

## Table of Contents

1 Seguritat en instal·lacions elèctriques.....	2
1.1 Efectes fisiològics de l'electricitat.....	2
1.2 Toma de terra.....	5
1.3 Llei d'Ohm, aplicada a les descàrregues.....	14
1.4 Procediments de seguretat.....	23
1.5 Respuesta a una emergencia.....	29
1.6 Causas frecuentes de accidentes.....	31
1.7 Diseño de dispositivos seguros.....	34
1.8 Utilización segura del polímetro (multímetro).....	42
1.9 Soluciones.....	53

# 1 Seguritat en instal·lacions elèctriques

## 1.1 Efectes fisiològics de l'electricitat

La majoria de nosaltres hem experimentat alguna forma de "descàrrega" elèctrica, en la qual l'electricitat provoca en el nostre cos dolor. Si tenim sort, l'abast d'aquesta experiència es limita a pessigolles. Quan treballem amb circuits elèctrics capaços de subministrar grans potències a les càrregues, les descàrregues elèctriques es converteixen en un problema molt més greu, i el risc de sofrir-les és molt major. En aquests casos, el dolor és la conseqüència menys greu de la descàrrega. Quan el corrent elèctric es condueix a través d'un material, qualsevol oposició a aquest flux d'electrons (resistència) provoca una dissipació d'energia, normalment en forma de calor. Aquest és l'efecte més bàsic i fàcil d'entendre de l'electricitat en els teixits vius: el corrent fa que s'escalfin. Si la quantitat de calor generada és suficient, el teixit pot cremar-se. L'efecte és fisiològicament el mateix que el mal causat per una flama oberta o una altra font de calor a alta temperatura, tret que l'electricitat té la capacitat de cremar teixit per sota de la pell, fins i tot cremar òrgans interns. Un altre efecte del corrent elèctric sobre el cos, potser el més important en termes de perillositat, afecta al sistema nerviós. Per "sistema nerviós" s'entén la xarxa de cèl·lules del cos anomenades "cèl·lules nervioses" o "neurones" que processen i condueixen la multitud de senyals responsables de la regulació de moltes funcions corporals. El cervell, la medul·la espinal i els òrgans del cos funcionen en conjunt, permetent sentir, moure's, respondre, pensar i recordar. Les cèl·lules nervioses creen i emeten senyals elèctrics de molt baixa tensió i intensitat en resposta a uns certs compostos químics anomenats neurotransmissors. També actuen al revés, alliberant neurotransmissors en ser estimulades amb senyals elèctrics.

Si es condueix un corrent elèctric de magnitud suficient a través d'un ésser viu (humà o un altre), el seu efecte serà anul·lar els petits impulsos elèctrics generats normalment per les neurones, sobrecarregant el sistema nerviós i impedit que els senyals reflexos i volutius (són els senyals que provoquen les contraccions voluntàries dels músculs) actuïn sobre els músculs. Els músculs activats per un corrent extern (descàrrega) es contreuen involuntàriament, sense que la víctima pugui fer res per a evitar-ho.

Aquest problema és especialment perillós si la víctima entra en contacte amb un objecte sota tensió amb les mans. Els músculs de l'avantbraç responsables de doblegar els dits tendeixen a estar millor desenvolupats que els músculs responsables d'estendre els dits, per la qual cosa si tots dos grups de músculs intenten contreure's a causa d'un corrent elèctric conduït a través del braç de la persona, els músculs "flexors" guanyaran, tancant-se el puny.

Això farà que la víctima estrenyi fortament el cable amb la mà empitjorant així la situació en assegurar un excel·lent contacte amb el cable. La víctima serà incapaç de deixar anar el conductor.

Aquesta contracció muscular involuntària es denomina tètanus. Els electricistes familiaritzats amb aquest efecte de la descàrrega elèctrica sovint es refereixen a una víctima immobilitzada de la descàrrega elèctrica com "congelada en el circuit". El tètanus induït per descàrrega elèctrica només pot interrompre's detenint el corrent a través de la víctima. Fins i tot quan es deté el corrent, és possible que la víctima no recuperi el control voluntari dels seus músculs durant un temps, ja que l'equilibri químic dels neurotransmissors s'ha descompensat.

Aquest principi s'ha aplicat a les pistoles atordidores, com les Taser, que electrocuten momentàniament a la víctima amb un impuls d'alt voltatge subministrat entre dos elèctrodes. Una descàrrega ben col·locada té l'efecte d'immobilitzar temporalment (uns minuts) a la víctima.

Una descàrrega elèctrica també pot afectar el múscul del diafragma que controla els pulmons i el cor quedant parats, en un estat de tètanus, pel corrent elèctric. Fins i tot corrents massa baixes per a provocar el tètanus, són capaçes d'alterar els senyals de les cèl·lules nervioses prou com perquè el cor no pugui bategar correctament, provocant un estat conegut com a fibril·lació.

Un cor fibril·lant és ineficaç per a bombar sang als òrgans vitals del cos. La mort per asfíxia i/o aturada cardíaca serà el resultat d'un corrent elèctric prou fort.

Curiosament, el personal mèdic utilitza una forta descàrrega de corrent elèctric en el pit d'una víctima per a "reactivar" un cor fibril·lant i que aquest torni a bategar al seu ritme normal.

La forma en què el corrent altern afecte a l'organisme depèn en gran manera de la seva freqüència. La CA de baixa freqüència s'utilitza en les llars estatunidenques (60 Hz) i europeus (50 Hz) i és de 3 a 5 vegades més perillosa que el corrent continu de la mateixa tensió i amperatge.

“El corrent altern de baixa freqüència provoca contracció muscular prolongada (tetània), que pot congelar la mà a la font de corrent, prolongant l'exposició.

El corrent continu sol provocar una única contracció convulsiva, que sovint obliga la víctima a allunyar-se de la font de corrent.”

#### Font

Robert S. Porter, MD, editor, “The Merck Manuals Online Medical Library”, “Electrical Injuries,” at <http://www.merck.com/mmpe/sec21/ch316/ch316b.html>

#### Resum

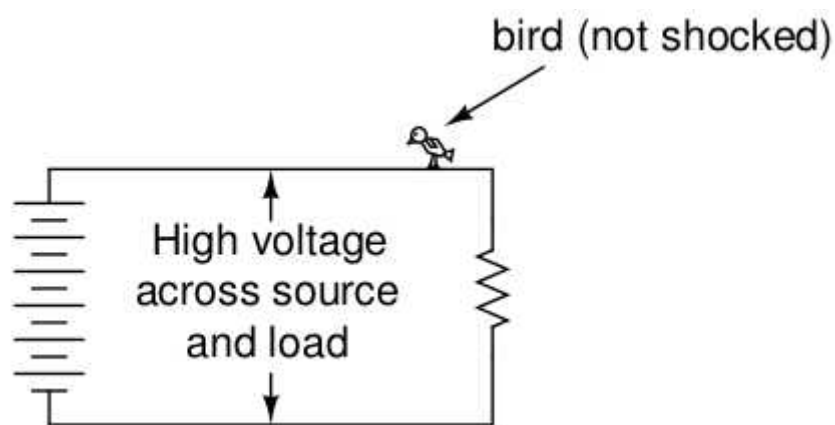
- El corrent elèctric és capaç de produir cremades profundes i greus a causa de la potència elèctrica dissipada a través de la resistència del cos.
- El tètanus és una estat en el qual els músculs es contreuen involuntàriament a causa del pas d'un corrent elèctric pel cos. La contracció involuntària dels músculs dels dits fa que la víctima no pugui deixar anar un conductor elèctric. Es diu que la víctima està "congelada".
- Els músculs del diafragma (pulmó) i del cor es veuen afectats de manera similar pel corrent elèctric. Fins i tot corrents massa petites per a induir el tètanus els poden paralitzar.
- El corrent continu (CC) presenta més probabilitats de provocar un tètanus muscular que el corrent altern (CA), per la qual cosa és més probable que la CC "congegi" a una víctima en cas de descàrrega. No obstant això, la CA provoca la fibril·lació del cor de la víctima amb major probabilitat que el CC. La fibril·lació pot manifestar-se fins i tot passat un temps després de rebre la descàrrega.

## 1.2 Toma de terra

Com s'ha vist anteriorment, l'electricitat requereix un camí (circuit) entre dos punts (pols) entre els quals existeixi tensió, perquè flueixi un corrent.

L'electricitat estàtica causa descàrregues momentànies. El flux d'electrons és breu quan les càrregues estàtiques s'igualen entre dos objectes. Aquest tipus de descàrregues no solen ser perilloses.

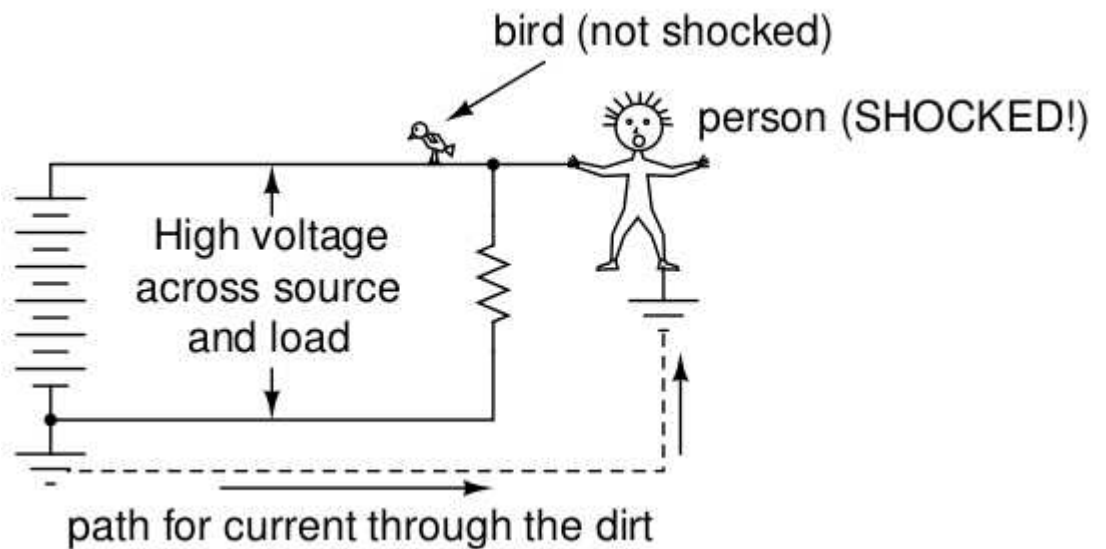
Són necessaris dos punts de contacte del cos perquè entri i surti el corrent. Els ocells poden posar-se sobre línies d'alta tensió sense sofrir una descàrrega, perquè el seu contacte amb el circuit és en un sol punt.



Perquè els electrons circulin per un conductor, és necessària una tensió que els mogui. La tensió, és sempre relativa a dos punts. No té sentit parlar de tensió si s'observa un únic punt del circuit. Falta un segon punt de referència. L'ocell, està en contacte amb un únic punt del circuit, per això no rep una descàrrega. Encara que les potes estiguin sobre el cable, és el mateix cable i la tensió en les potes és la mateixa. Elèctricament parlant, totes dues potes de l'ocell toquen el mateix punt, per tant no hi ha tensió entre elles per a causar un corrent a través del seu cos.

Es podria pensar que és impossible rebre una descàrrega elèctrica tocant un només cable. Com els ocells, que tocant un sol cable, no s'electrocuten. Desgraciadament, això no és cert. A diferència dels ocells, les persones solen estar dempeus sobre el sòl (terra) quan entren en contacte amb un cable amb tensió.

Generalment, un dels costats (pols) d'un subministrament elèctric està intencionadament connectat a terra. Si la persona toca el cable que no està connectat a terra, està fent una connexió a terra amb el seu cos. Es tracta d'un contacte entre dos punts del circuit, amb diferent tensió, la del conductor i la de la presa de terra.



El símbol de terra és el conjunt de tres ratlles horitzontals d'amplària decreixent situades en la part inferior esquerra del circuit. L'esquema mostra, que també els peus de la persona que rep la descàrrega, toquen terra.

La presa de terra del sistema elèctric consisteix en alguna mena de conductor metàl·lic enterrat profundament en el sòl per a fer el màxim contacte amb la terra. El conductor enterrat està connectat elèctricament al circuit mitjançant un cable gruixut. La connexió a terra de la víctima és a través dels seus peus, que estan en contacte amb la terra.

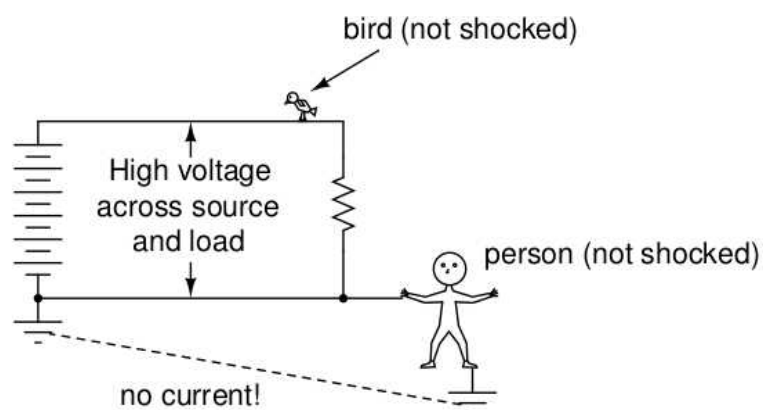
Observant l'esquema anterior, sorgeixen les següents preguntes:

Si la presència d'una presa de terra és la raó per la qual hi ha tensió entre el conductor del circuit i terra, no seria millor prescindir de la presa de terra?

La víctima de la descàrrega, probablement no camina descalça. Si els plàstics són aïllants, per què les sabates no la protegeixen de la descàrrega?

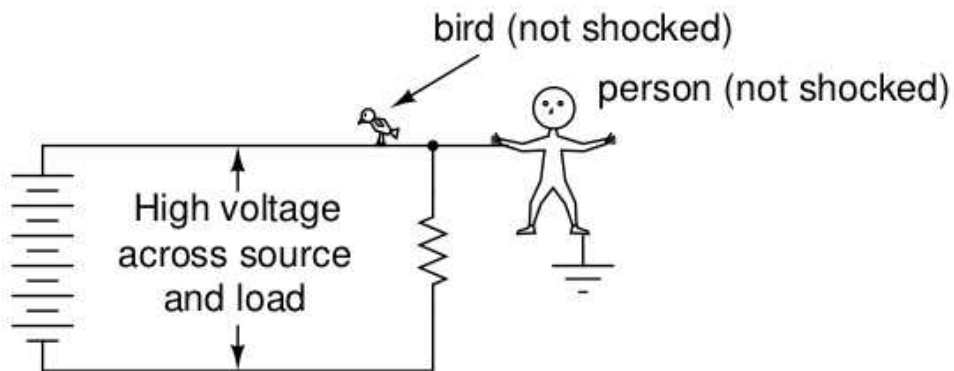
És el sòl un bon conductor? Si és possible rebre una descàrrega a través del sòl, perquè no s'utilitza terra com a material conductor en els circuits elèctrics?

