en canaletas directamente enterradas en el suelo y bajo el agua con protección adicional cuando esté expuesto a posibles daños mecánicos.
Multiconductor con aislación de PVC resistente a mayor temperatura.	TN-75	75	600	Id. TN-60 con mayor temperatura.
Cable multiconductor con aislación de PVC resistente a mayores temperatura.	TN-90	90	600	Id. TN-75 con mayor temperatura.
Monoconductor con aislación de polietileno y chaqueta de PVC	TTU (1) PT	75	600	Ambiente húmedo u corrosivo sobrepuesto en canaletas, instalaciones subterráneas en ductos, directamente bajo tierra, en agua y a la interperie sin exponerse a los rayos solares.

TABLA 2, Continuación

Tipo de Aislación	Designación	T° Max. de Servicio. °C	Tensión Max. de Servicio V (C.A.)	Condiciones de Empleo
Conductor multipolar con aislación y chaqueta de PVC.	TTMU (1)	75	600	Id. TTU
Multiconductor, aislación de polietileno y chaqueta de PVC.	PMT	75	600	Id. TTU ó PT múltiple
Monoconductor con aislación de goma.	R	60	600	Id. T
Monoconductor con aislación de goma resistente a la humedad.	RW	60	600	Id. TW
Monoconductor con aislación de goma resistente a la humedad y mayor temperatura.	RHW	75	600	Id. THW
Monoconductor con aislación de goma para mayor temperatura.	RH	75	600	Id. R con mayor temperatura.
Monoconductor con aislación de goma para mayor T°.	RHH	90	600	Id. THW con mayor temperatura.

TABLA 3

Tipo de Aislación	Designación	T° Max. de Servicio. °C	Tensión Max. de Servicio V (C.A.)	Condiciones de Empleo
Monoconductor o multipolar con aislación de goma y chaqueta de neopreno	USE-RHW	75	600	Id. RHW ambientes corrosivos, instalaciones subterráneas en ductos y/o tuberías directamente bajo tierra solo protección adicional cuando esté expuesta a posibles daños mecánicos.
Monoconductor o Multipolar con aislación de goma para mayor temperatura y chaqueta de neopreno.	USE-RHH	90	600	Id. USE-RHW, con mayor temperatura.
Multiconductor con aislación de goma y chaqueta de neopreno.	EMN	90	600	Id. USE-RHH
Monoconductor con aislación de goma y chaqueta de PVC.	ET	90	600	Id. USE-RHH
Conductor multipolar con aislación de goma y chaqueta de PVC.	EMT	90	600	Id. «EMN»
Monoconductor con aislación de polietileno.	PI		600	Para líneas aéreas a la intemperie.
Monoconductor con aislación de neopreno.	NI		600	Id. PI
Monoconductor con aislación de polietileno.	PV		600	Id. PI
Monoconductor extra flexible con aislación de PVC.	WST (1)	75	600	Interconexiones flexibles en tableros y máquinas.

(1) Los conductores indicados, con aislación modificada para hacerla resistente a los rayos solares, se identifican con la frase «Resiste Sol» agregada a la designación propia del conductor.

2. DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES ELECTRICOS

Es frecuente que las instalaciones eléctricas presenten problemas originados por la mala calidad de la energía.

- Variaciones de voltaje.
- Variaciones de frecuencia.
- Señal de tensión con altos contenidos de impurezas.
- etc.

Estos efectos producen un funcionamiento irregular en los equipos eléctricos y generan pérdidas de energía por calentamiento de los mismos y de sus conductores de alimentación.

La norma ANSI/IEEE C57.110-1986, recomienda que los equipos de potencia que deben alimentar cargas no lineales (computadoras), operen a no más de un 80% de su potencia nominal. Es decir, los sistemas deben calcularse para una potencia del orden del 120% de la potencia de trabajo en régimen efectivo.

Como se puede apreciar; el correcto dimensionamiento de conductores eléctricos tiene una importancia decisiva en la operación eficiente y segura de los sistemas.

2.1. Daños que genera el mal dimensionamiento y mal uso de los conductores en una instalación eléctrica

- Cortes de suministro.
- Riesgos de incendios.
- Pérdidas de energía.

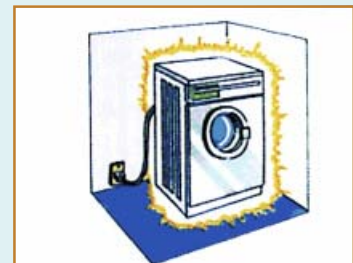
Caídas de tensión



Sobrecalentamiento de las líneas



Cortos circuitos



Fallas de aislación a tierra

2.2. Capacidad de transporte de los conductores

La corriente eléctrica origina calentamiento en los conductores (efecto Joule: $I^2 \times R$).

El exceso de temperatura genera dos efectos negativos en los aislantes:

- Disminución de la resistencia de aislación.
- Disminución de la resistencia mecánica.



