

2. MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES ELECTRICAS

El adelanto de la tecnología, se debe principalmente al nacimiento de nuevos materiales, maquinas, aparatos, instrumentos, sistemas y nuevas normas para las instalaciones eléctricas industriales, de tal forma, que en la actualidad, el montador, tiene a la mano nuevas herramientas y mayores facilidades para su trabajo, ya que las dificultades que ofrecían las instalaciones importantes, en que era necesario utilizar tubos de cuatro pulgadas o más, dentro de los cuales se alojaban conductores con aislamientos frágiles han sido desplazados, por los poliductos, ductos, nuevos cables y alambres de todas las secciones con aislamientos adecuados y resistentes, cuya instalación solo requiere, naturalmente, conocimientos técnicos en cuanto a la instalación de los circuitos y los relativos a las diferentes formas de montaje.

2.1 Conductores e instalaciones

En cualquier instalación eléctrica, los elementos que conducen la corriente eléctrica de las fuentes a las cargas o que interconectan los elementos de control, son los conductores eléctricos, por otra parte, por razones de protección de los propios conductores y de seguridad, normalmente estos conductores se encuentran instalados dentro de canalizaciones eléctricas de distinta naturaleza y cuya aplicación depende del tipo de instalación eléctrica de que se trate.

En general la palabra conductor se usa con un sentido distinto al de alambre, ya que por lo general un alambre es de sección circular, mientras que un conductor puede tener varias formas, sin embargo es común que a los alambres se les designe como conductores.

La mayor parte de los conductores usados en las instalaciones eléctricas son de cobre Cu o aluminio Al debido a su buena conductividad y que comercialmente no tienen un costo alto ya que hay otros que tienen un costo elevado que hacen antieconómica su utilización en instalaciones eléctricas, aun cuando tienen mejor conductividad.

2.2 Revisión de instalaciones eléctricas.

A continuación se resumen los distintos tipos de verificaciones que deberán efectuar los instaladores autorizados.

La verificación de las instalaciones eléctricas previa a su puesta en servicio comprende dos fases, una primera fase que no requiere efectuar medidas y que se denomina verificación por examen, y una segunda fase que requiere la utilización de equipos de medida para los ensayos.

El alcance de esta verificación se detalla en la ITC-BT-19 y en la norma UNE 20460 parte 6-61 y comprende tanto la verificación por examen como la verificación mediante medidas eléctricas. Adicionalmente la ITC-BT-18 establece las verificaciones a realizar en las puestas a tierra.

VERIFICACIÓN POR EXAMEN

Debe preceder a los ensayos y medidas, y normalmente se efectuará para el conjunto de la instalación estando ésta sin tensión.

Está destinada a comprobar:

- Si el material eléctrico instalado permanentemente es conforme con las prescripciones establecidas en el proyecto o memoria técnica de diseño.
- Si el material ha sido elegido e instalado correctamente conforme a las prescripciones del Reglamento y del fabricante del material.
- Que el material no presenta ningún daño visible que pueda afectar a la seguridad.

En concreto los aspectos cualitativos que este tipo de verificación debe tener en cuenta son los siguientes:

- La existencia de medidas de protección contra los choques eléctricos por contacto de partes bajo tensión o contactos directos, como por ejemplo: el aislamiento de las partes activas, el empleo de envolventes, barreras, obstáculos o alejamiento de las partes en tensión.
- La existencia de medidas de protección contra choques eléctricos derivados del fallo de aislamiento de las partes activas de la instalación, es decir, contactos indirectos. Dichas medidas pueden ser el uso de dispositivos de corte automático de la alimentación tales como interruptores de máxima corriente, fusibles, o diferenciales, la utilización de equipos y materiales de clase II, disposición de paredes y techos aislantes o alternativamente de conexiones equipotenciales en locales que no utilicen conductor de protección, etc.
- La existencia y calibrado de los dispositivos de protección y señalización. • La presencia de barreras cortafuegos y otras disposiciones que impidan la propagación del fuego, así como protecciones contra efectos térmicos.
- La utilización de materiales y medidas de protección apropiadas a las influencias externas.
- La existencia y disponibilidad de esquemas, advertencias e informaciones similares. • La identificación de circuitos, fusibles, interruptores, bornes, etc.
- La correcta ejecución de las conexiones de los conductores.
- La accesibilidad para comodidad de funcionamiento y mantenimiento.

VERIFICACIONES MEDIANTE MEDIDAS O ENSAYOS.

Las verificaciones descritas en la ITC-BT-19 e ITC-BT-18 son las siguientes:

1. Medida de continuidad de los conductores de protección.
2. Medida de la resistencia de puesta a tierra.
3. Medida de la resistencia de aislamiento de los conductores.
4. Medida de la resistencia de aislamiento de suelos y paredes, cuando se utilice este sistema de protección.
5. Medida de la rigidez dieléctrica.

Adicionalmente hay que considerar otras medidas y comprobaciones que son necesarias para garantizar que se han adoptado convenientemente los requisitos de protección contra choques eléctricos:

6. Medida de las corrientes de fuga
7. Medida de la impedancia de bucle.
8. Comprobación de la intensidad de disparo de los diferenciales.
9. Comprobación de la secuencia de fases.