La resposta a la primera pregunta és que un punt de connexió a terra en un circuit elèctric garanteix que un dels seus costats tingui el mateix potencial que la terra i es pot tocar sense perill de rebre una descàrrega. Si la persona de l'esquema toqués la part inferior de la resistència, no passaria res, encara que els seus peus estiguessin en contacte amb terra:



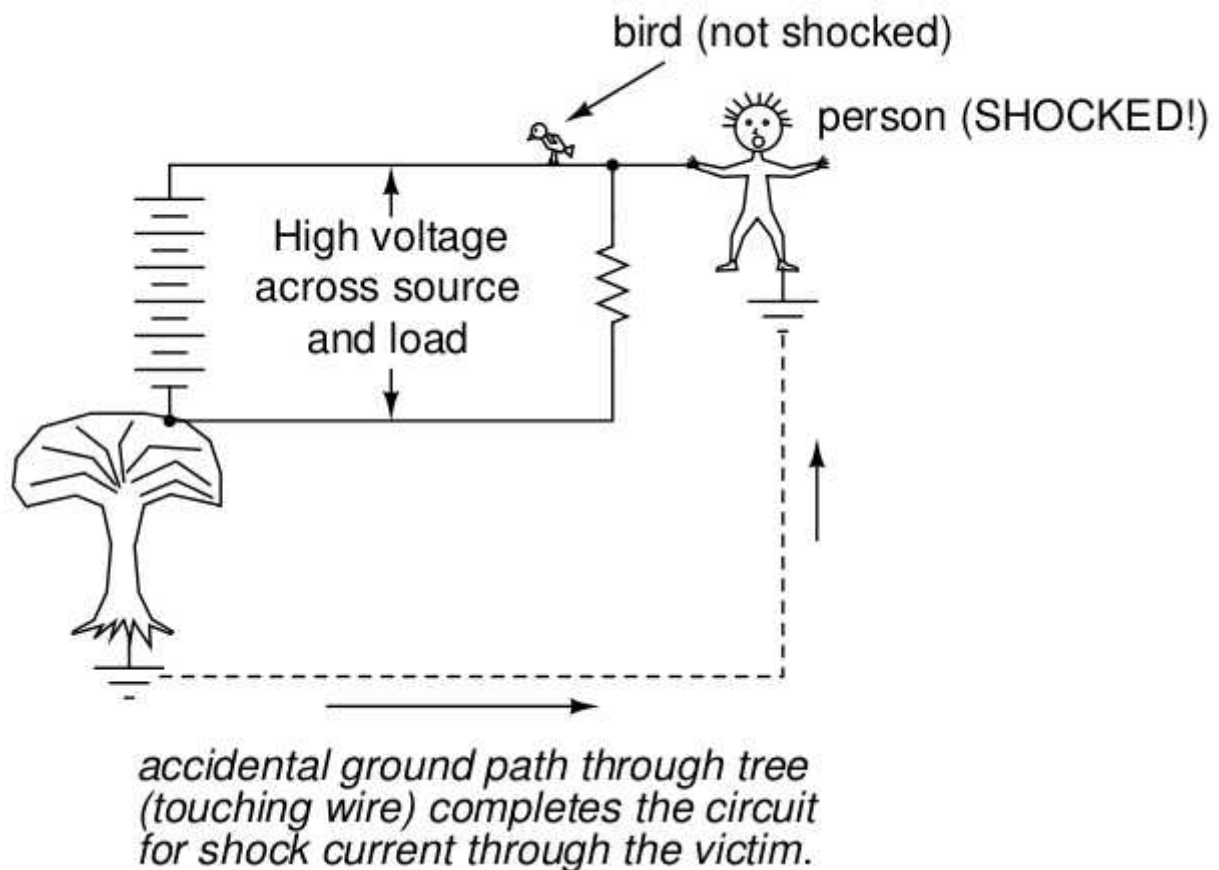
La connexió a terra del circuit garanteix que almenys una part del circuit serà segura de tocar. Però què passa si es deixa un circuit completament sense connexió a terra? No faria això segur el circuit complet, perquè només hi hauria tensió entre els pols del generador, no cap a terra?

En teoria, sí. En la pràctica, no. Sense connexió a terra, la situació seria la següent:



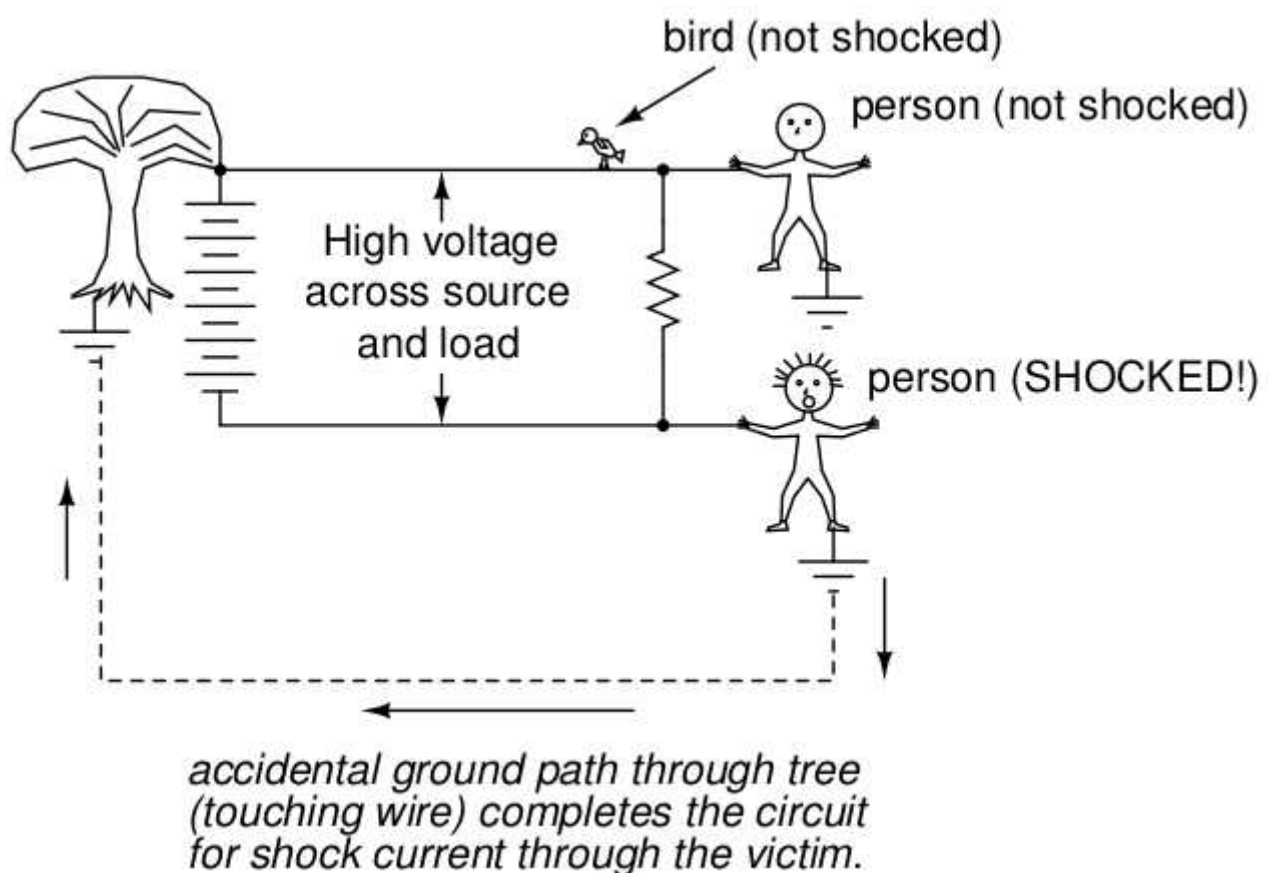


A pesar que els peus de la persona estan en contacte amb terra, qualsevol punt del circuit hauria de poder tocar-se sense perill. Com no s'ha tancat el circuit entre els costats inferior i superior de la font de tensió, no circula corrent per la persona. No obstant això, aquesta situació canviaria amb una presa de terra accidental. Si la branca d'un arbre toqués una línia elèctrica, la connectaria a terra.



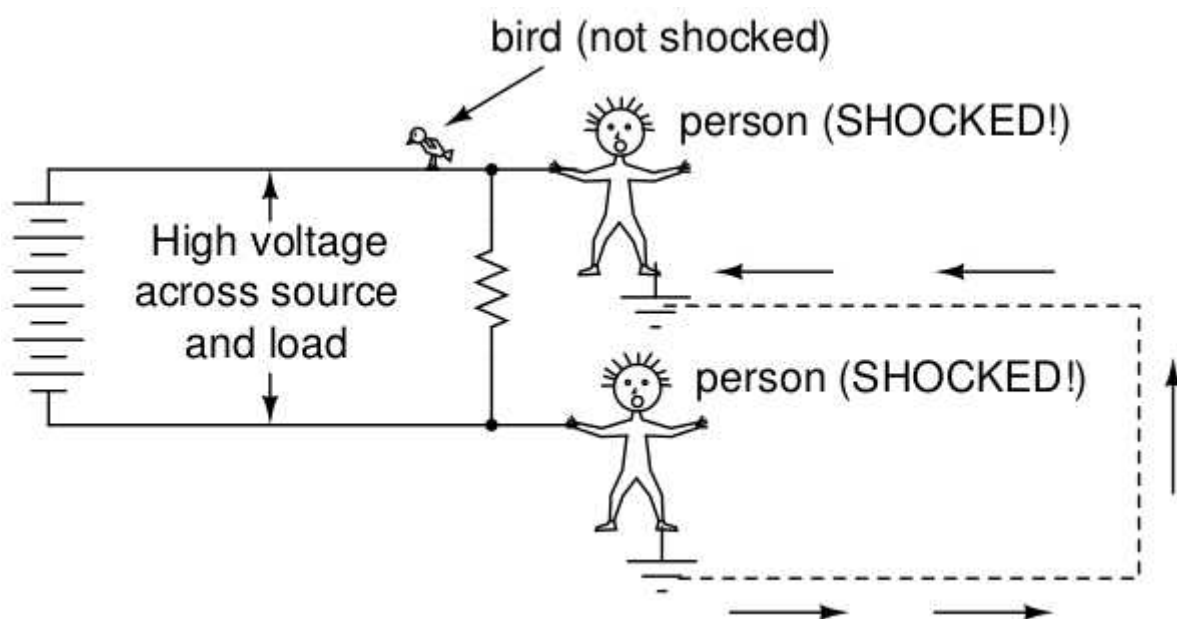
Una connexió accidental d'aquest tipus entre un conductor del sistema elèctric i la terra es denomina falla a terra. Les falles a terra poden deure's a moltes causes, com l'acumulació de brutícia en elements d'aïllament de les línies elèctriques, filtració d'aigua en els conductors subterranis de les línies elèctriques, ocells que es posen en les línies elèctriques, pontejant la línia amb la torre de cablejat amb les seves ales...

Les falles a terra solen ser imprevisibles a causa de les seves múltiples causes. Per exemple el contacte del cable amb les branques d'un arbre . Si un arbre fregués el cable superior del circuit, seria segur tocar el superior i perillós l'inferior. Si l'arbre toca el cable inferior, la situació s'inverteix i el perill el presenta el cable superior.



Amb una branca d'arbre en contacte amb el cable superior, aquest cable es converteix en el conductor a terra en el circuit, fent de presa de terra. Per tant, no hi ha tensió entre aquest cable i terra, però sí entre el cable inferior i terra.

Es considera ara un sistema elèctric sense connexió a terra i sense arbres, però aquesta vegada amb dues persones tocant cables diferents:



Les persones estan tocant cables de diferent potencial. A través dels peus de les persones, la terra tanca el circuit i ambdues reben una descàrrega.

Encara que cada persona pensi que està fora de perill tocant un sol punt del circuit, les seves accions combinades creen un escenari mortal.

Una persona tocant un cable del circuit actua com la falla a terra que fa que sigui insegur tocar un cable diferent per a l'altra persona. Aquesta és la raó per la qual els sistemes elèctrics sense connexió a terra són perillosos. La tensió entre qualsevol punt del circuit i terra és impredecible, perquè una falla a terra pot donar-se en qualsevol punt del circuit en qualsevol moment. Únicament l'ocell, que no té cap connexió a terra es troba segur.

Gràcies a la presa de terra, tots aquells components del circuit connectats a terra deixen de ser perillosos, en el que a descàrregues elèctriques es refereix, perquè mai presentaran tensió. Aquesta opció és millor que cap presa de terra.

En resposta a la segona pregunta, el calçat amb sola de goma proporciona cert aïllament elèctric que ajuda a protegir les persones de la conducció del corrent elèctric a través dels seus peus. No obstant això, els dissenys de calçat més comuns no estan pensats per a ser elèctricament "segurs", les seves soles són massa fines i els materials inadequats. A més, qualsevol humitat, brutícia o sals conductores, procedents de la suor corporal, en les soles de les sabates reduiran el poc valor aïllant que tingui la sabata.

S'ofereixen sabates fabricades específicament per a treballs elèctrics perillosos, així com gruixudes catifes de goma per a treballar en circuits amb tensió. Aquests equips especials han d'estar completament nets i secs per a ser eficaços.

El calçat normal no és suficient protecció contra les descàrregues elèctriques.

Les recerques realitzades sobre la resistència de contacte entre parts del cos humà i punts de contacte (com el sòl) mostren una àmplia gamma de valors de resistència:

- Contacte de mà o peu, aïllat amb cautxú: 20 M $\Omega$  típic.
- Contacte dempeus a través de sola de sabata de cuir (sec): 100 k $\Omega$  a 500 k $\Omega$
- Contacte del peu a través de sola de sabata de cuir (humit): 5 k $\Omega$  a 20 k $\Omega$

Font

Robert S. Porter, MD, editor, "The Merck Manuals Online Medical Library", "Electrical Injuries," at <http://www.merck.com/mmpe/sec21/ch316/ch316b.html>

El cautxú no sols és un material molt millor aïllant que el cuir, sinó que la presència d'aigua en una substància porosa com el cuir redueix considerablement la seva resistència elèctrica.

En resposta a la tercera pregunta, la brutícia no és un bon conductor (almenys quan està seca!). No és un conductor adequat per a conduir un corrent que alimenti una càrrega. No obstant això, com veurem en el següent apartat, es necessita molt poc corrent per a ferir o matar a una persona, així que fins i tot la mala conductivitat de la brutícia és suficient per a proporcionar un camí per al corrent mortal, havent-hi tensió suficient, com sol ocórrer en els sistemes elèctrics.

Algunes superfícies de terra són millors aïllants que unes altres. L'asfalt, per exemple, en estar compost per olis, presenta una resistència molt major que la majoria dels tipus de terra o roca. El

formigó tendeix a tenir una resistència bastant baixa a causa del seu contingut d'aigua i electròlits (substàncies químiques conductores).

### **Resum**

- Una descàrrega elèctrica només pot produir-se quan hi ha contacte amb almenys dos punts del circuit, amb diferència de tensió entre ells.
- Els circuits elèctrics han de tenir un punt que està "connectat a terra". La presa de terra consta de barres o plaques metàl·liques enterrades en el sòl, que garanteixen que una part del circuit està sempre a potencial de terra.
- Una falla a terra és una connexió accidental entre un conductor del circuit i la terra.
- Es fabriquen sabates i catifes aïllants especials per a protegir les persones de les descàrregues per conducció a terra, però fins i tot aquests equips han d'estar nets i secs per a ser eficaços.
- El calçat normal no presenta suficient aïllament per a protegir una persona d'una descàrrega.
- Encara que la brutícia és un mal conductor, pot conduir suficient corrent com per a ferir o matar a una persona.

### 1.3 Llei d'Ohm, aplicada a les descàrregues

Una frase comuna que se sent en referència a la seguretat elèctrica diu: "No és el voltatge que mata, sinó el corrent". Encara que hi ha alguna cosa de veritat en això, no és tan simple. Si el voltatge no representés perill, no es col·locarien cartells advertint: PERILL - ALTA TENSIÓ!

El principi que "el corrent mata" és essencialment correcte. És el corrent elèctric la que crema els teixits, congela els músculs i fa fibrillar els cors. No obstant això, el corrent elèctric no es produeix per si sol, ha d'haver-hi una tensió disponible per a causar un flux d'electrons a través d'una víctima. El cos d'una persona també presenta una resistència al corrent que cal tenir en compte.

Prenent la Llei d'Ohm per a la tensió, el corrent i la resistència, i expressant-la en termes de corrent per a un voltatge i una resistència donats, resulta aquesta equació:

$$I = \frac{E}{R} \qquad \text{corriente} = \frac{\text{tensión}}{\text{resistencia}}$$

La quantitat de corrent que travessa un cos és igual a la quantitat de tensió aplicada entre dos punts d'aquest cos, dividida per la resistència elèctrica que ofereix el cos entre aquests dos punts.

Evidentment, com més gran sigui el voltatge disponible per a fer que els electrons flueixin, més fàcilment ho faran a través d'una resistència donada. D'aquí el perill de l'alta tensió. Tensió significa potencial per a grans fluxos de corrent a través del cos, la qual cosa causarà lesions o mort. Per contra, quanta més resistència ofereixi un cos al corrent, menor serà el flux a una tensió determinada. La perillositat de la tensió depèn de la resistència total que hi hagi en el circuit per a oposar-se a ella.

La resistència corporal no és una constant, varia d'una persona a una altra, fins i tot d'un moment a un altre.

Existeix una tècnica de mesurament del greix corporal basada en el mesurament de la resistència elèctrica entre els dits dels peus i de les mans. Diferents percentatges de greix corporal proporcionen diferents resistències. Aquesta és només una de les variables que influeixen a la resistència elèctrica en el cos humà. Perquè el mesurament sigui precís, la persona ha de regular la

seva ingesta de líquids durant diverses hores abans de la prova, la qual cosa indica que la hidratació corporal és un altre factor que influeix en la resistència elèctrica del cos.