El servicio operativo de la energía eléctrica y su seguridad dependen directamente de la calidad e integridad de las aislaciones de los conductores.

Las aislaciones deben ser calculadas en relación a la carga de energía eléctrica que transporten los conductores y a la sección o diámetro de los mismos.

Las tablas que se presentan a continuación establecen los límites de corrientes admisibles para conductores de sección milimétrica y AWC, bajo las siguientes condiciones:

- Temperatura ambiente : 30°C
- N° máx. de conductores por ducto : 3

2.2.1. Factores de corrección a la capacidad de transporte.

La capacidad de transporte de los conductores está restringida por su capacidad de disipar la temperatura del medio que los rodea. Para ello, los aislantes no deben sobrepasar la temperatura de servicio de los conductores. Para el caso específico de las tablas de conductores consignadas anteriormente, la temperatura ambiente y el número de conductores por ducto son un factor relevante en la capacidad de disipación de la temperatura por parte de los conductores; a ese efecto se presentan los siguientes factores de corrección de la capacidad de transporte, según sea el número de conductores por ducto superior a 3 y la temperatura ambiente superior a 30°C.

Finalmente la capacidad de transporte de los conductores queda consignada a la siguiente expresión:

I = fN x fT x It (A)

- **I** : Corriente admisible corregida (A)
- **fN**: Factor de corrección por N° de conductores.
- **fT**: Factor de corrección por temperatura.
- **It** : Corriente admisible por sección de conductor según tablas (A).

TABLA 4								
INTENSIDAD DE CORRIENTE ADMISIBLE PARA CONDUCTORES DE COBRE								
(Secciones AWG)								
AISLADOS TEMPERATURA DE SERVICIO: 60° 75° 90°C								
SECCION	SECCION	GRUPO A			GRUPO B			DESNUDO
		TEMPERATURA DE SERVICIO			TEMPERATURA DE SERVICIO			
Nominal (mm) ²	AWG	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
0,32	22	3	3					
0,51	20	5	5					
0,82	18	7,5	7,5					
1,31	16	10	10					
2,08	14	15	15	25	20	20	30	
3,31	12	20	20	30	25	25	40	
5,26	10	30	30	40	40	40	55	
8,36	8	40	45	50	55	65	70	90
13,30	6	55	65	70	80	95	100	130
21,15	4	70	85	90	105	125	135	150
26,67	3	80	100	105	120	145	155	200
33,62	2	95	115	120	140	170	180	230
42,41	1	110	130	140	165	195	210	270
53,49	1/0	125	150	155	195	230	245	310
67,42	2/0	145	175	185	225	265	285	360
85,01	3/0	165	200	210	260	310	330	420
107,2	4/0	195	230	235	300	360	385	490
127	250 MCM	215	255	270	340	405	425	540
152,0	300 MCM	240	285	300	375	445	480	610
177,3	350 MCM	260	310	325	420	505	530	670
202,7	400 MCM	280	355	360	455	545	575	730
253,4	500 MCM	320	380	405	515	620	660	840
304	600 MCM	355	420	455	475	690	740	
354,7	700 MCM	385	460		630	755		
380	750 MCM	400	475	500	655	785	845	
405,4	800 MCM	410	490		680	815		
456	900 MCM	435	520		730	870		
506,7	1000 MCM	455	545	585	780	925	1000	
633,4	1250 MCM	495	590		890	1065		
760,1	1500 MCM	520	625		980	1175		
886,7	1750 MCM	545	650		1070	1280		
1013	2000 MCM	560	665		1155	1385		

Grupo A: hasta 3 conductores en tubo o en cable o directamente enterrados. Grupo B: Conductor simple al aire libre.

TABLA 5
INTENSIDAD DE CORRIENTE ADMISIBLE PARA CONDUCTORES AISLADOS
(Secciones Milimétricas)

TEMPERATURA DE SERVICIO: 70°C/TEMPERATURA AMBIENTE: 30°C

SECCION NOMINAL (mm) ²	GRUPO1	GRUPO2	GRUPO3
0.75	-	12	15
1	11	15	19
1.5	15	19	23
2.5	20	25	32
4	25	34	42
6	33	44	54
10	45	61	73
16	61	82	98
25	83	108	129
35	103	134	158
50	132	167	197
70	164	207	244
95	197	249	291
120	235	291	343
150	-	327	382
185	-	374	436
240	-	442	516
300	-	510	595
400	-	-	708
500	-	-	809

GRUPO 1: Monoconductores tendidos al interior de ductos.

GRUPO 2: Multiconductores con cubierta común, que van al interior de tubos metálicos, cables planos, cables portátiles o móviles, etc.

GRUPO 3: Monoductores tendidos sobre aisladores.