MEDIDA DE LA CONTINUIDAD DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN Y DE LAS UNIONES EQUIPOTENCIALES PRINCIPALES Y SUPLEMENTARIAS.

Esta medición se efectúa mediante un ohmímetro que aplica una intensidad continua del orden de 200 mA con cambio de polaridad, y equipado con una fuente de tensión continua capaz de genera de 4 a 24 voltios de tensión continua en vacío. Los circuitos probados deben estar libres de tensión. Si la medida se efectúa a dos hilos es necesario descontar la resistencia de los cables de conexión del valor de resistencia medido.

En la figura se ilustra la medida del valor de la resistencia óhmica del conductor de protección que une dos bases de enchufe, mediante un comprobador de baja tensión multifunción, válido para otros tipos de comprobaciones, no obstante, un simple ohmímetro con medida de resistencia a dos hilos sería suficiente para esta verificación.

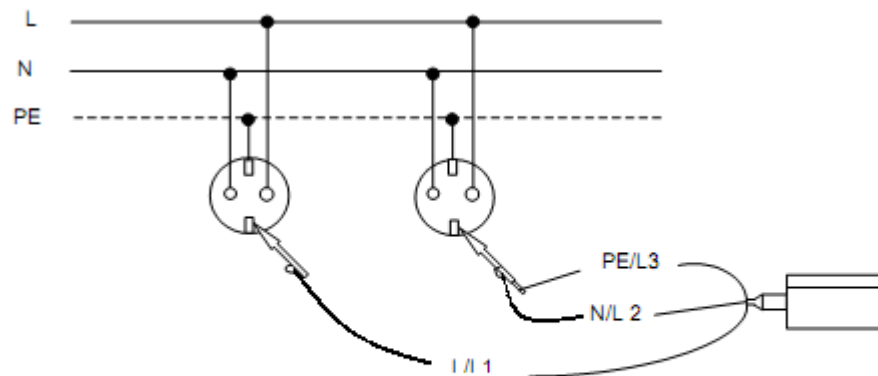


Figura 1. Medida de la resistencia de un conductor de protección.

MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA.

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por el Director de la Obra o Instalador Autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que

el terreno esté más seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.

En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

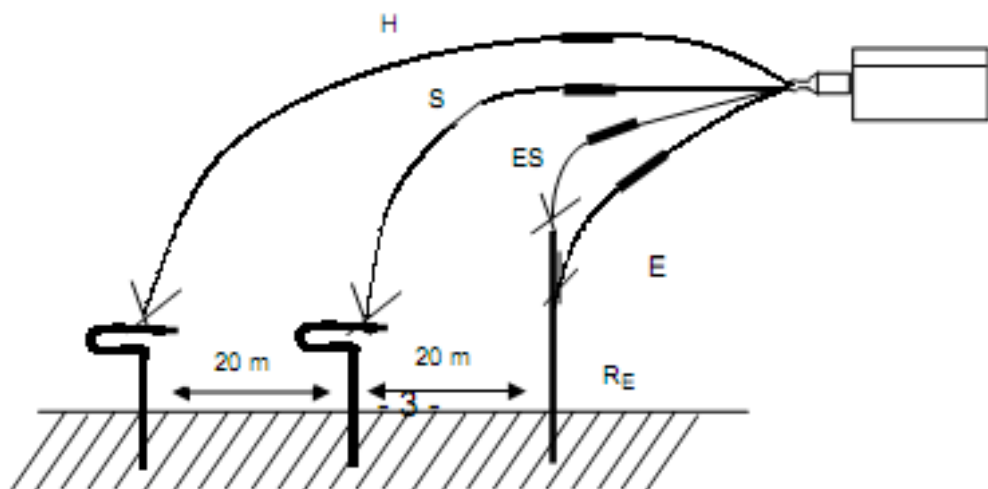
Estas medidas se efectúan mediante un telurómetro, que inyecta una intensidad de corriente alterna conocida, a una frecuencia superior a los 50 Hz, y mide la caída de tensión, de forma que el cociente entre la tensión medida y la corriente inyectada nos da el valor de la resistencia de puesta a tierra.

La conexión se efectúa a tres terminales tal y como se indica en la figura, de forma que la intensidad se inyecta entre E y H, y la tensión se mide entre S y ES. El electrodo de puesta a tierra está representado por R_E , mientras que los otros dos electrodos hincados en el terreno son dos picas auxiliares de unos 30 cm de longitud que se suministran con el propio telurómetro. Los tres electrodos se deben situar en línea recta.

Durante la medida, el electrodo de puesta a tierra cuya resistencia a tierra (R_E) se desea medir debe estar desconectado de los conductores de puesta a tierra. La distancia entre la sonda (S) y el electrodo de puesta a tierra (E/ES), al igual que la distancia entre (S) y la pica auxiliar (H) debe ser al menos de 20 metros. Los cables no se deben cruzar entre sí para evitar errores de medida por acoplamiento capacitivos.