La resistència corporal també varia en funció de la forma en què es produeix el contacte amb la pell: és de mà a mà, de peu a peu, de mà a colze, etc.?

La suor, en ser ric en sals i minerals, és un excel·lent conductor d'electricitat per ser un líquid.

També ho és la sang, amb un elevat contingut de substàncies químiques conductores. Per tant, el contacte amb un cable fet per una mà suosa o una ferida oberta oferirà molta menys resistència al corrent que el contacte amb la pell neta i seca.

Subjectant una sonda del polímetre en cada mà amb els dits (mans netes i seques), la resistència que es mesura és d'aproximadament 1 milió d'ohms (1 MΩ). El mesurador indica menys resistència al estrenyer les sondes amb força i major resistència sense estrènyer-les. Treballant en un entorn industrial calorós i brut, la resistència entre les mans probablement seria molt menor, presentant menys resistència i una major amenaça de descàrrega elèctrica.

Quin és el corrent perjudicial?

L'efecte del corrent sobre el cos depèn de diversos factors. La química corporal individual té un impacte significatiu en com el corrent elèctric afecta a un individu. Algunes persones són molt sensibles al corrent i sofreixen espasmes musculars amb les descàrregues d'electricitat estàtica. Altres persones a penes perceben una descàrrega d'electricitat estàtica i molt menys experimenten un espasme muscular. Malgrat aquestes diferències, s'han desenvolupat directrius aproximades a través de proves que indiquen que es necessita molt poc corrent per a manifestar efectes nocius.

Les xifres de corrent de la següent taula s'indiquen en miliamperes:

BODILY EFFECT	DIRECT CURRENT (DC)	60 Hz AC	10 kHz AC
Slight sensation felt at hand(s)	Men = 1.0 mA Women = 0.6 mA	0.4 mA 0.3 mA	7 mA 5 mA
Threshold of perception	Men = 5.2 mA Women = 3.5 mA	1.1 mA 0.7 mA	12 mA 8 mA
Painful, but voluntary muscle control maintained	Men = 62 mA Women = 41 mA	9 mA 6 mA	55 mA 37 mA
Painful, unable to let go of wires	Men = 76 mA Women = 51 mA	16 mA 10.5 mA	75 mA 50 mA
Severe pain, difficulty breathing	Men = 90 mA Women = 60 mA	23 mA 15 mA	94 mA 63 mA
Possible heart fibrillation after 3 seconds	Men = 500 mA Women = 500 mA	100 mA 100 mA	

Aquestes xifres són només aproximades, ja que persones amb diferent química corporal poden reaccionar de manera diferent. S'ha suggerit que un corrent altern a través del tòrax de només 17 miliamperes és suficient per a induir la fibril·lació en determinades condicions.

La majoria de les dades relatives a la fibril·lació induïda procedeixen d'assajos amb animals.

Suposem que es col·loquen les mans sobre els terminals d'una font de tensió alterna a 60 Hz . Quanta tensió seria necessària, tenint les mans netes i seques, per a produir un corrent de 20 miliamperes (suficient per a provocar tètanus i ser incapaç de deixar anar la font de tensió)?

Amb la Llei d'Ohm ( $E=IR$ ) es calcula:

$$E = IR$$

$$E = (20 \text{ mA})(1 \text{ M}\Omega)$$

$$E = 20.000 \text{ voltios, o } 20 \text{ kV}$$

S'ha de tenir en compte que es tracta del "millor dels casos" (pell neta i seca) des del punt de vista de la seguretat elèctrica, i que aquesta xifra de tensió representa la quantitat necessària per a induir una descàrrega elèctrica necessària per a induir el tètanus. Es necessitaria molta menys tensió per a provocar una descàrrega dolorosa. A més, els efectes fisiològics d'una determinada quantitat de corrent poden variar significativament d'una persona a una altra. Aquests càlculs no són més que estimacions aproximades.

Amb aigua ruixada en els dits per a simular la suor, s'ha mesurat una resistència de mà a mà de només 17.000 ohms (17 k $\Omega$ ). Això tenint en compte que les puntes de les sondes de mesurament s'estan tocant només amb un dit de cada mà. Calculant la tensió necessària per a provocar un corrent de 20 miliamperes, s'obté:

$$E = IR$$

$$E = (20 \text{ mA})(17 \text{ k}\Omega)$$

$$E = 340 \text{ voltios}$$

En aquesta condició, més pròxima a la realitat, només farien falta 340 volts de potencial d'una de les meves mans a l'altra per a provocar 20 miliamperes de corrent. No obstant això, encara és possible rebre una descàrrega mortal amb una tensió menor. Sempre que la resistència del cos baixi. Per exemple un anell metàl·lic redueix la resistència en cas de contacte amb un objecte metàl·lic gran



com una canonada metàl·lica o una eina. En aquest cas, la resistència corporal podria descendir fins als 1.000 ohms (1 kΩ), la qual cosa fa que una tensió encara menor representi un perill potencial:

$$E = IR$$

$$E = (20 \text{ mA})(1 \text{ k}\Omega)$$

$$E = 20 \text{ voltios}$$

En aquestes condicions, 20 volts són suficients per a produir un corrent de 20 miliamperes a través d'una persona. Aquest corrent seria suficient per a induir el tètanus. S'ha indicat que un corrent de només 17 miliamperes pot induir fibril·lació ventricular (cor). Amb una resistència de mà a mà de 1000 Ω, bastarien 17 volts per a crear aquesta perillosa situació:

$$E = IR$$

$$E = (17 \text{ mA})(1 \text{ k}\Omega)$$

$$E = 17 \text{ voltios}$$

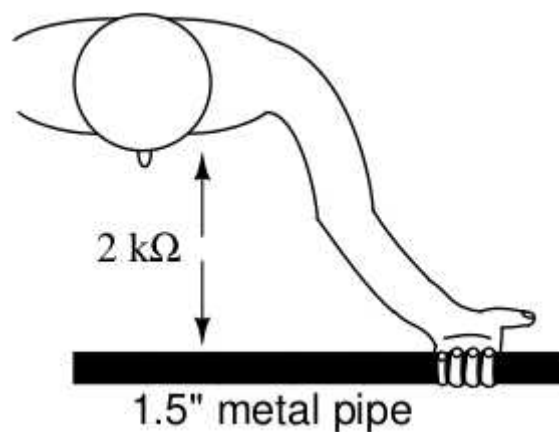
Disset volts no és molt en el que a sistemes elèctrics es refereix. És cert que es refereix a una tensió alterna de 60 Hz i una excel·lent conductivitat del cos, però demostra que fins i tot tensions molt baixes poden representar una amenaça greu en determinades condicions.

Les condicions necessàries per a produir 1.000 Ω de resistència corporal (pell suosa amb el contacte fet amb un anell d'or) no tenen per què ser tan extremes. La resistència corporal pot disminuir amb l'aplicació de voltatge (especialment si el tètanus fa que la víctima agarri amb més força el conductor), de manera que amb una tensió constant la descàrrega pot augmentar en gravetat després del contacte inicial. El que comença com una descàrrega lleu, prou per a "congelar" a una víctima, que no pugui deixar-se anar, es pot convertir en una descàrrega mortal, en disminuir la resistència del cos i augmentar el corrent durant la descàrrega.

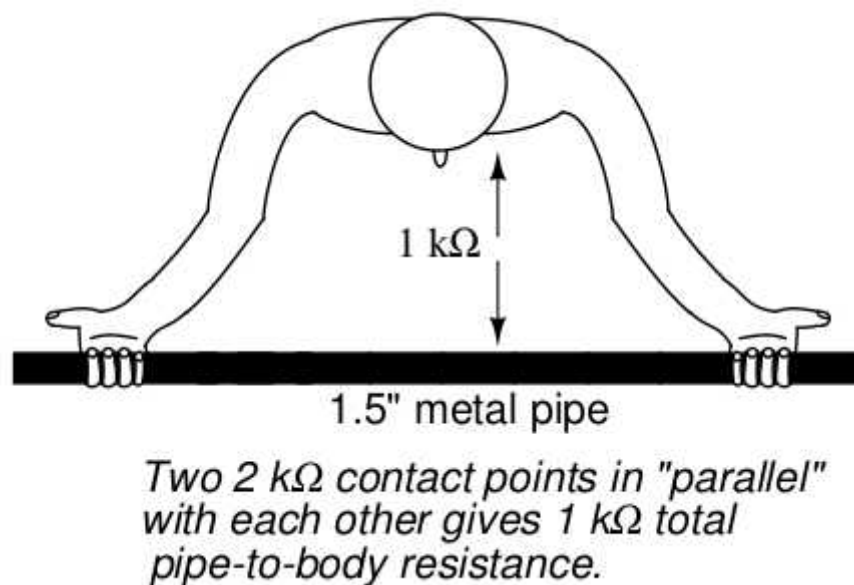
Valors per a la resistència elèctrica d'una persona, en diferents condicions:

- Filferro tocat amb el dit: 40.000  $\Omega$  a 1.000.000  $\Omega$  en sec, 4.000  $\Omega$  a 15.000  $\Omega$  en humit.
- Filferro agafat amb la mà: 15.000  $\Omega$  a 50.000  $\Omega$  en sec, 3.000  $\Omega$  a 5.000  $\Omega$  en humit.
- Alicates metàl·liques agafades amb la mà: 5.000  $\Omega$  a 10.000  $\Omega$  en sec, 1.000  $\Omega$  a 3.000  $\Omega$  en humit.
- Contacte amb el palmell de la mà: 3.000  $\Omega$  a 8.000  $\Omega$  en sec, 1.000  $\Omega$  a 2.000  $\Omega$  en humit.
- Tub metàl·lic de 35 mm agarrat amb una mà: 1.000  $\Omega$  a 3.000  $\Omega$  en sec, 500  $\Omega$  a 1.500  $\Omega$  en humit.
- Tub metàl·lic de 35 mm agarrat per dues mans: 500  $\Omega$  a 1.500 k $\Omega$  en sec, 250  $\Omega$  a 750  $\Omega$  en humit.
- Mà submergida en líquid conductor: 200  $\Omega$  a 500  $\Omega$ .
- Peu submergit en líquid conductor: 100  $\Omega$  a 300  $\Omega$ .

El valor de resistència agarrant una canonada amb les dues mans és exactament la meitat de quan la canonada s'agarra amb una sola mà.



Amb dues mans, l'àrea de contacte és el doble que amb una mà. Aquesta és una lliçó important: la resistència elèctrica entre objectes en contacte disminueix amb l'augment de la superfície de contacte. Amb les dues mans subjectant el tub, els electrons tenen dues rutes paral·leles per les quals fluir del tub al cos (o viceversa).



Es veurà més endavant que els conductors en paral·lel sempre donen com a resultat una resistència total menor que qualsevol conductor considerat independentment.

En la indústria, se sol considerar perilloses tensions que superin els 30 volts.

Una persona previnguda ha d'evitar el contacte amb objectes sota tensió superior a 30 volts, i no confiar en la resistència normal del cos per a protegir-se d'una descàrrega. Dit això, continua sent una excel·lent idea mantenir les mans netes i seques i llevar-se tot adorn metàl·lic en treballar amb electricitat. Fins i tot amb voltatges baixos, els adorns metàl·lics poden suposar un perill en conduir suficient corrent com per a cremar la pell, si es posen en contacte entre dos punts d'un circuit. Els anells de metall, especialment, han estat la causa de més d'un dit cremat en fer de pont entre dos punts d'un circuit de baixa tensió.

A més, les tensions inferiors a 30 V poden ser perilloses, ja que la persona es pot espantar per una descàrrega i fer un moviment brusc que, accidentalment, la posi en contacte amb un punt de tensió superior o causi algun altre perill.

Recordo una vegada treballant arreglant automòbil un calorós dia d'estiu. Jo portava pantalons curts i la meua cama nua estava en contacte amb el para-xocs cromat del vehicle, mentre estrenyia les connexions de la bateria. Quan vaig tocar amb una clau metàl·lica el costat positiu (no connectat a terra) de la bateria de 12 volts, vaig sentir un formigueig a la cama (en el punt on la meua cama tocava el para-xocs). La combinació del contacte ferm amb el metall i la meua pell suosa va fer possible sentir una descàrrega amb només 12 volts de potencial elèctric.

Afortunadament, no va passar res, però si el motor hagués estat en marxa i la descàrrega l'hagués sentit a la mà en lloc de la cama, podria haver sacsejat el braç per reflex i haver-lo posat en la trajectòria del ventilador, o haver deixat caure la clau metàl·lica sobre els borns de la bateria, causant un curtcircuit.

El corrent elèctric pot ser una causa indirecta de lesions en provocar moviments incontrolats.

Del camí que el corrent prengui a través del cos, depèn la seva perillositat.

El corrent afectarà a tots els músculs que trobi en el seu recorregut. Atès que els músculs del cor i els pulmons (diafragma) són probablement els més importants per a la supervivència, les descàrregues que travessen el pit són les més perilloses. Per això, el corrent d'una mà a una altra és molt perillosa i sovint causa de lesió o mort.

Per a evitar que això ocorri, és aconsellable utilitzar una sola mà treballant en circuits amb tensió perillosa, guardant l'altra mà en una butxaca per a no tocar res accidentalment.

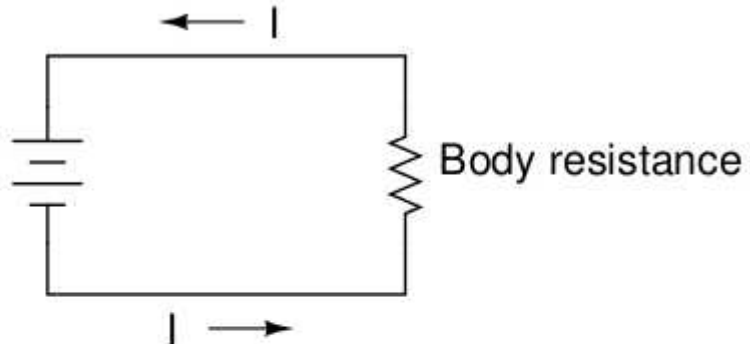
Per descomptat, sempre és més segur treballar en un circuit sense tensió, però això no sempre és pràctic o possible. Per a treballar amb una sola mà, se sol preferir la mà dreta en lloc de l'esquerra per dues raons: la majoria de les persones són destres (el que els permet una major coordinació a l'hora de treballar) i el cor sol estar situat en el costat esquerre del pit.

Per als esquerrans, aquest consell pot no ser vàlid. Si una persona té poca coordinació amb la mà dreta, pot posar-se en major perill si utilitza aquesta mà.

Convé utilitzar la mà amb la qual un se senti més còmode, fins i tot si el corrent de descàrrega a través d'aquesta mà representa un major perill per al cor.

La millor protecció contra les descàrregues d'un circuit sota tensió és la resistència i la resistència es pot augmentar mitjançant l'ús d'eines, guants, botes i altres equips aïllants. El corrent en un circuit és una funció del voltatge disponible dividit per la resistència total en la trajectòria del flux. Com es

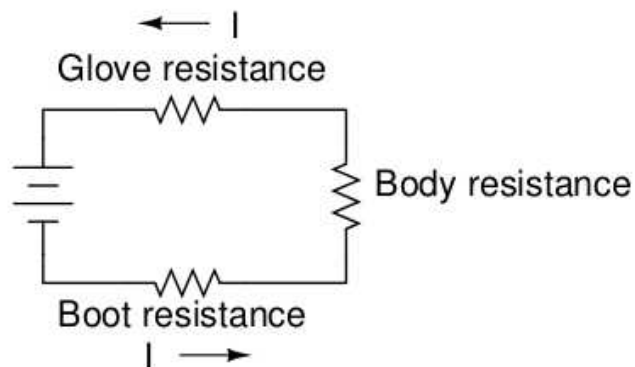
veurà amb més detall més endavant, les resistències se sumen quan només hi ha un camí perquè flueixin els electrons:



Person in direct contact with voltage source:  
current limited only by body resistance.

$$I = \frac{E}{R_{\text{body}}}$$

El següent és el circuit equivalent per a una persona amb botes i guants de protecció:



Person wearing insulating gloves and boots:  
current now limited by *total* circuit resistance.

$$I = \frac{E}{R_{\text{glove}} + R_{\text{body}} + R_{\text{boot}}}$$

Atès que el corrent elèctric ha de travessar les botes, el cos i els guants per a completar el seu circuit de tornada a la bateria, la suma d'aquestes resistències oposa al flux d'electrons major resistència que qualsevol de les resistències considerades individualment.

La seguretat és una de les raons per les quals els cables elèctrics solen estar recoberts de material aïllant.