2.2.1.1. Factores de corrección por cantidad de conductores «f_N»

Cantidad de Conductores	Factor
4 a 6	0,8
7 a 24	0,7
25 a 42	0,6
Sobre 42	0,5

2.2.1.2. Factores de corrección por temperatura ambiente

Secciones Milimétricas «f_T»

Temperatura Ambiente °C	Factor
Más de 30 hasta 35	0,94
Más de 35 hasta 40	0,87
Más de 40 hasta 45	0,80
Más de 45 hasta 50	0,71
Más de 50 hasta 55	0,62

2.2.1.3. Factores de corrección por temperatura

Secciones AWG «f_T»

Temperatura Ambiente °C	Temperatura de Servicio	
	60°C	75°C
Más de 30 hasta 40	0,82	0,88
Más de 40 hasta 45	0,71	0,82
Más de 45 hasta 50	0,58	0,75
Más de 50 hasta 55	0,41	0,67
Más de 55 hasta 60	-	0,58
Más de 60 hasta 70	-	0,35

2.3. Dimensionamiento por voltaje de pérdida

Al circular una corriente eléctrica a través de los conductores de una instalación; se produce en ellos una caída de tensión que responde a la siguiente expresión:

$$V_p = I \times R_c (\Omega)$$

- **V_p** : Voltaje de Pérdida (V)
- **I** : Corriente de Carga (A)
- **R_c** : Resistencia de los Conductores (Ω)

La resistencia de un conductor eléctrico, responde a la siguiente expresión, que relaciona sus parámetros físicos y la naturaleza del material conductor

$$R_c = \frac{2 \times \rho \times l}{A} (\Omega)$$

- **ρ** : Resistividad específica del conductor (Ohm mm² / m)
(pCu=0018(Ohm-mm²/m))
- **l** : Longitud del conductor (m)
- **A** : Sección de conductor (mm²)

La expresión para determinar la sección del conductor en función del V_p queda finalmente del siguiente modo:

$$A = \frac{2 \times \rho \times l}{V_p} \times I (\text{mm}^2)$$

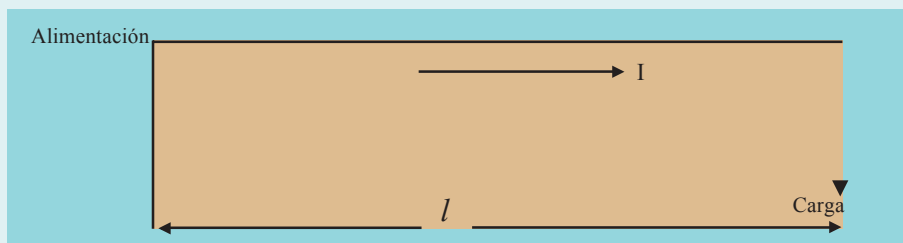
La exigencia con respecto al V_p, establece que la Pérdida de Tensión en la Línea no debe exceder a un 3% la «Tensión Nominal de Fase»; siempre y cuando la pérdida de voltaje en el punto más desfavorable de la instalación no exceda a un 5 % de la tensión nominal

2.3.1. Cálculo de alimentadores

Para determinar la sección de los conductores que alimentan a un conjunto de Cargas (Alimentadores), se procede según la siguiente situación:

2.3.1.1. Alimentadores con Carga Concentrada.

En los Alimentadores con carga concentrada, el centro de carga se sitúa a una determinada distancia del punto de Empalme o alimentación al sistema, tal como se presenta en el esquema:



La expresión para determinar la sección del conductor es:

Alimentadores Monofásicos

$$A = \frac{2 \times \rho \times l}{V_p} \times I (\text{mm}^2)$$

Alimentadores Trifásicos

$$A = \frac{\rho \times l}{V_p} \times I (\text{mm}^2)$$

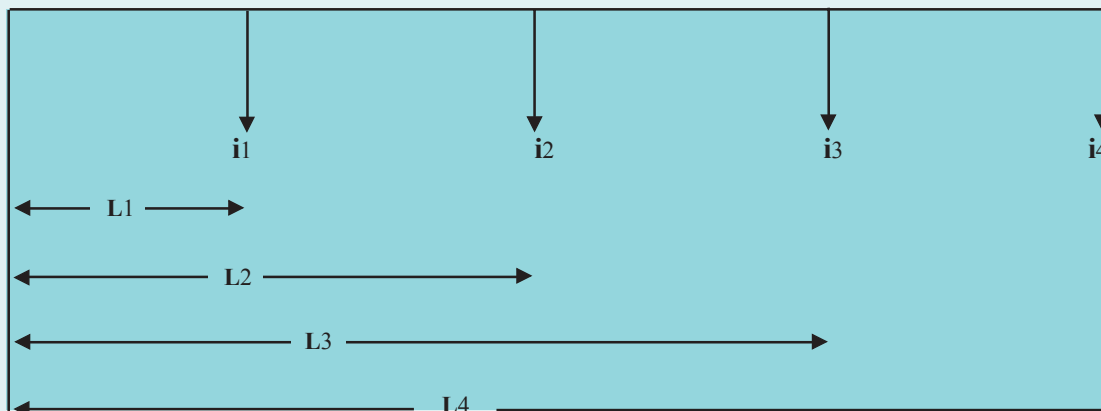
2.3.1.2. Alimentadores con carga distribuida

En caso de que las cargas no se encuentren concentradas en un solo punto, sino distribuidas a lo largo de la línea, se pueden presentar dos criterios para el Dimensionamiento de la sección del conductor:

- Criterio de Sección Constante.
- Criterio de Sección Cónica.

a) Criterio de sección constante

El Dimensionamiento de la Sección de los conductores, resulta ser constante para toda la extensión del Alimentador; en este caso tendremos:



- i_1 ; i_2 ; i_3 ; i_4 : Corrientes de rama (propia de los consumos asociados al Alimentador)(A)
- L_1 ; L_2 ; L_3 ; L_4 : Longitud de cada uno de los tramos del Alimentador (m)

La expresión de Cálculo resulta ser:

Alimentador Monofásico

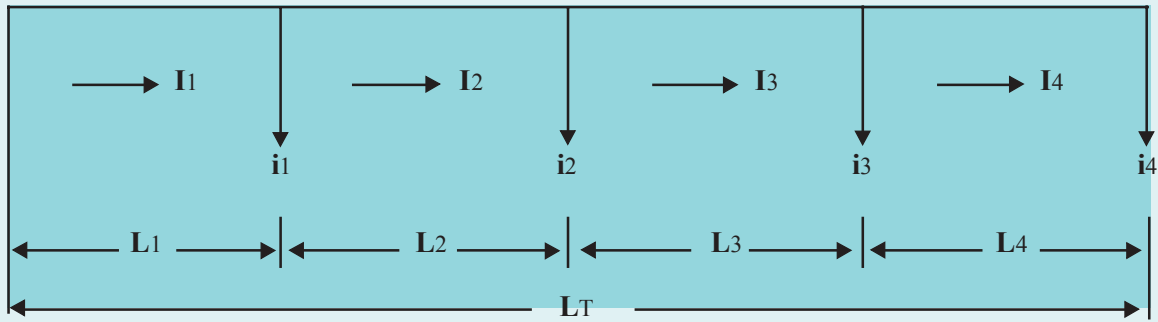
$$A = \frac{2 \times \rho}{V_p} (L_1 \times i_1 + L_2 \times i_2 + L_3 \times i_3 + L_4 \times i_4) (\text{mm}^2)$$

Alimentador Trifásico

$$A = \frac{\rho}{V_p} (L_1 \times i_1 + L_2 \times i_2 + L_3 \times i_3 + L_4 \times i_4) (\text{mm}^2)$$

b) Criterio de sección cónica

Al Dimensionar la Sección de los conductores, a través de este Criterio, la Sección del Alimentador disminuye a medida que nos alejamos de la Alimentación:



En la situación del diagrama se presenta que:

$$I_1 = i_1 + i_2 + i_3 + i_4 \text{ (A)}$$

$$I_2 = i_2 + i_3 + i_4 \text{ (A)}$$

$$I_3 = i_3 + i_4 \text{ (A)}$$

$$I_4 = i_4 \text{ (A)}$$

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \text{ (m)}$$

Para determinar la Sección del conductor se debe calcular la densidad de corriente, según la siguiente expresión:

Alimentador Monofásico	
$d = \frac{V_p}{2 \times \rho \times L_T}$	(A/mm ²)

Alimentador Trifásico	
$d = \frac{V_p}{\rho \times L_T}$	(A/mm ²)

Finalmente, para determinar la sección de cada tramo, se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_1 = \frac{I_1}{d} ; \quad A_2 = \frac{I_2}{d} ; \quad A_3 = \frac{I_3}{d} ; \quad A_4 = \frac{I_4}{d} ;$$

Nota: Todas las áreas parciales ($A_1 ; A_2 ;$) están expresadas en (mm²).

AS

3. VERIFICACION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

El control de calidad de una instalación eléctrica se denomina supervisión eléctrica. La supervisión eléctrica es un proceso que debe estar presente en todas las fases de la ejecución de una obra eléctrica y, especialmente, cuando esta ha concluido y se entrega para el servicio.

La supervisión eléctrica es una evaluación constante de la calidad y seguridad del trabajo realizado.

La seguridad de los usuarios de estas instalaciones y de sus bienes es el producto de un trabajo efectuado con idoneidad y ética profesional. Considerando que muchas etapas de una instalación sólo serán conocidas por quienes la ejecuten, es de vital importancia que la labor técnica sea bien realizada.

Toda instalación eléctrica, antes de ser puesta en servicio por el usuario, debe ser inspeccionada y sometida a diversas pruebas o ensayos, a fin de verificar que ella ha sido bien realizada y cumple con los estudios y especificaciones inherentes al proyecto. Lo mismo es exigido para las extensiones y modificaciones de instalaciones existentes.