No obstant això, l'aïllament dels conductors d'alta tensió no és suficient per a garantir la seguretat en cas de contacte accidental. Per això, aquestes línies es mantenen fora de l'abast públic.

## Resum

- La gravetat de les lesions depenen del valor del corrent de descàrrega. Un voltatge més alt causa corrents majors i per tant més perilloses. La resistència s'oposa al pas del corrent, reduint-la, per la qual cosa és una bona mesura de protecció contra les descàrregues.
- Es considera que qualsevol tensió superior a 30 V pot causar descàrregues perilloses.
- No és recomanable portar objectes metàl·lics com a anells, collarets, rellotge, polseres o pendants quan es treballa prop de circuits elèctrics, ja que poden facilitar un accident.
- Els voltatges baixos poden ser perillosos encara que siguin massa baixos per a causar directament una lesió. Una descàrrega inofensiva pot espantar a la víctima, fent que se sobresalti i sofreixi un accident.
- Quan sigui necessari treballar en un circuit sota tensió, és convenient utilitzar només una mà a fi d'evitar que es produeixi una descàrrega elèctrica mortal de mà a mà (a través del pit).

## 1.4 Procediments de seguretat

Sempre que sigui possible, desconnectar l'alimentació d'un circuit abans de fer qualsevol treball. Totes les fonts d'energia han de posar-se en Estat d'Energia Zero, és a dir, en un estat en el qual no puguin alliberar energia. Aquesta lliçó se centra en la seguretat elèctrica, no obstant això, molts d'aquests principis també s'apliquen a sistemes no elèctrics.

Assegurar alguna cosa en un Estat d'Energia Zero significa desconnectar-lo de qualsevol tipus d'energia potencial o energia emmagatzemada, incloent però no limitat a:

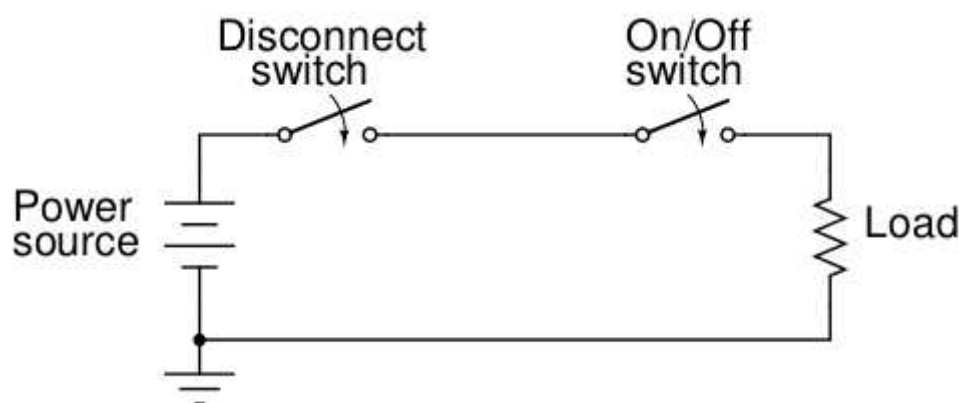
- Tensió perillosa
- Pressió de molles
- Pressió hidràulica (líquid)
- Pressió pneumàtica (aire)
- Pes en suspensió
- Energia química (substàncies inflamables o reactives)
- Energia nuclear (substàncies radioactives)

La tensió, per la seva pròpia naturalesa, és una manifestació de l'energia potencial. En un apartat anterior d'aquests apunts es va utilitzar un líquid elevat com a analogia de l'energia potencial de la tensió, que té la capacitat (potencial) de produir corrent (flux), però que únicament desenvolupa aquest potencial en establir-se un camí per al corrent entre els pols de la font de tensió.

Un parell de cables amb alta tensió entre ells no semblen perillosos encara que alberguin suficient energia potencial per a causar un corrent mortal a través d'una persona. Encara que el voltatge no es percebi, té el potencial de causar lesions, i aquest potencial ha de ser neutralitzat abans que sigui segur manipular els cables.

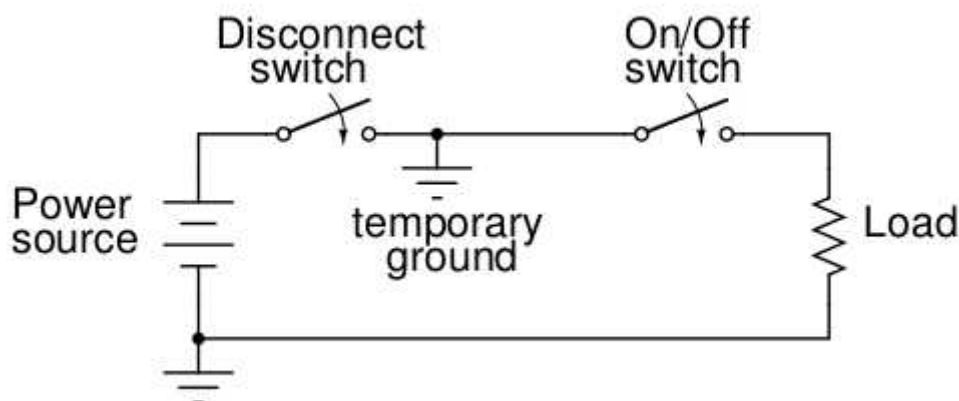
Tots els circuits ben dissenyats tenen un mecanisme de desconexió. A vegades aquests "desconnectadors" tenen la doble funció d'obrir-se automàticament a causa de corrents excessius, en aquest cas es diuen "disjuntors". Altres vegades, els seccionadors són dispositius estrictament manuals sense funció automàtica.

En qualsevol cas, han d'utilitzar-se correctament. El dispositiu de desconexió ha de ser independent de l'interruptor utilitzat per a encendre i apagar un dispositiu o alimentar un circuit. Es tracta d'un interruptor de seguretat, que només ha d'utilitzar-se per a posar el sistema en un Estat d'Energia Zero:



Amb l'interruptor de desconexió en la posició "obert" com es mostra (sense continuïtat), el circuit està obert i no circularà corrent. Hi haurà tensió zero a través de la càrrega, i la tensió de la font caurà en els contactes oberts de l'interruptor de desconexió. No és necessari desconnectar el conductor inferior, ja que està a potencial de terra i és millor deixar-ho així.

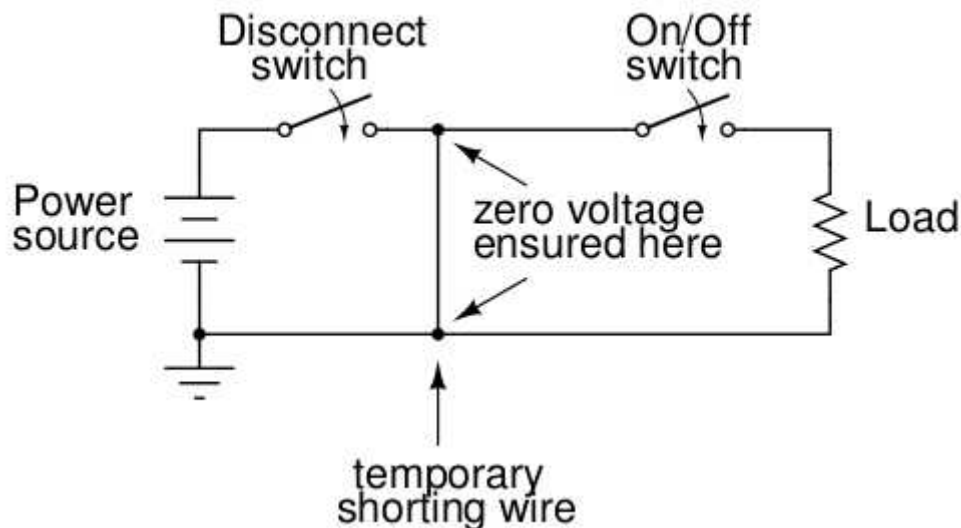
Per a la màxima seguretat del personal que treballa en aquest circuit, podria establir-se una connexió a terra temporal en el costat superior de la càrrega, per a garantir que mai es produeixi una caiguda de tensió a través de la càrrega:





Amb una connexió a terra temporal, tots dos costats del cablejat de càrrega estan connectats a terra, assegurant un Estat d'Energia Zero en la càrrega.

Una connexió a terra realitzada a banda i banda de la càrrega és elèctricament equivalent a un curtcircuit de la càrrega amb un cable. Aquesta és una altra manera de reduir l'energia a zero.



En aquest punt convé esmentar que els dispositius de protecció contra sobreintensitat no estan pensats per a protegir contra descàrregues elèctriques. La seva única funció és protegir els conductors contra el sobreescalfament degut a corrents excessius.

El cable de curtcircuit temporal que s'acaba de descriure, provocaria una sobreintensitat en el circuit si hi hagués tensió entre els conductors i terra, i el dispositiu de protecció contra sobreintensitat dispararia, desconnectant el circuit de la font de tensió.

És a dir, el curtcircuit es provocaria per a protegir els treballadors, mitjançant el dispositiu de protecció contra sobreintensitat, la funció de la qual no és protegir contra descàrregues elèctriques, sinó contra corrents excessius.

És important poder assegurar qualsevol dispositiu de desconnexió en la posició oberta

(apagada) i assegurar-se que romanguin així mentre es treballa en el circuit, per a això

és necessari establir un sistema de seguretat estructurat. Aquest sistema s'utilitza habitualment en les instal·lacions industrials es denomina bloqueig/etiquetat.

El procediment de bloqueig/etiquetat funciona de la manera següent: totes les persones que treballen en un circuit protegit tenen el seu propi cadenat personal o cadenat de combinació que col·loquen en la palanca de control d'un dispositiu de desconnexió abans de treballar en el sistema.

A més, han d'emplenar i signar una etiqueta que penguin del seu cadenat en la qual descriuen la naturalesa i durada del treball que pretenen realitzar en el sistema. Si hi ha diverses fonts d'energia que "bloquejar" (múltiples desconnexions, fonts d'energia tant elèctriques com mecàniques que han d'assegurar-se, etc.), el treballador ha d'utilitzar tants bloquejos com sigui necessari per a assegurar l'Estat d'Energia Zero del sistema, abans de començar a treballar. D'aquesta manera, el sistema es manté en un Estat d'Energia Zero fins que es retira l'últim cadenat de tots els dispositius de desconnexió.

Si es pren la decisió de reenergitzar el sistema i el cadenat d'una persona segueix col·locat després que tots els altres hagin retirat els seus, l'etiqueta identificaria a aquesta persona i el treball que està fent.

Fins i tot amb un bon programa de seguretat de bloqueig i etiquetatge, continua sent necessari actuar amb diligència i prendre precaucions de sentit comú. Això és especialment cert en entorns industrials en els quals multitud de persones poden estar treballant en un dispositiu o sistema simultàniament. És possible que algunes d'aquestes persones no coneguin el procediment de bloqueig/etiquetat, o pot ser que el coneguin però no l'hagin seguit. No ha de donar-se per fet que tothom compleix amb les normes de seguretat.

Després d'haver bloquejat i etiquetat una instal·lació elèctrica amb el cadenat personal, s'ha de tornar a comprovar si realment està lliure de tensió. Una manera de comprovar-ho és veure si la màquina (o el que sigui en el que s'estigui treballant) es posa en marxa si s'acciona l'interruptor o botó d'arrencada. Si es posa en marxa, hi ha tensió i perill. Si no es posa en marxa, també pot haver-la.

Per això, sempre s'ha de comprovar si hi ha presència de tensió perillosa amb un polímetre, abans de tocar qualsevol conductor del circuit. Per a major seguretat s'ha de comprovar el correcte funcionament del polímetre, abans i després de mesurar tensió en la instal·lació.

El procediment a seguir és:

- Comprovar que el polímetre funciona correctament utilitzant-lo en una font de tensió coneguda.
- Comprovar amb el polímetre que la instal·lació realment es troba lliure de tensió (Estat d'Energia Zero).
- Tornar a comprovar el polímetre en una font de tensió coneguda, per a assegurar-se que continua funcionant correctament.

Encara que aquesta quantitat de comprovacions del polímetre pot semblar excessiva, sempre hi ha la possibilitat que el polímetre sofreixi un defecte. Detectar un polímetre defectuós pot salvar la vida de la persona que l'utilitza. **Més val perdre un minut de la vida, que la vida en un minut.**

Una vegada complert el protocol de seguretat anteriorment descrit, es pot procedir a tocar els conductors de la instal·lació elèctrica. Però tenint una darrera precaució, que és tocar el conductor primer amb el dors de la mà, en comptes d'amb la palma. La raó és que si hi hagués tensió, malgrat les comprovacions anteriors, la reacció de la mà a la descàrrega seria tancar-se en un puny. D'una banda, en tocar el conductor amb el dors de la mà s'evita la mà l'agarrar en tancar-se en puny, d'altra banda, el moviment de tancar la mà en puny, fa que el seu dors deixi de tocar el conductor, finalitzant la descàrrega.

És aquest l'última precaució que qualsevol persona ha de prendre abans de començar a treballar en una instal·lació elèctrica, i mai ha d'utilitzar-se com a primer mètode de comprovació de tensió.

Si alguna vegada hi ha motius per a dubtar de la fiabilitat d'un polímetre, ha d'utilitzar-se un altre polímetre per a obtenir una "segona opinió".

**Resum**

- Estat d'Energia Zero: Quan un circuit, dispositiu o sistema s'ha desconnectat de manera que no existeixi energia potencial que pugui causar danys a algú que treballi en ell.
- Els interruptors de desconnexió han de ser presents en un sistema elèctric correctament dissenyat, per a permetre aconseguir un Estat d'Energia Zero.
- Poden connectar-se cables temporals de connexió a terra o curtcircuit a una càrrega que estigui sent reparada, com a protecció addicional per al personal que treballi amb aquesta càrrega.
- El sistema de bloqueig i etiquetatge funciona de la manera següent: per a assegurar que es treballa en un sistema en Estat d'Energia Zero, el treballador col·loca un cadenat personal i una etiqueta en cada dispositiu de desconnexió d'energia. L'etiqueta descriu la naturalesa i durada del treball que es realitzarà, i qui l'està fent.
- Comprovar sempre que un circuit s'ha assegurat en Estat d'Energia Zero amb equips de prova després de "bloquejar-ho". Comprovar el mesurador (polímetre) abans i després de mesurar tensió en el circuit per a assegurar que funciona correctament.
- Quan arribi el moment de tocar el conductor o conductors d'un sistema elèctric, suposadament lliure de tensió, fer-lo primer amb el dors d'una mà, de manera que si es produeix una descàrrega, la reacció muscular allunyi la mà del conductor i no l'agari.

## 1.5 Respuesta a una emergencia

A pesar de los procedimientos de bloqueo y etiquetado y de las múltiples repeticiones de las normas de seguridad eléctrica en la industria, siguen produciéndose accidentes. La gran mayoría de las veces, estos accidentes son el resultado de no seguir los procedimientos de seguridad adecuados. Pero sean cuales sean sus causas, ocurren, y cualquiera que trabaje con sistemas eléctricos debe ser consciente de ello y saber lo que hay que hacer en caso de una descarga eléctrica.

Si hay personas inconscientes o paralizadas, lo primero que debe hacerse es cortar la corriente abriendo el interruptor de desconexión o el disyuntor correspondiente. Si se toca a una persona que está recibiendo una descarga eléctrica, se corre el riesgo de recibir una descarga uno mismo. Antes de socorrer a alguien, debe uno asegurarse de que no será una víctima más.

Si la fuente de energía puede ser desconocida, o está alejada y el tiempo necesario para desconectarla hiciese improbable la supervivencia de la víctima, cabe la consideración de intentar desconectar a la víctima del elemento bajo tensión, empujándola o golpeándola con un objeto aislante (palo o tablero plástico). Otra opción es utilizar un cable no conectado, por ejemplo de un alargador, envolver con el cable a la víctima y alejarla tirando por los extremos del cable. Debe tenerse en cuenta que la víctima puede estar sujetando el conductor causante de la descarga con todas sus fuerzas, así que no será fácil rescatarla.

Una vez que se ha desconectado a la víctima de la fuente de energía eléctrica de forma segura, se debe comprobar la respiración y el pulso.

Si se tienen conocimientos en reanimación cardiopulmonar, deben aplicarse a la víctima hasta que llegue personal médico.

Si la víctima está consciente, lo mejor es que permanezca inmóvil hasta que llegue al lugar personal médico cualificado. Si la víctima entrase en un estado de shock fisiológico, un estado de circulación sanguínea insuficiente, debe mantenerse lo más caliente y cómoda posible.