3.1. Inspección de la instalación eléctrica

Los Técnicos encargados de la supervisión de las instalaciones eléctricas, cuando éstas han finalizado, deberán disponer para su labor de toda la documentación relacionada con la obra eléctrica, esto es:

- Planos definitivos de las instalaciones.
- Esquemas y diagramas eléctricos.
- Táblas, características y especificaciones técnicas de los componentes de la instalación.
- Memoria de cálculo al proyecto.
- Elementos de inspección (escalas, herramientas e instrumentos para desarrollar las mediciones finales, como: megger, tester, etc.).



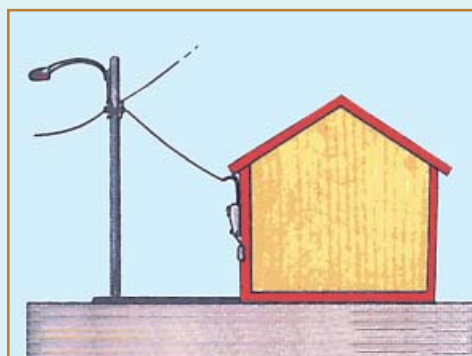
Elementos de Inspección

Durante la realización de la inspección y de los ensayos o pruebas a las instalaciones, deben tomarse todas las precauciones que garanticen la seguridad de las personas encargadas de la supervisión, como asimismo, las que eviten daños al equipamiento y a la propiedad.

3.1.1. Inspección visual

La inspección de las instalaciones, de ser visual, precede a las pruebas finales y es realizada a través de la inspección física de la instalación, esto es, recorriéndola desde el punto de empalme hasta el último elemento de cada circuito de la instalación.

La inspección visual permite hacerse una idea globalizada de la instalación y de las condiciones técnicas de la ejecución, revisando los siguientes aspectos:



Empalme

Punto de empalme:

Verificar que se encuentren los conductores, tableros, cajas y puestas a tierra especificados en el plano eléctrico.

En este punto se debe verificar además la posición de los tableros, que el alambrado sea ordenado, la ausencia de suciedad y de rebabas en los ductos, etc.

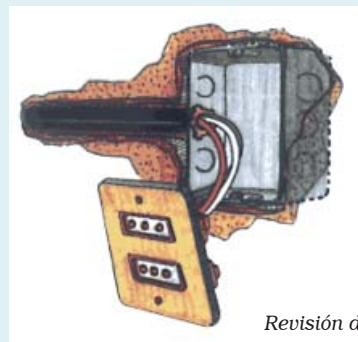


Tablero de protección

Tableros de protección:

Verificar las condiciones técnicas de:

- Estructura de la caja: pintura, terminación y tamaño.
- Ubicación: altura de montaje, fijación y presentación.
- Componentes: protecciones, alambrado, barras, llegada y salida de ductos, boquillas, tuercas, etc.



Revisión de circuitos

Circuitos:

Al momento de revisarlos se debe verificar:

- El dimensionamiento de líneas: revisar la sección de los conductores.
- Los ductos: sus diámetros y las llegadas a cajas.
- Las cajas de derivación: inspeccionar la continuidad de líneas, el estado mecánico de los conductores, la unión y aislación de las conexiones, el espacio libre, el código de colores, el estado mecánico de los ductos y coplas, la ausencia de rebabas y la limpieza.
- Las cajas de interruptores y enchufes: el largo de los chicotes, el estado mecánico de unión al elemento, la llegada de ductos y la calidad de los dispositivos.
- Las puestas a tierra: al inspeccionar las puestas a tierra hay que verificar la sección de conductores, el código de colores, la calidad de las uniones a la puesta de tierra, la llegada al tablero, y la unión a las barras de tierra de servicio y tierra de protección situadas en el tablero.

En resumen, la inspección visual y análisis de la documentación entregada, tiene el objetivo de verificar si los componentes o elementos permanentemente conectados cumplen las siguientes condiciones:

- Los requisitos de seguridad normalizados por reglamentos legales.
- Materiales correctamente seleccionados e instalados de acuerdo con las disposiciones de las Normas correspondientes.
- Materiales y equipos instalados en buenas condiciones estructurales, es decir, no dañados visiblemente, de modo que puedan funcionar sin falta de la seguridad necesaria;
- Medidas de protección contra choques eléctricos por contacto directo e indirecto;
- Conductores dimensionados adecuadamente y con sus correspondientes dispositivos de protección a las sobrecargas;
- Conductores con sus correspondientes dispositivos de seccionamiento y de comando;
- Accesibles para la operación y mantención de sus instalaciones y elementos.



Inspección visual

3.1.2. Mediciones y ensayos de la instalación

En esta etapa de la supervisión se recurre al uso de instrumentos para verificar, entre otros detalles, el estado de las aislaciones y puestas a tierra, factores de gran importancia para la seguridad de los usuarios de la instalación eléctrica.