Una descarga eléctrica insuficiente para causar la parada inmediata del corazón puede ser lo bastante fuerte como para causar irregularidad en el pulso o un ataque al corazón varias horas después, por lo que la víctima debe prestar mucha atención a su propio estado tras el incidente. Idealmente debería quedar bajo supervisión médica.

### Resumen

- La persona que recibe una descarga eléctrica debe ser desconectada de la fuente de energía eléctrica.
- Localizar el interruptor/disyuntor de desconexión y desconectar la fuente de tensión.
- Si no fuera posible acceder al dispositivo de desconexión se puede intentar sacar a la víctima del circuito con un objeto aislante, como una tabla de madera seca o un cable eléctrico aislado.
- Las víctimas necesitan una respuesta médica inmediata: comprobar la respiración y el pulso, y aplicar reanimación cardiopulmonar.
- Si una víctima sigue consciente después de haber recibido la descarga, debe ser vigilada de cerca y atendida hasta que un equipo de emergencias capacitado la atienda.
- Existe peligro de shock fisiológico, por lo que hay que mantener a la víctima abrigada y cómoda.
- Las víctimas de una descarga pueden sufrir problemas cardíacos hasta varias horas después de recibirla. El peligro de una descarga eléctrica no termina tras la atención médica inmediata, las víctimas han de quedar en observación.

## 1.6 Causas frecuentes de accidentes

Debido al uso generalizado de aparatos eléctricos, el riesgo de accidente por descarga eléctrica afecta a la población en general, no sólo a los profesionales del sector.

Como se ha visto antes, la resistencia de la piel y del cuerpo influyen directamente en el peligro que una instalación eléctrica presenta. A mayor resistencia del cuerpo, menor será la corriente, y menos grave serán las consecuencias de una descarga a una determinada tensión. Por el contrario, cuanto menor sea la resistencia del cuerpo, mayor será la gravedad de las lesiones.

La forma más fácil de disminuir la resistencia de la piel es humedecerla. Por lo tanto, tocar dispositivos eléctricos con las manos mojadas, los pies mojados o sudorosos (el agua salada es mucho mejor conductora de la electricidad que el agua dulce) es peligroso. En el hogar, en el cuarto de baño se deben extremar las precauciones para evitar que personas mojadas entren en contacto con aparatos eléctricos. Un buen diseño del cuarto de baño situará las tomas de corriente lejos de bañeras, duchas y lavabos para desincentivar el uso de aparatos eléctricos en sus proximidades. Los teléfonos que se conectan a una toma de corriente también son fuentes de tensión peligrosa (la tensión del circuito abierto es de 48 voltios de CC, y la señal de llamada es de 150 voltios AC). Cualquier voltaje superior a 30 se considera potencialmente peligroso. Los aparatos como teléfonos y radios no deben utilizarse nunca, jamás en la bañera. Incluso los aparatos que funcionan con pilas deben evitarse. Algunos dispositivos que funcionan con pilas emplean circuitos de aumento de tensión y son potencialmente letales.

También las piscinas son lugares donde se debe prestar especial atención durante la manipulación de aparatos e instalaciones eléctricas.

Las herramientas eléctricas y los cables alargadores han de ser revisados regularmente en todos sus componentes aislados para garantizar su correcto estado. Al menor indicio de que un aislamiento está defectuoso la herramienta o el cable deben ser sustituidos o reparados.

Una línea de alta tensión caída a tierra presenta un peligro evidente. Mantenerse lo más alejado posible de la línea caída es la mejor protección.

## Resumen

- La humedad aumenta el riesgo de descarga eléctrica al disminuir la resistencia de la piel.
- Sustituir inmediatamente los alargadores y herramientas eléctricas desgastados o dañados. Se puede evitar el uso de un cable alargador o de una herramienta eléctrica en mal estado, cortando la clavija macho del cable de alimentación.
- Las líneas del tendido de suministro eléctrico son muy peligrosas y deben evitarse a toda costa. Si una línea de alta tensión toca el suelo, debe evitarse mantener ambos pies en contacto con el suelo. Conviene ponerse sobre un pie o correr (sólo un pie en contacto con el suelo), alejándose de la zona de peligro.



**SOCIEDAD / SUCEOS Y TRIBUNALES** | el suceso tuvo lugar durante la celebración de la fiesta de los quintos el domingo 3 de agosto de 2014

## Un joven muere electrocutado cuando orinaba junto a una farola en Bunyola



Escucha la noticia



bunyola

Un joven de 18 años ha muerto esta madrugada electrocutado al apoyarse en una farola durante la celebración de la fiesta de los quintos que se celebraba en la localidad mallorquina de **Bunyola**.

El suceso se ha producido poco después de las 0.30 horas a consecuencia de la **conexión defectuosa** de la farola, según han comprobado los investigadores de la Guardia Civil que se han hecho cargo del caso.

Fuentes del instituto armado, de la policía municipal y del servicio de emergencias médicas 061 han indicado que el joven murió en el acto, por lo que los sanitarios desplazados hasta el lugar no han podido hacer que recuperara el pulso pese a practicarle maniobras de reanimación cardiopulmonar.

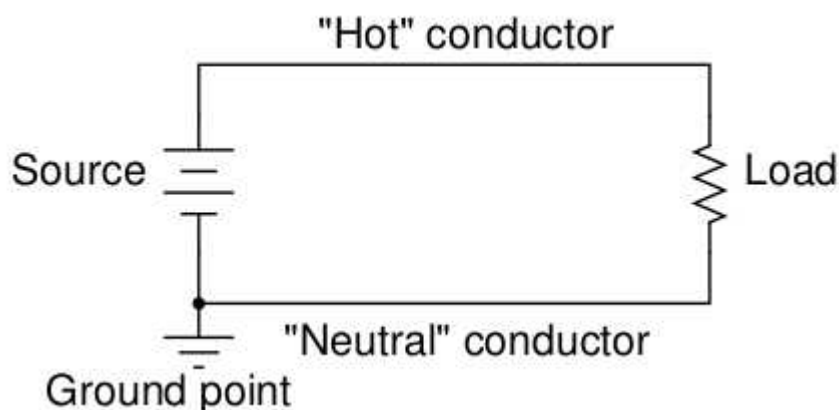
Las fiestas han sido suspendidas de inmediato y un psicólogo adscrito a los servicios públicos de emergencias ha atendido a los allegados de la víctima, que iba a cumplir 19 años el próximo mes de octubre.

ETIQUETAS **BUNYOLA** **JOVEN**

**Suscríbete** aquí gratis a nuestro **boletín diario**. Síguenos en Twitter, Facebook, Instagram y TikTok. Toda la actualidad de Mallorca en **mallorcadiario.com**.

## 1.7 Diseño de dispositivos seguros

Como se vio anteriormente, un sistema eléctrico sin conexión segura a tierra es impredecible desde el punto de vista de la seguridad. No hay forma de saber la tensión que existe entre cualquier punto del circuito y la toma de tierra. Al conectar a tierra un lado de la fuente de tensión del sistema eléctrico, se garantiza que al menos un punto del circuito es eléctricamente común con la tierra y, por lo tanto, no presenta peligro de descarga. En un sistema eléctrico simple de dos hilos, el conductor conectado a tierra se denomina neutro, y el otro conductor se denomina fase, también conocido como vivo, caliente o activo:



La conexión a tierra, no afecta de ninguna manera a la fuente de tensión y la carga. Su única finalidad es la seguridad de las personas, ya que garantiza que al menos un punto del circuito se puede tocar sin peligro (tensión cero a tierra).

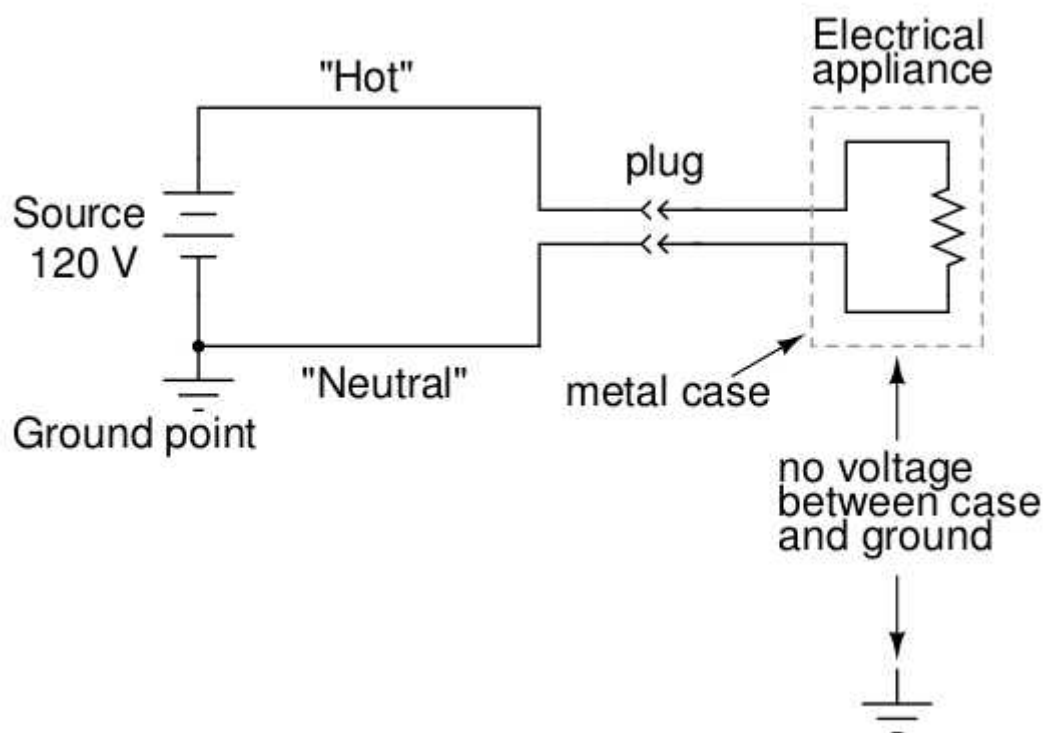
El lado "caliente" del circuito, presentará riesgo de descarga al tocarlo, a menos que se desconecte el circuito de la fuente de tensión (lo ideal es utilizar un procedimiento sistemático de bloqueo/etiquetado).

Esta diferencia en el peligro de los conductores es importante de entender. Las siguientes ilustraciones muestran el cableado de una vivienda.

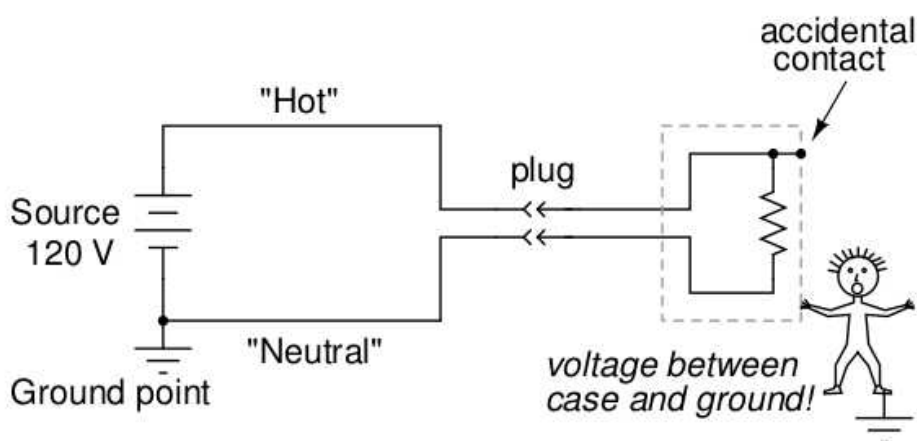
Si observamos un electrodoméstico sencillo, como una tostadora con una carcasa metálica conductora, veremos que no debería haber riesgo de descarga cuando funciona correctamente.

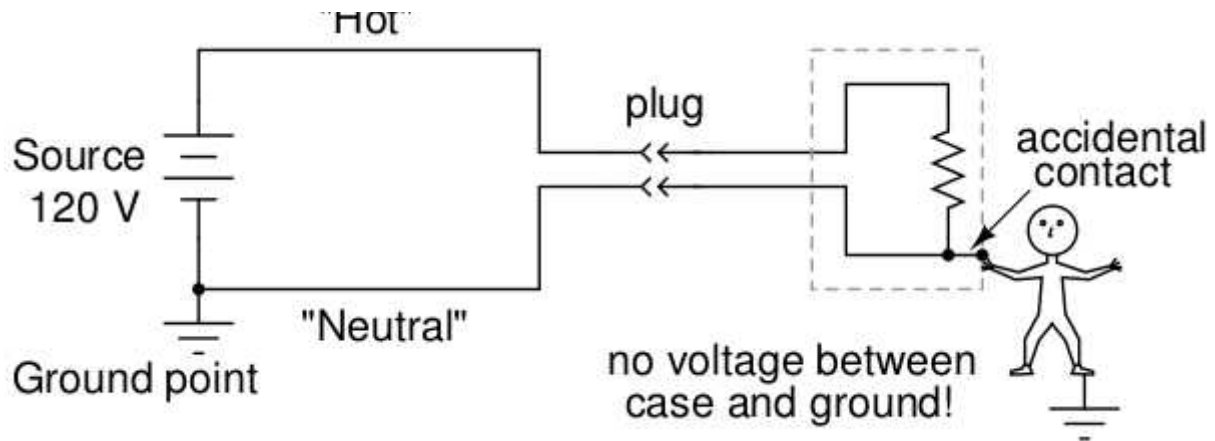
Si observamos un electrodoméstico sencillo, como una tostadora con carcasa metálica conductora, veremos que no debería haber riesgo de descarga cuando funciona correctamente.

Los cables que conducen la corriente al elemento calefactor de la tostadora están aislados del contacto con la carcasa metálica (y entre sí).



Sin embargo, si el conductor de fase del interior de la tostadora entrara accidentalmente en contacto con la carcasa metálica, ésta recibiría la tensión de fase, y al tocar la carcasa presentaría el mismo peligro que tocar el conductor desnudo. El riesgo de descarga eléctrica depende del cable que se toque accidentalmente, fase o neutro.

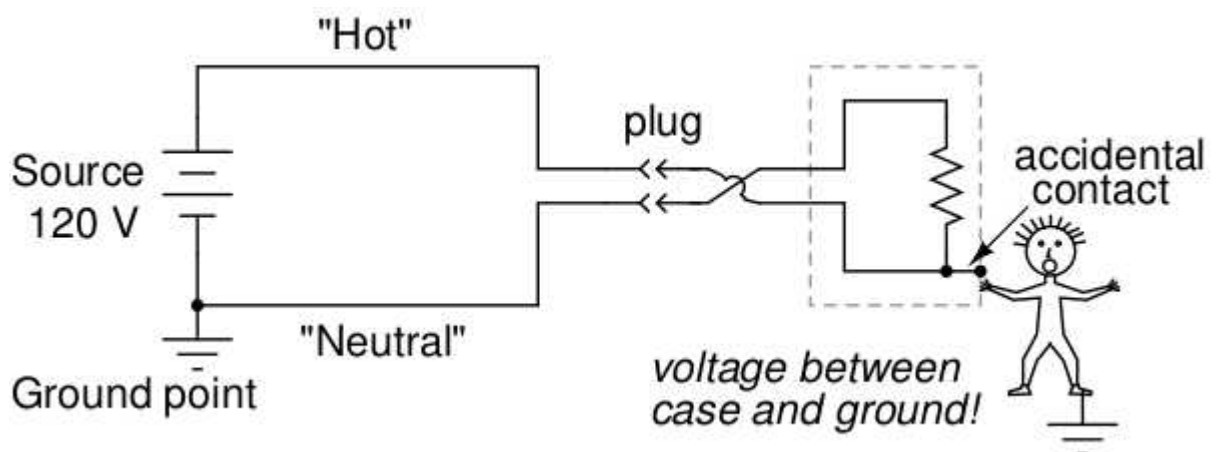




Si la fase entra en contacto con la carcasa, pone en peligro al usuario de la tostadora. En cambio, si el cable neutro entra en contacto con la carcasa, no hay peligro de descarga eléctrica.

Se puede intentar diseñar los dispositivos eléctricos minimizando la posibilidad de contacto de la fase con la carcasa, aunque lo ideal sería que ni fase, ni neutro entrasen accidentalmente en contacto con la carcasa.

Sin embargo, esta medida preventiva sólo es eficaz si se puede garantizar la polaridad del enchufe, porque si el enchufe puede invertirse, los conductores que anteriormente eran neutro se vuelven fase y los que eran fase se vuelven neutro.



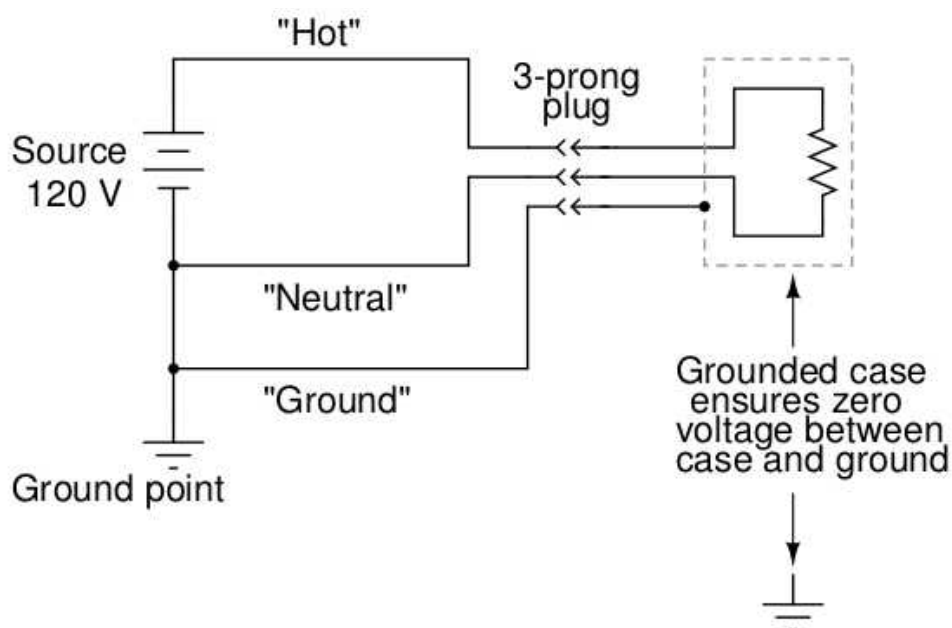
Los electrodomésticos diseñados de este modo suelen venir con enchufes "polarizados", en los que las clavijas son de forma o grueso diferentes. Las tomas de corriente se diseñan, de forma que el enchufe sólo puede ser insertado en la toma en una posición determinada, evitando los cambios de polaridad.



Otra opción es hacer que la carcasa exterior del aparato no sea conductora. Estos aparatos se denominan de doble aislamiento, ya que la carcasa aislante sirve como una segunda capa de aislamiento, además de la de los propios conductores. Si un cable del interior del aparato entra accidentalmente en contacto con la carcasa, no existe peligro alguno para el usuario del aparato.



Una carcasa de material conductor, se puede conectar a tierra.

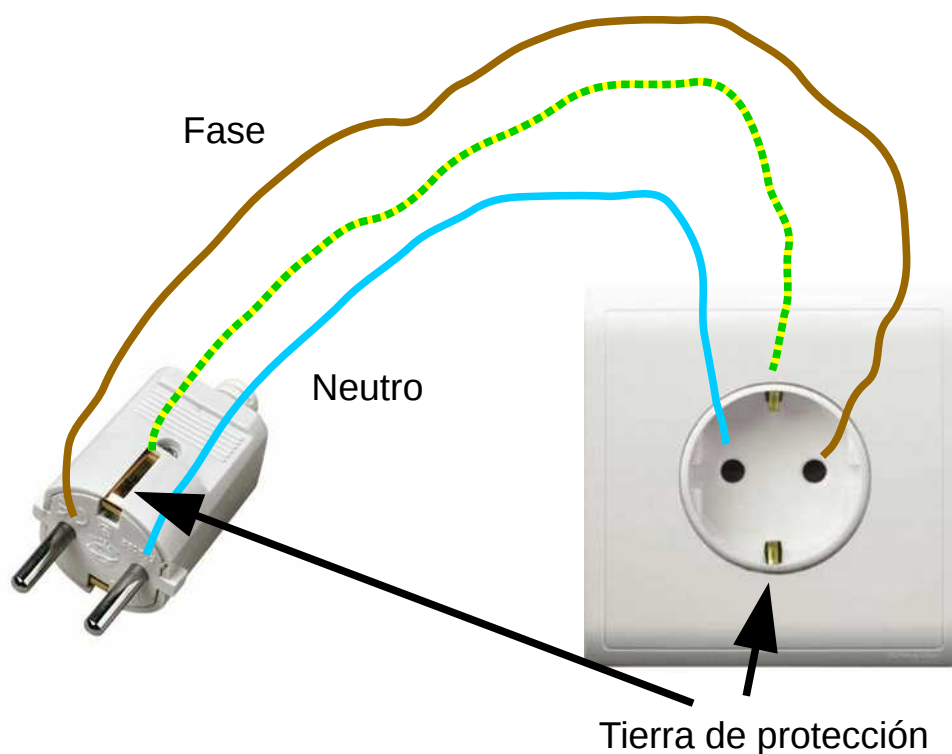


El tercer conductor del cable de alimentación proporciona una conexión eléctrica directa entre la carcasa del aparato y la toma de tierra, haciendo que los dos puntos sean eléctricamente comunes, evitando una caída de tensión entre ellos. Si el conductor de fase toca accidentalmente la carcasa metálica del aparato, se creará un cortocircuito, disparando los dispositivos de protección contra sobrecorrientes. El usuario del aparato permanecerá a salvo.

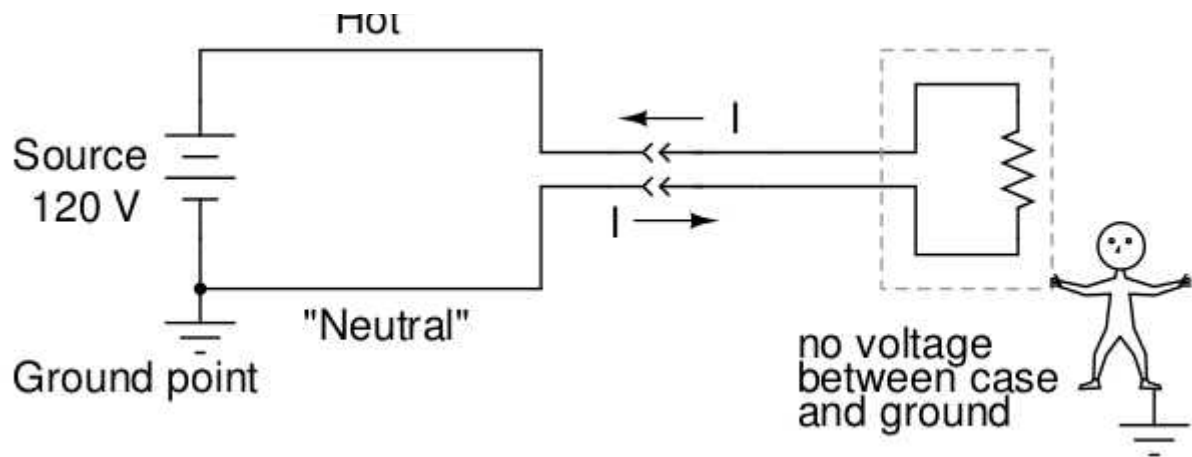
Es muy importante asegurar que la tierra de protección está correctamente conectada a la carcasa del aparato, en la clavija del enchufe y en la toma de corriente que alimenta el aparato. Si una de estas conexiones falta, la protección contra descarga por contacto de fase con la carcasa falla.

### ¡ATENCIÓN!

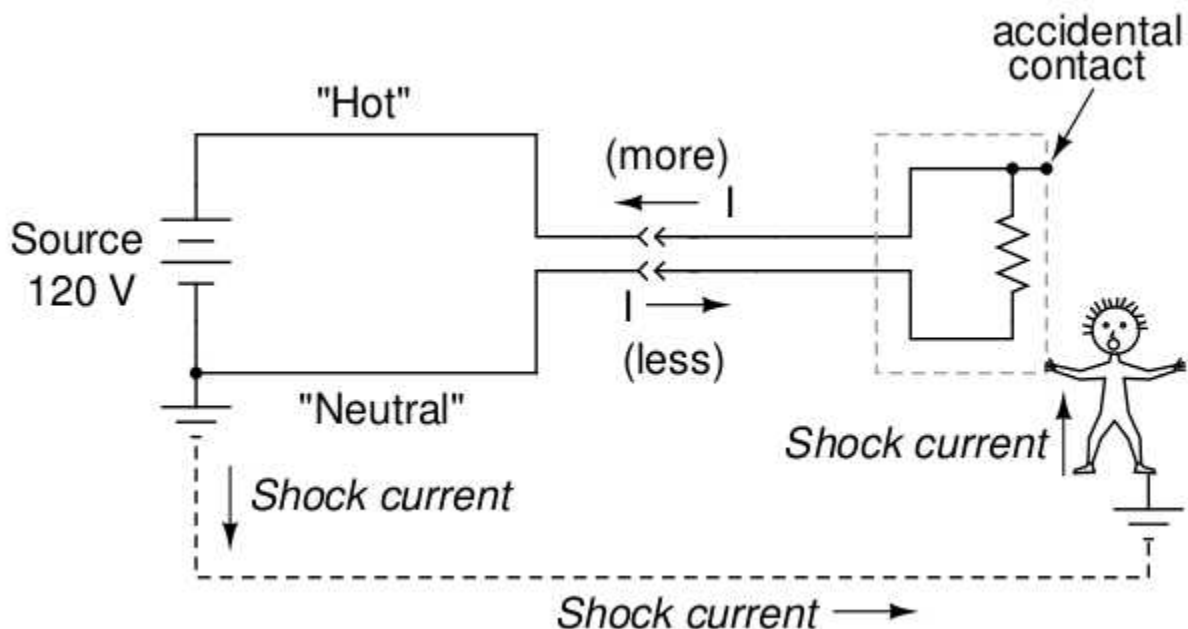
La falta de conexión de la tierra de protección no influye en el funcionamiento del aparato y puede pasar desapercibida fácilmente.



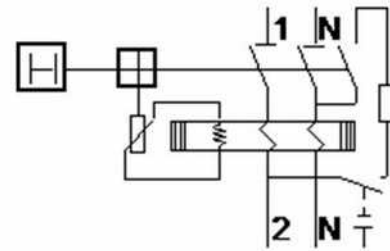
Una protección adicional contra las descargas eléctricas debe instalarse en el cuadro eléctrico de la instalación, se trata de un dispositivo llamado interruptor diferencial.



En la imagen superior, se muestra un aparato cuyo correcto funcionamiento, desde el punto de vista del peligro de descarga, se puede comprobar observando las corrientes de entrada y salida que circulan por los conductores de fase y neutro. La corriente de fase debe ser igual a la de neutro. Si no lo fueran iguales, significa que hay una derivación de corriente a tierra. La causa de esta derivación puede ser una persona recibiendo una descarga, como se muestra en la siguiente imagen.



El interruptor diferencial dispara al detectar una diferencia de corriente entre fase y neutro, desconectando el cricuito de la alimentación.



Los interruptores diferenciales disponen de un pulsador de prueba que sirve para comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo. Al accionar el pulsador de prueba se provoca una diferencia entre las corrientes de fase y neutro. Si el funcionamiento es correcto, el interruptor diferecial debe dispararse, al pulsar el botón de prueba.



## Resumen

- Las instalaciones eléctricas suelen tener un polo de la fuente de tensión conectado a tierra para garantizar la seguridad en ese punto.
- El conductor "conectado a tierra" en un sistema eléctrico se denomina conductor neutro, mientras que el conductor no conectado a tierra se denomina fase.
- La puesta a tierra de las instalaciones eléctricas se hace por motivos de seguridad contra descargas. La puesta a tierra no influye en el funcionamiento de la carga.
- La seguridad eléctrica de un electrodoméstico u otra carga puede mejorarse utilizando diversos métodos, como enchufes polarizados, doble aislamiento o los enchufes con toma de tierra.
- Los interruptores diferenciales funcionan abriendo sus contactos, desconectando la carga, al detectar una diferencia de corriente entre los conductores de fase y neutro. Durante el funcionamiento correcto, no debería haber diferencia de corriente. Una diferencia de corriente significa que hay una derivación de corriente a tierra.

## 1.8 Utilización segura del polímetro (multímetro)

Utilizar un polímetro de forma segura y eficaz es quizá la habilidad más valiosa para un técnico, tanto por su propia seguridad como por su destreza en el trabajo.

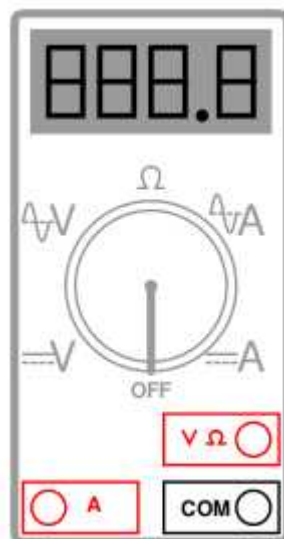
Al principio se puede sentir reparo a utilizar un polímetro, sabiendo que se está conectando a circuitos con tensión potencialmente mortal. Esta preocupación es razonable, siempre es mejor proceder con cautela al utilizar instrumentos de medición. El descuido, más que ningún otro factor, es la causa de que técnicos experimentados sufran accidentes.

El polímetro es la herramienta de medición más común en el trabajo del técnico.

Polímetro significa medidor de diversas magnitudes, de hecho con él se pueden medir, entre otras, tensión, intensidad de corriente y resistencia. En manos de un técnico capacitado, el polímetro es a la vez una herramienta de trabajo eficaz y un dispositivo de seguridad. Sin embargo, en manos de alguien ignorante o descuidado, el polímetro puede convertirse en un peligro utilizándolo en una instalación bajo tensión.

Existen muchas marcas diferentes de polímetros, con múltiples modelos y diferentes características.

El multímetro que se muestra a continuación es un diseño "genérico", que se utilizará para enseñar los principios básicos de uso:



La pantalla es de tipo "digital", muestra valores numéricos mediante cuatro dígitos de forma similar a un reloj digital.

El selector giratorio (ahora en posición de apagado) tiene cinco posiciones de medición diferentes: dos en "V", dos en "A" y una en el centro, mostrando la letra griega ómega ( $\Omega$ ) que representa la "resistencia".

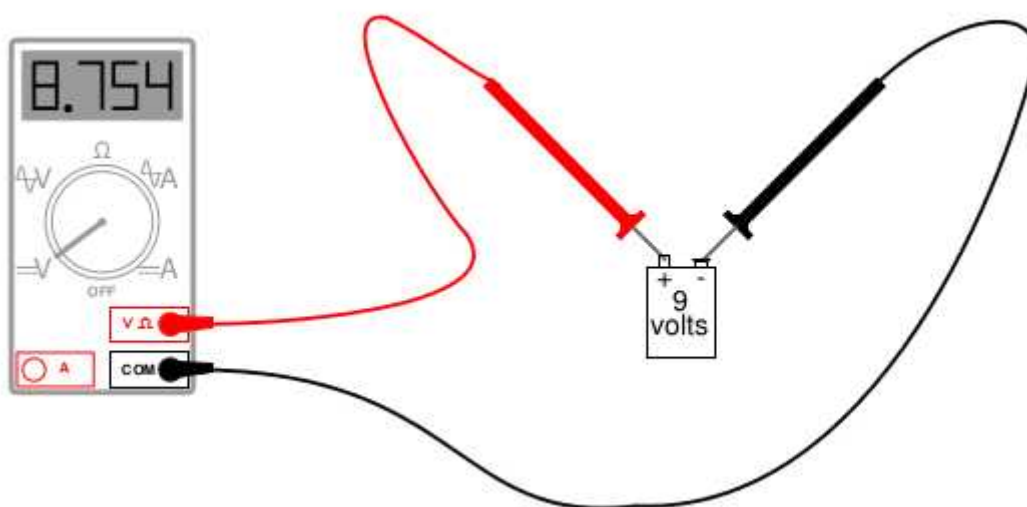
Uno de los dos ajustes "V" y "A", están divididos muestra un par de líneas horizontales (una continua y otra discontinua). Los otros ajustes muestran una línea discontinua con una curva irregular encima. Las líneas paralelas representan el ajuste para corriente continua (DC, cc), mientras que la curva representa el ajuste para corriente alterna (AC, ca).

La "V" significa (tensión) y la "A" "amperaje" (corriente).

El medidor utiliza circuitos distintos para medir la cc y ca. El usuario debe seleccionar el tipo de tensión (V) o corriente (A) que desea medir. Aunque no se ha hablado de la corriente alterna en detalle, esta distinción en la configuración del medidor es importante.