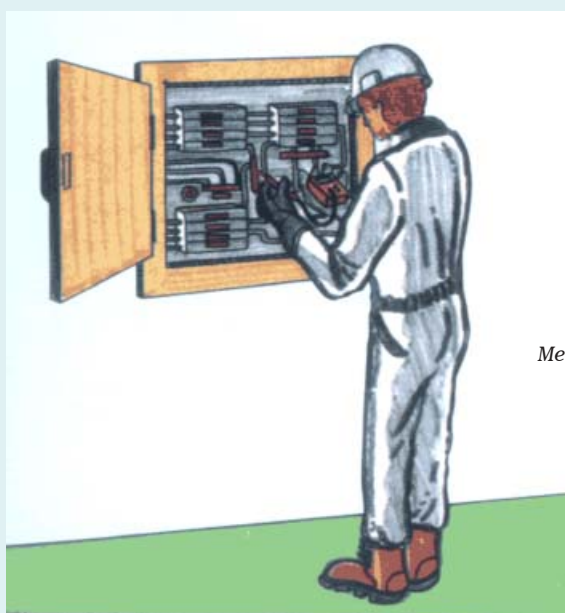
Las Normas prescriben los ensayos indicados a seguir y recomiendan la manera como proceder en su aplicación.

Dentro de los ensayos y mediciones se recomienda considerar las siguientes:

- Continuidad de los conductores de las tierras de servicio y de protección y de las conexiones equipotenciales.
- Separación eléctrica de los circuitos.
- Resistencia de aislación de la instalación.
- Resistencia de pisos.
- Medición de la resistencia de los electrodos de la tierra de protección.
- Verificación de las características de los dispositivos de protección contra contactos indirectos y directos.
- Verificación de las características de los dispositivos contra cortocircuito y sobrecargas.
- Verificación de polaridades.
- Ensayos de tensión.
- Ensayos de funcionamiento.

Los ensayos o pruebas antes mencionadas, además de asegurar el correcto funcionamiento de un sistema o circuito eléctrico, están destinados a proteger al operador, evitando que corra el riesgo de quedar sometido a tensiones peligrosas por contacto directo o indirecto.

Por esto es fundamental que se cumplan las Normas y prescripciones establecidas al respecto.



Mediciones y ensayos

3.1.3. Mediciones de aislación y puestas en marcha

3.1.3.1. Medición de aislación

Entre los materiales hay materiales «aislantes» y conductores. Los aislantes perfectos no existen. Los conductores activos de una instalación eléctrica (neutro y fases) deben estar unidos entre sí y con tierra a través de los aislantes que los recubren para controlar dicha imperfección o «corriente de fuga». Dicha «corriente de fuga» se genera cuando se aplica una tensión entre los conductores por el paso de pequeñas cantidades de corrientes a través de los aislantes.

La Norma eléctrica que rige en Chile, establece algunas precisiones sobre los niveles de corriente de fuga permitidos.

Para instalaciones de hasta 100 metros de longitud se acepta que la corriente de fuga en la salida de la protección general, entre un conductor activo (fase y neutro) y tierra, o entre los dos conductores activos, no sea superior a 1 miliampere (mA).

Dicho de otro modo, la resistencia que la aislación opone al paso de la corriente de fuga, o resistencia de aislación mínima, debe ser:

- De 300 000 ohms para la instalación cuya tensión de servicio sea hasta 220 volts.
- Para instalaciones con tensión de servicio superior a 220 volts, se aceptará una resistencia de aislación de 1 000 ohms por cada volt de tensión de servicio, es decir, si la tensión de servicio es de 380 volts, la resistencia de aislación mínima es 380 000 ohms.

Las pruebas o ensayos de aislación que se deben realizar durante la supervisión eléctrica, son:

- Aislación entre cada conductor activo y tierra.
- Aislación entre conductores activos.

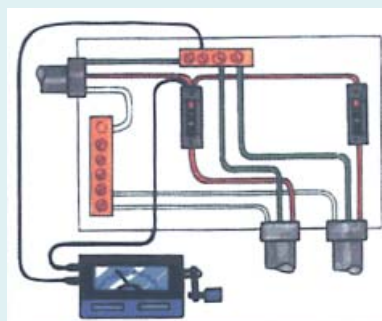
Para hacer ambas mediciones, la instalación debe estar en las siguientes condiciones:

- Sin tensión.
- Ningún receptor conectado. Es decir, sin ampolletas en los portalámparas, sin artefactos conectados a los enchufes.
- Los interruptores que controlan a los receptores deben estar conectados, para continuidad eléctrica de la instalación.

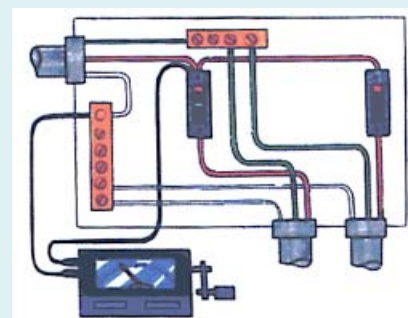
Para realizar la prueba de aislación, se debe contar con un instrumento llamado megger, que mide resistencia de aislación. Posee un generador de corriente continua accionado por medio de una manivela, con tensiones de medida de 500 y 1000 volts.

Para efectuar el ensayo de la medida de resistencia de aislación, se debe conectar el instrumento a la instalación tal como se muestra en la figura, para cada una de las mediciones indicadas anteriormente.

*Medidas de aislación
entre conductores
activos a tierra*



*Medidas de aislación entre
conductores activos*



3.1.3.2. Medición de la «puesta a tierra»

La puesta a tierra de protección debe tener un valor específico, de acuerdo a los requerimientos de las medidas de seguridad contra tensiones por contactos indirectos.

Las mediciones de supervisión eléctrica, para las protecciones contra contactos indirectos, son dos:

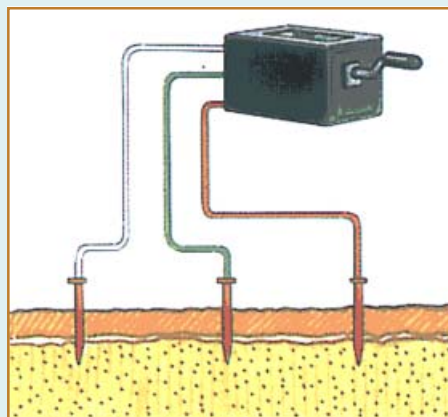
1. Medida de la tierra de protección.
2. Medida de tierra para la protección diferencial.

Los objetivos de la «puesta a tierra», son:

- Conducir a tierra (al suelo) todas las corrientes producidas por una falla de aislación que haya energizado las carcasas de los equipos eléctricos.
- Evitar que en las carcasas metálicas de los equipos eléctricos aparezcan tensiones que resulten peligrosas para la vida humana.
- Permitir que la protección del circuito (el disyuntor magneto-térmico) despeje la falla en un tiempo no superior a los 5 segundos.
- Controlar el nivel de tensión (voltaje) que aparece en las carcasas de los equipos eléctricos ante una falla de aislación, para que éste no alcance valores superiores a las tensiones de seguridad, es decir, 65 volts, en ambientes secos o de bajo riesgo eléctrico (habitaciones interiores y secas) y 24 volts, en ambientes húmedos o de alto riesgo eléctrico (a la interperie, zonas de humedad permanente, baños, etc.).

Para efectuar el ensayo de medición de una puesta a tierra, se deben tener presente las siguientes condiciones previas:

- La instalación debe estar «desenergizada».
 - Se deben retirar las puestas a tierra de la instalación. Es decir, se debe desconectar la conexión del conductor de puesta a tierra, con la toma a tierra principal (electrodo o barra copperweld).
 - La medición se efectúa utilizando un instrumento especial para la evaluación de puestas a tierra. Este instrumento posee tres terminales, los cuales deben ser conectados como lo indica la figura siguiente:
- Uno de los terminales se conecta a la puesta a tierra de la instalación (electrodo copperweld).
 - Los otros dos terminales se conectan a dos barras pilotos, que se deben clavar en el terreno a distancias pertinentes.
 - Posteriormente, se efectúa la medición haciendo girar la manivela del instrumento.
 - La aguja indicará el valor de la resistencia de la puesta a tierra, el que deberá ser igual o menor al valor calculado con la fórmula.



Medición puesta a tierra

3.1.3.3. Medición resistencia de pisos

Para establecer si un piso es aislante, se efectuará una medida de resistencia colocando sobre el piso un paño húmedo de forma cuadrada y de aproximadamente 270 mm de lado sobre el cual se colocará una placa metálica limpia, sin óxido, de forma cuadrada y de 250 mm por lado, sobre esta última se colocará una placa de madera de igual dimensión y de un espesor mínimo de 20 mm, el conjunto se cargará con un peso de aproximadamente 70 kg.