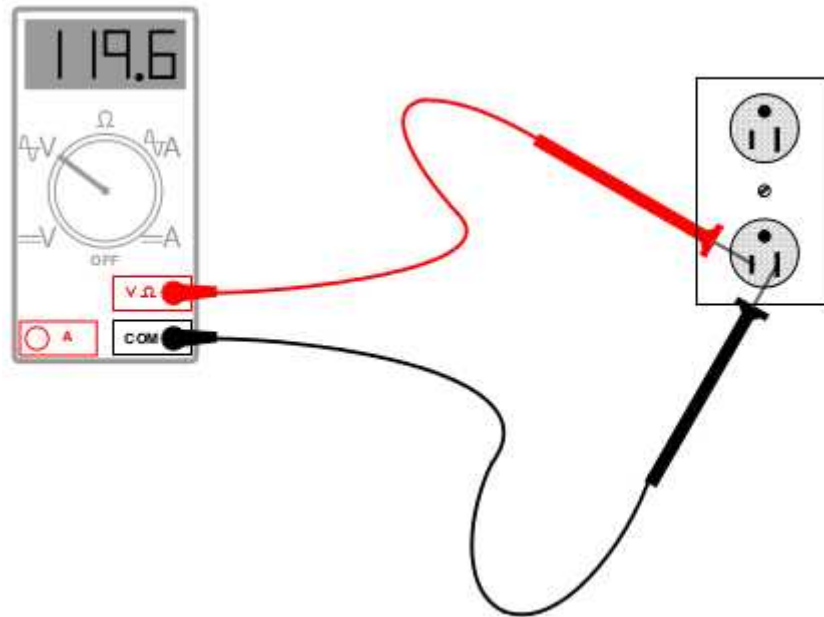
El multímetro dispone de tres tomas diferentes a las que se pueden conectar las sondas (puntas) de medición. La sonda negra se conecta siempre a la toma negra del multímetro, la que está marcada "COM" de común. La sonda roja se conecta a la toma roja marcada para tensión y resistencia, o a la toma roja marcada para corriente.

En el siguiente ejemplo, el polímetro se utiliza para medir la tensión de una batería. Como las baterías generan cc, será necesario hacer la selección correspondiente.



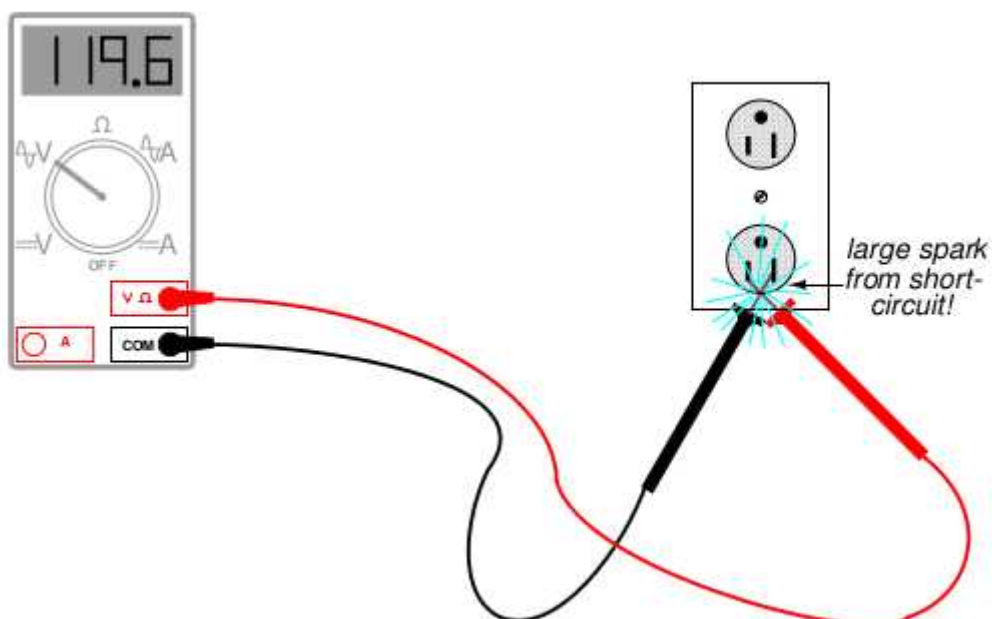
La sonda negra está conectada a la toma común, la roja a la toma V,  $\Omega$  y el selector en posición de V en cc.

En el siguiente ejemplo se mide la tensión alterna de una toma de corriente doméstica.



Ahora el selector pasa a la posición de V ac, las sondas de medición quedan en las posiciones anteriores.

En ambos ejemplos, es fundamental que las puntas de las sondas no se toquen, pues causarían un cortocircuito.



Ésta es una de las formas en que un polímetro puede convertirse en una fuente de peligro si se utiliza de forma inadecuada.

La medición de la tensión es quizá la función más común para la que se utiliza un polímetro. Es la principal medición que se realiza con fines de seguridad (parte del procedimiento de bloqueo/etiquetado). Como la tensión se mide siempre entre dos puntos, el medidor debe estar firmemente conectado estos dos puntos del circuito para que proporcione una medición fiable.

Esto significa que el usuario debe sujetar una sonda con cada mano para asegurar el contacto adecuado durante la medición.

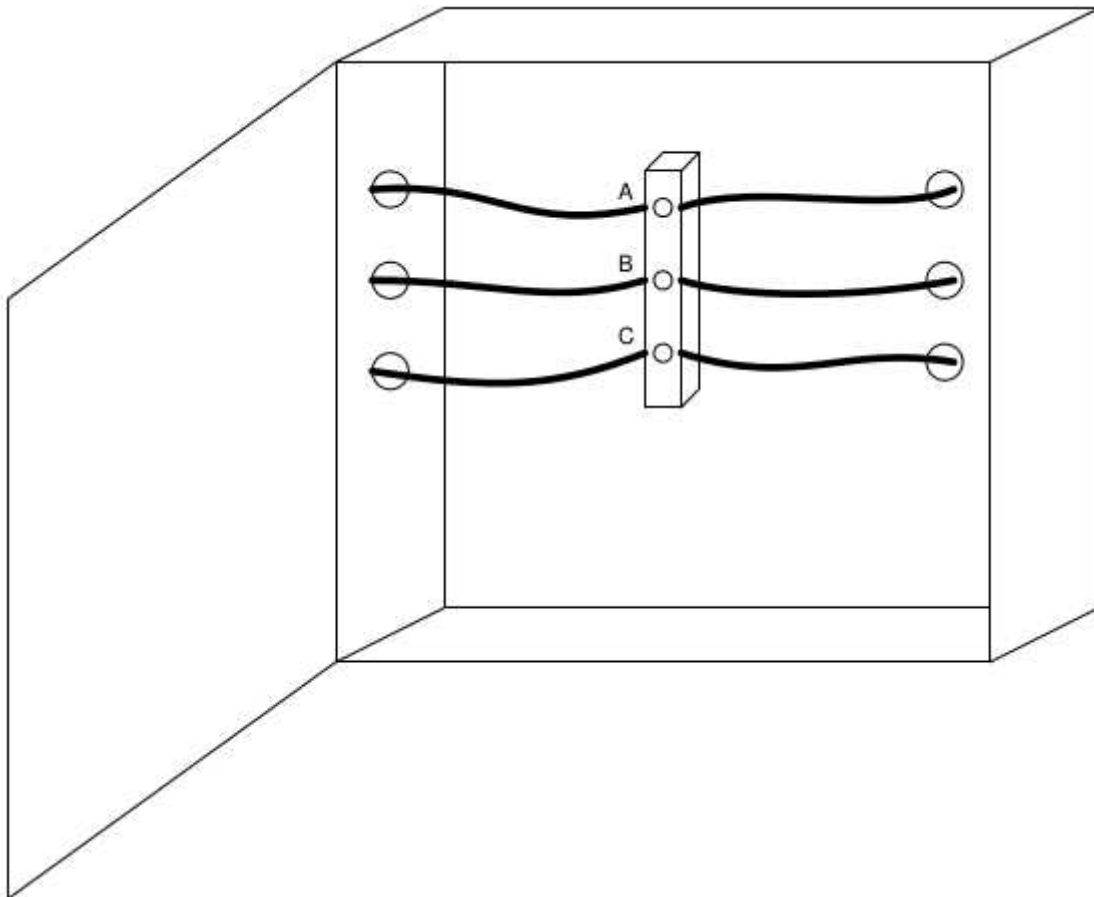
Esta situación es un peligro potencial, ya que la descarga de mano a mano presenta el mayor peligro, al circular la corriente por el pecho de la víctima (corazón, diafragma). Si el aislamiento de protección de las sondas está desgastado o agrietado, es posible que los dedos del usuario entren en contacto con los conductores de la sonda durante la medición, provocando una descarga. Sería más seguro utilizar una sola mano para agarrar las sondas. Como sujetar las sondas con una sola mano resulta incómodo, existen accesorios en forma de pinza que se pueden montar sobre las puntas de la sonda. La pinza se sujeta, con una sola mano al punto de medición, de manera que la sonda queda fija en este punto. Así se pueden realizar las mediciones cómodamente, sin tener que estar sujetando las sondas con ambas manos.

Al comprobar la tensión de un circuito, se debe hacer siempre tanto para cc como para ca. Esta es una manera de averiguar si un circuito está bajo tensión y de qué tipo es la tensión.

En el siguiente ejemplo, se debe comprobar que tres conductores están libres de tensión.

El primer paso es comprobar que el polímetro mide correctamente tensión en una toma con tensión conocida.

El siguiente paso es comprobar que los tres conductores están libres de tensión. ¿Pero entre cuales de ellos se debe hacer la medición?



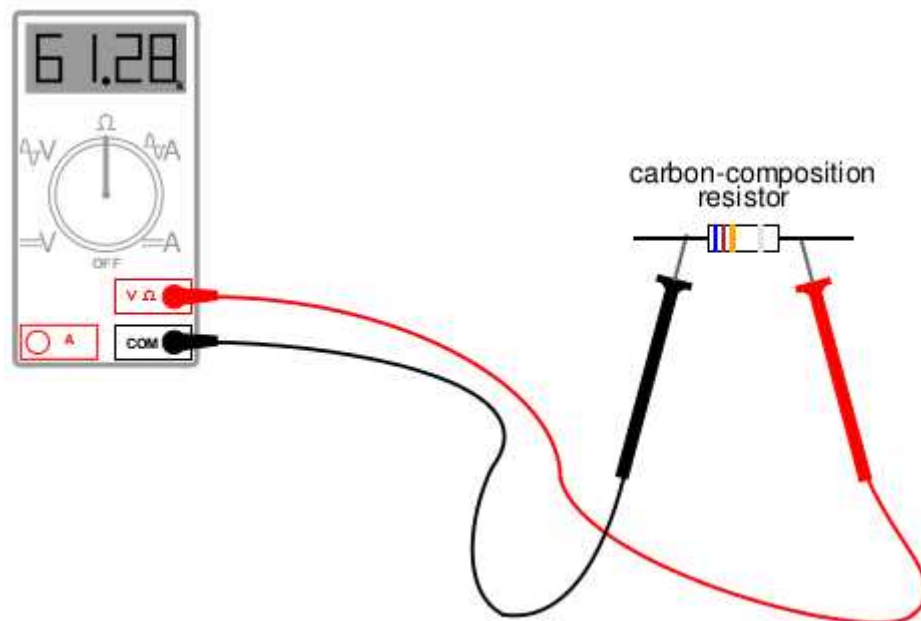
No quedará más remedio que hacer la medición de todas las combinaciones posibles, es decir, será necesario medir entre AB, BC y AC. La medición se hará una vez en ac ( 6 mediciones) y otra en cc. Finalmente se deberá medir si hay tensión entre los conductores y tierra, en ac y cc (6 mediciones). Esto da un total de 12 mediciones.

Tras haber realizado todas las mediciones, se volverá a comprobar el funcionamiento del polímetro en una toma con tensión conocida.

Sólo a partir de este momento, tras todas las pruebas realizadas, suponemos que los cables se encuentran libres de tensión. La última medida de precaución es realizar el primer contacto con un conductor con el dorso de la mano.

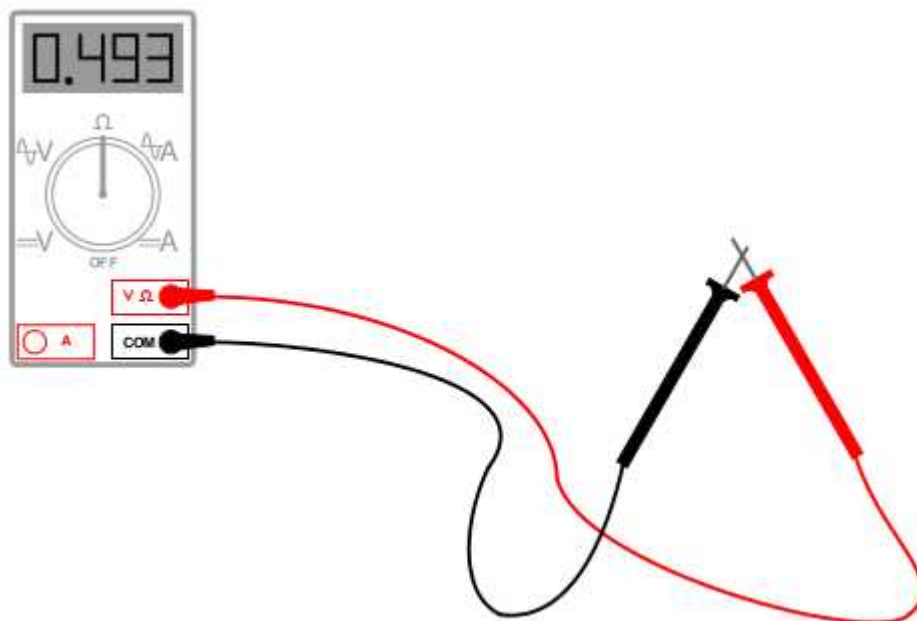
Utilizar el polímetro para la medición de resistencia es mucho más sencillo. Las sondas de medición quedarán en las mismas tomas que se utilizaron para medir tensión. Únicamente el selector pasará

de V a  $\Omega$ . Con las sondas de medición se tocan los extremos del componente cuya resistencia se quiere averiguar. El polímetro indicará la resistencia del componente en ohmnios.

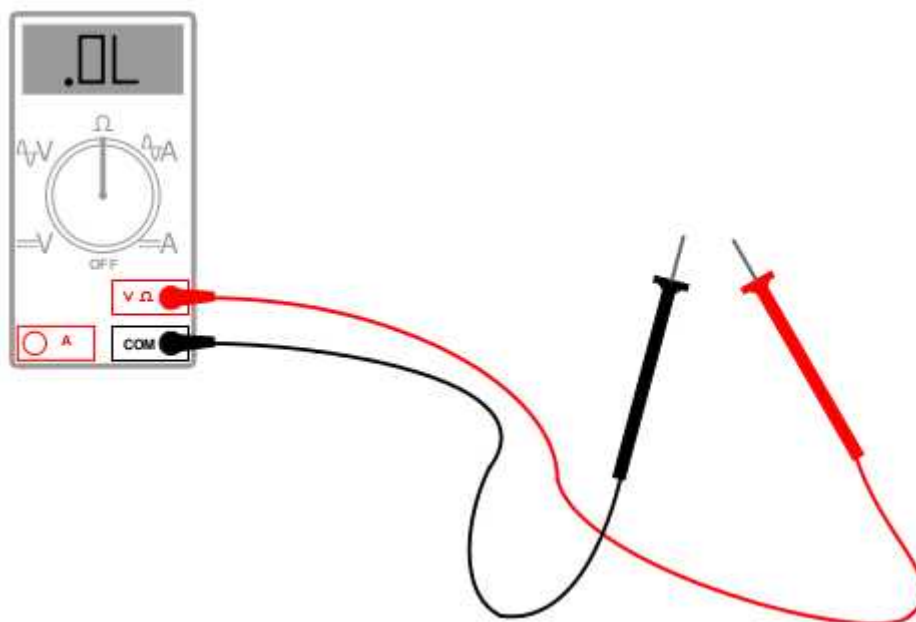


Al medir resistencia, es importante recordar, que el componente cuya resistencia se mide esta libre de tensión, normalmente se desconectará del circuito. Si el componente estuviera bajo tensión durante la medición, el valor mostrado seguramente sea erróneo. Además, el polímetro puede quedar averiado.