Se medirá la tensión mediante un voltmetro de resistencia interna R_i de aproximadamente 3 000 ohms, sucesivamente entre:

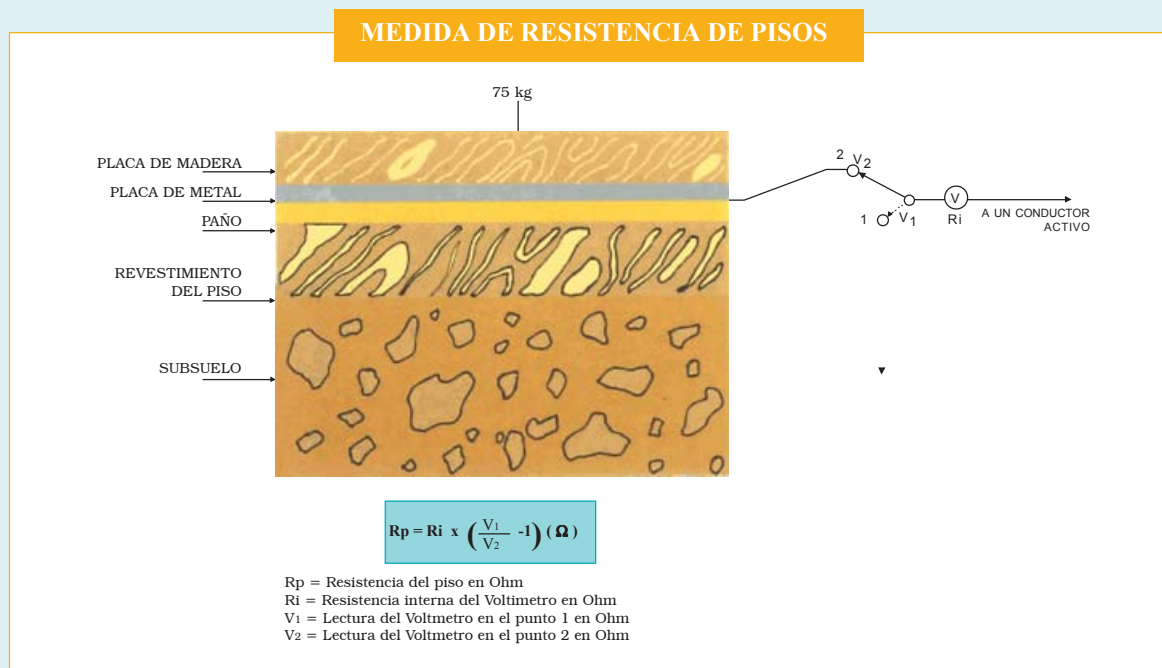
- Un conductor de fase y la placa metálica; esta tensión la llamaremos V_2 .
- Entre el mismo conductor de fase y una toma de tierra eléctricamente distinta de la placa, y de resistencia despreciable frente a R_i , esta tensión la llamaremos V_1 .
- La resistencia buscada estará dada por la relación:

$$R_p = R_i \times \left(\frac{V_1}{V_2} - 1 \right) (\Omega)$$

En un mismo local se efectuarán por lo menos tres mediciones. Si existe un elemento conductor en la Zona, por lo menos una de las mediciones deberá hacerse a una distancia de 1,00 m de él.

Para que el piso sea considerado aislante ninguna de las mediciones deberá arrojar valores inferiores a 50 000 ohms.

La disposición descrita aquí no es aplicable a sistemas o circuitos con neutro aislado de tierra.



3.1.3.4. Ensayo de polaridades

Aplicable cuando las reglas de instalación no permiten el uso de dispositivos unipolares de seccionamiento del neutro.

3.1.3.5. Ensayo de tensión aplicada

Tiene por objeto verificar la rigidez dieléctrica de los componentes de la instalación.

3.1.3.6. Ensayos de funcionamiento

Debe ser realizado estando montados todos los elementos de la instalación, tales como: tableros, dispositivos de accionamiento, controles y de protección, artefactos, etc., para verificar si el conjunto está en conformidad con las prescripciones y normas establecidas.

El Centro de Promoción de Usos del Cobre, **PROCOBRE**, es una organización de derecho privado sin fines de lucro. Es patrocinado por los productores y fabricantes de cobre y su misión es promover el uso del cobre y sus aleaciones, especialmente en Chile y en Latinoamérica, fomentando una disposición favorable hacia su utilización e impulsando la investigación y el desarrollo de nuevas aplicaciones.

PROCOBRE colabora y trabaja en forma coordinada con las empresas, el gobierno y los organismos relacionados con el cobre para materializar una acción convergente, con visión de largo plazo a nivel mundial.

En el cumplimiento de sus fines, **PROCOBRE** colabora con la edición del presente texto como un apoyo para la correcta manipulación de los productos de cobre.

EL COBRE ES ETERNO



Colombia: E-mail: colombia@copper.org <http://www.procobrecolombia.org>
Venezuela: E-mail: venezuela@copper.org <http://www.procobrevenezuela.org>
Ecuador: E-mail: ecuador@copper.org <http://www.procobreecuador.org>
Bolivia: E-mail: bolivia@copper.org <http://www.procobrebolivia.org>
Coordinación Perú: E-mail: peru@copper.org <http://www.procobreperu.org>
Dirección: Francisco Graña N° 671, Magdalena del Mar, Lima 17 - Perú.
Teléfonos: (51-1) 460-1600, Anexo 229. 261-4067 / 261-5931 / 461-1826
Fax: (51-1) 460-1616