La medición de resistencia resulta también muy útil para medir continuidad entre dos puntos de un circuito. Continuidad entre dos puntos significa que el circuito no está interrumpido entre estos dos puntos y que la resistencia entre ellos es prácticamente cero. El polímetro suele presentar una posición específica para seleccionar la medición de continuidad, pitando cuando la resistencia entre los dos puntos de medición es cero. Se puede comprobar el correcto funcionamiento de la medición de continuidad, juntando las puntas de las sondas para comprobar que el polímetro pita.



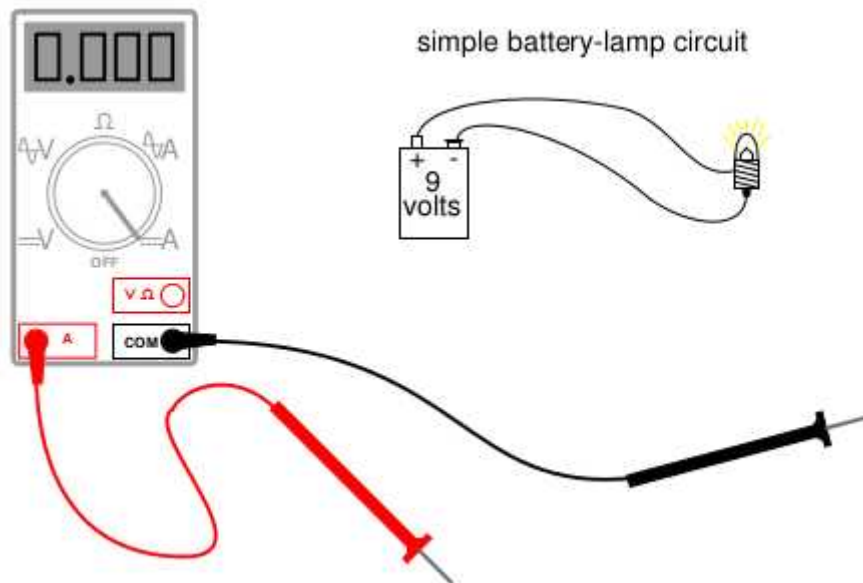
Al separar las puntas de las sondas, la pantalla indicará OL, que significa Open Loop (circuito abierto).



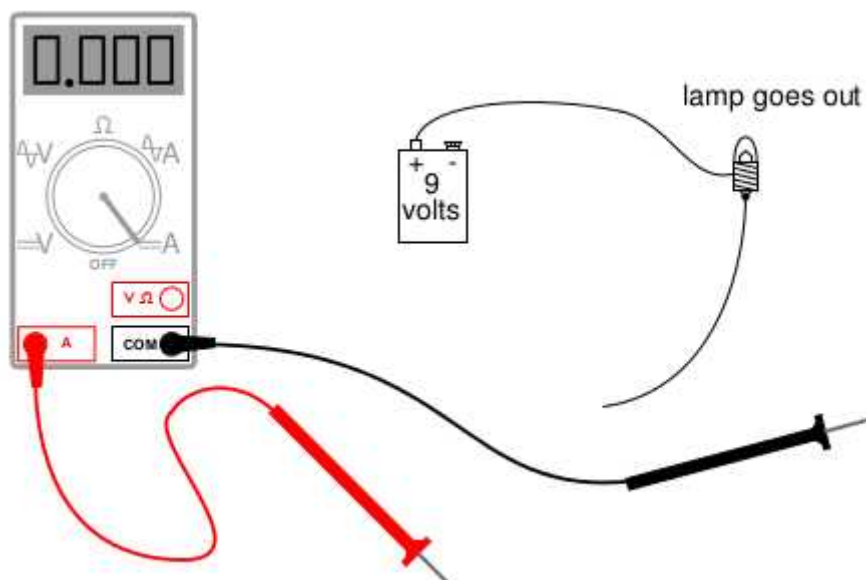


La aplicación más peligrosa y compleja del polímetro es, con diferencia, la medición de corriente. La razón es muy sencilla, para que el polímetro pueda medir la corriente, esta debe circular por el polímetro. Para ello es necesario abrir el circuito e integrar el polímetro en el mismo. Antes de integrar el polímetro en el circuito, se seleccionará A, en cc o ca, según el caso, y se conectará la sonda de medición roja en la toma A.

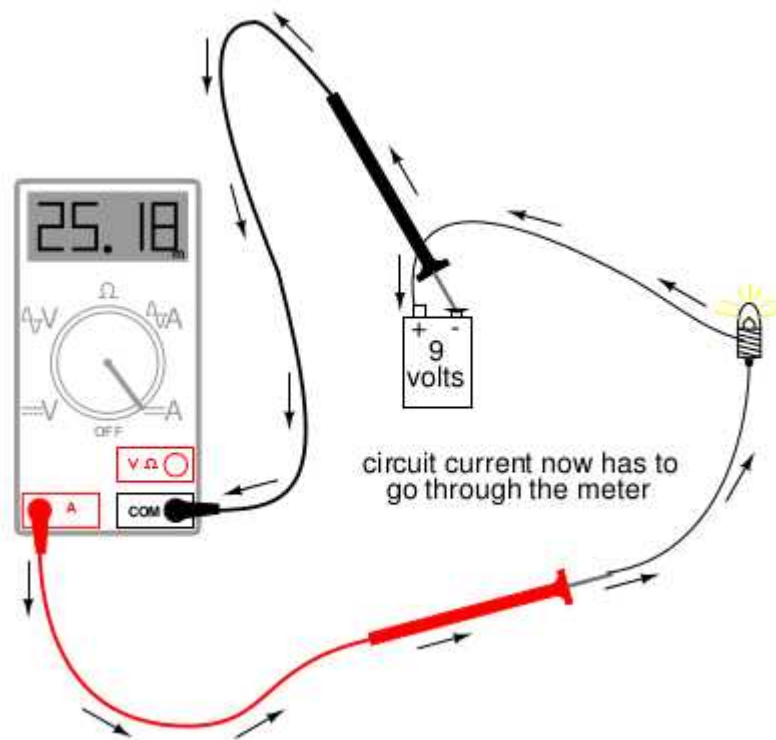
La siguiente imagen muestra el polímetro preparado para medir corriente.



A continuación se abre el circuito, para poder conectar el polímetro.

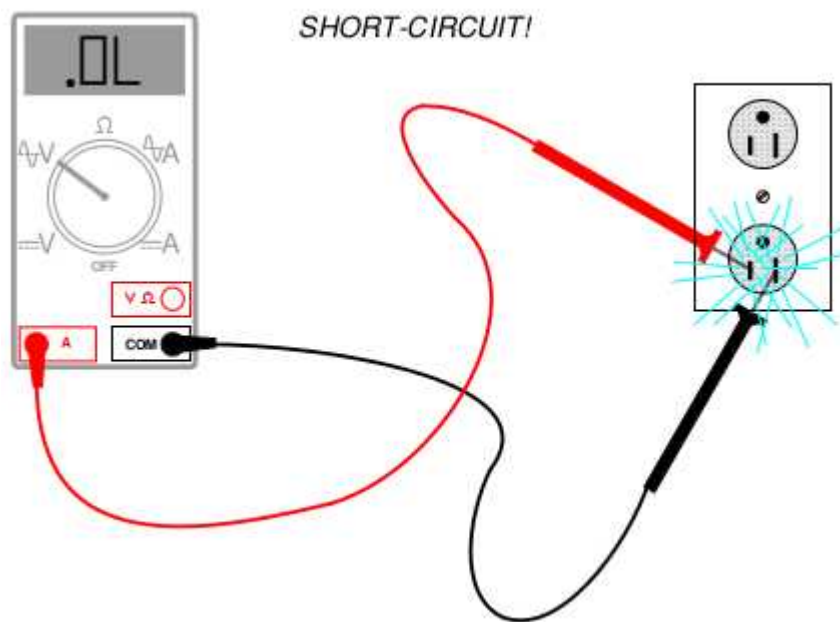


El último paso consiste en en puentear con el polímetro el circuito interrumpido, conectando la sonda negra al conductor negativo y la roja al positivo.



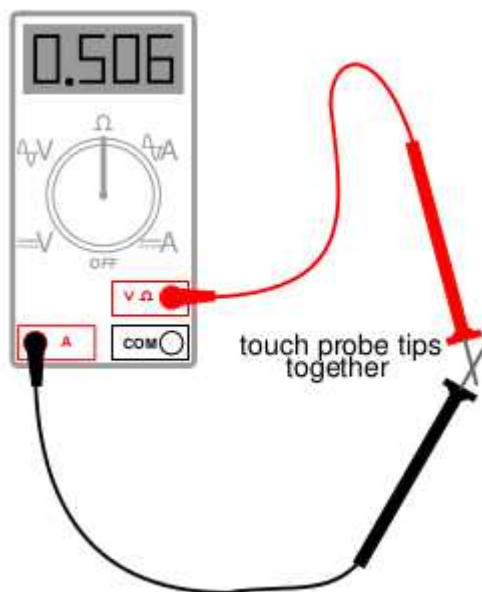
Este ejemplo muestra un circuito muy seguro, ya que 9 voltios apenas suponen un peligro. Sin embargo, en circuitos con tensiones más elevadas, medir la corriente podría ser muy peligroso. Incluso si la tensión es baja, la corriente podría ser lo suficientemente alta como para que se produzca una chispa en el momento en el que se establece la conexión de la última sonda.

Otro peligro potencial al utilizar un polímetro es que esté en modo de medición de corriente (amperímetro) al intentar medir tensión. Cuando se mide corriente, integrando el polímetro en el circuito, este debe ofrecer la mínima resistencia. Si accidentalmente se dejan las sondas de medición en los contactos A y COM, y sólo se ajusta el selector a V, el polímetro provocará un cortocircuito al tocar las sondas dos puntos con diferente tensión. Aunque los polímetros están equipados con un fusible interno para evitar daños mayores en caso de cortocircuito, es muy probable que el medidor quede averiado.

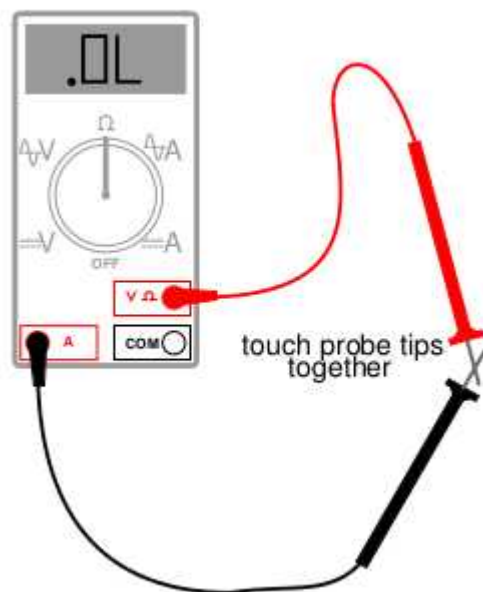


La siguiente imagen muestra cómo probar el correcto estado del fusible del polímetro.

Indication with a good fuse



Indication with a "blown" fuse

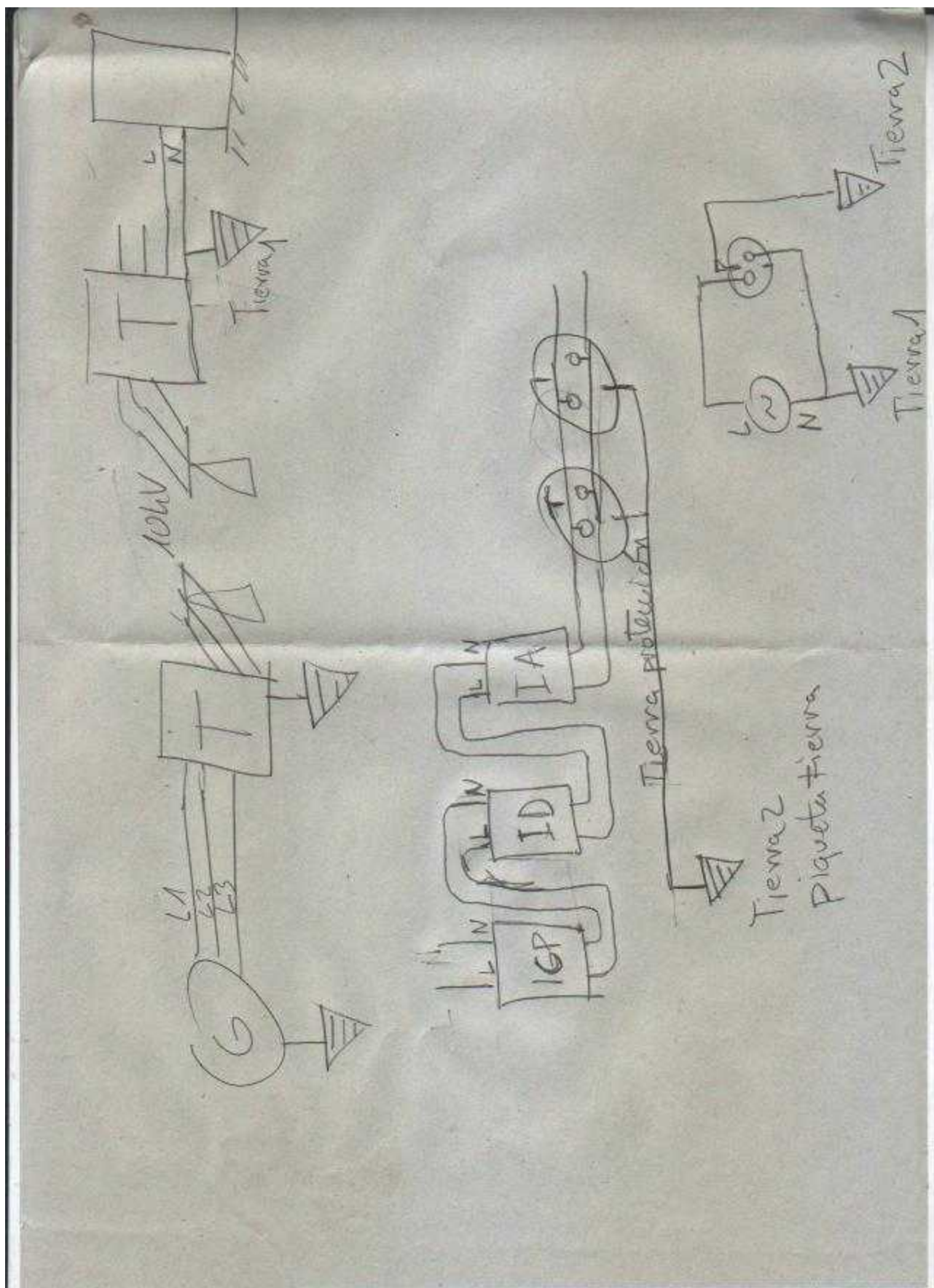


Si el estado del fusible es correcto, el polímetro indicará resistencia cero. Si el fusible estuviese fundido, indicará OL (o equivalente).

## Resumen

- Un medidor capaz de comprobar la tensión, la corriente y la resistencia se denomina polímetro, multímetro, tester.
- La tensión siempre se mide entre dos puntos de un circuito. En este modo de medición, al polímetro también se le llama voltímetro. Se debe tener precaución de no tocar las sondas del medidor, ni de que las sondas se toquen entre ellas, pues se causaría un cortocircuito.
- Para comprobar si un circuito está libre de tensión, se debe utilizar el polímetro en modo de medición de tensión alterna y continua. Se debe comprobar la tensión entre todas las combinaciones de pares de conductores, y entre los conductores individuales y tierra.
- Cuando están en el modo de medición de tensión (voltímetro), los polímetros tienen una resistencia muy alta entre sus contactos y, en consecuencia, entre las sondas de medición, si estas están correctamente conectadas..
- No intentar nunca medir la resistencia o la continuidad en un circuito que esté bajo tensión.
- En el mejor de los casos, las lecturas de resistencia que se obtengan serán inexactas y, en el peor, el medidor podría dañarse y el usuario podría sufrir lesiones.
- Los polímetros en modo de medición de corriente (amperímetros), siempre están integrados en un circuito, de modo que los electrones tienen que fluir a través del polímetro.
- En el modo de medición de corriente (amperímetro), los polímetros prácticamente no presentan resistencia entre sus contactos. El objetivo es permitir que la corriente fluya a través del medidor con la menor dificultad posible. Si no fuera así, el medidor añadiría una resistencia al circuito, reduciendo la corriente.

## **1.9 Soluciones**



Estos apuntes son una adaptación de “Lessons in electric circuits volume 1 DC” , del autor Tony R. Kuphaldt.

Traducción y adaptación Paulino Posada

Traducción realizada con la versión gratuita del traductor [www.DeepL.com/Translator](http://www.DeepL.com/Translator)