La medida efectuada se puede considerar como correcta si cuando se desplaza la pica auxiliar (S) de su lugar de hincado un par de metros a izquierda y derecha en la línea recta formada por los tres electrodos el valor de resistencia medido no experimenta variación. En caso contrario es necesario ampliar la distancia entre los tres electrodos de medida hasta que se cumpla lo anterior.

Mediante telurómetros que permiten una conexión a cuatro terminales se puede medir también la resistividad del terreno.



MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.
 Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de protección (MBTP)	250	≥ 0,25
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	≥ 0,5
Superior a 500 V	1000	≥ 1,0

Este aislamiento se entiende para una instalación en la cual la longitud del conjunto de canalizaciones y cualquiera que sea el número de conductores que las componen no exceda de 100 metros. Cuando esta longitud exceda del valor anteriormente citado y pueda fraccionarse la instalación en partes de aproximadamente 100 metros de longitud, bien por seccionamiento, desconexión, retirada de fusibles o apertura de interruptores, cada una de las partes en que la instalación ha sido fraccionada debe presentar la resistencia de aislamiento que corresponda según la tabla anterior.

Cuando no sea posible efectuar el fraccionamiento citado en tramos de 100 metros, el valor de la resistencia de aislamiento mínimo admisible será el indicado en la tabla 1 dividido por la longitud total de la canalización, expresada ésta última en unidades de hectómetros.

Si las masas de los aparatos receptores están unidas al conductor neutro (redes T-N), se suprimirán estas conexiones durante la medida, restableciéndose una vez terminada ésta.

Cuando la instalación tenga circuitos con dispositivos electrónicos, en dichos circuitos los conductores de fase y el neutro estarán unidos entre sí durante las medidas.

El aislamiento se medirá de dos formas distintas: en primer lugar entre todos los conductores del circuito de alimentación (fases y neutro) unidos entre sí con respecto a tierra (aislamiento con relación a tierra), y a continuación entre cada pareja de conductores activos. La medida se efectuará mediante un megóhmetro, que no es más que un generador de corriente continua, capaz de suministrar las tensiones de ensayo especificadas en la tabla anterior con una corriente de 1 mA para una carga igual a la mínima resistencia de aislamiento especificada para cada tensión.

Durante la primera medida, los conductores, incluido el conductor neutro o compensador, estarán aislados de tierra, así como de la fuente de alimentación de energía a la cual están unidos habitualmente. Es importante recordar que estas medidas se efectúan por tanto en circuitos sin tensión, o mejor dicho desconectados de su fuente de alimentación

habitual, ya que en caso contrario se podría averiar el comprobador de baja tensión o megóhmetro. La tensión de prueba es la tensión continua generada por el propio megóhmetro.

La medida de aislamiento con relación a tierra, se efectuará uniendo a ésta el polo positivo del megóhmetro y dejando, en principio, todos los receptores conectados y sus mandos en posición "paro", asegurándose que no existe falta de continuidad eléctrica en la parte de la instalación que se verifica; los dispositivos de interrupción intercalados en la parte de instalación que se verifica se pondrán en posición de "cerrado" y los cortacircuitos fusibles instalados como en servicio normal a fin de garantizar la continuidad eléctrica del aislamiento. Todos los conductores se conectarán entre sí incluyendo el conductor neutro o compensador, en el origen de la instalación que se verifica y a este punto se conectará el polo negativo del megóhmetro.

Cuando la resistencia de aislamiento obtenida resultara inferior al valor mínimo que le corresponda, se admitirá que la instalación es, no obstante correcta, si se cumplen las siguientes condiciones:

- Cada aparato receptor presenta una resistencia de aislamiento por lo menos igual al valor señalado por la norma particular del producto que le concierna o en su defecto 0,5 MΩ.
- Desconectados los aparatos receptores, la resistencia de aislamiento de la instalación es superior a lo indicado anteriormente.

La segunda medida a realizar corresponde a la resistencia de aislamiento entre conductores polares, se efectúa después de haber desconectado todos los receptores, quedando los interruptores y cortacircuitos fusibles en la misma posición que la señalada anteriormente para la medida del aislamiento con relación a tierra. La medida de la resistencia de aislamiento se efectuará sucesivamente entre los conductores tomados dos a dos, comprendiendo el conductor neutro o compensador.

Para las instalaciones que empleen muy baja tensión de protección (MBTP) o de seguridad (MBTS) se deben comprobar los valores de la resistencia de aislamiento para la separación de estos circuitos con las partes activas de otros circuitos, y también con tierra si se trata de MBTS, aplicando en ambos casos los mínimos de la tabla1 anterior.

MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE SUELOS Y PAREDES.

Uno de los sistemas que se utiliza para la protección contra contactos indirectos en determinados locales y emplazamientos no conductores se basa en que, en caso de defecto de aislamiento básico o principal de las partes activas, se prevenga el contacto simultáneo con partes que puedan estar a tensiones diferentes, utilizando para ello suelos y paredes aislantes con una resistencia de aislamiento no inferior a:

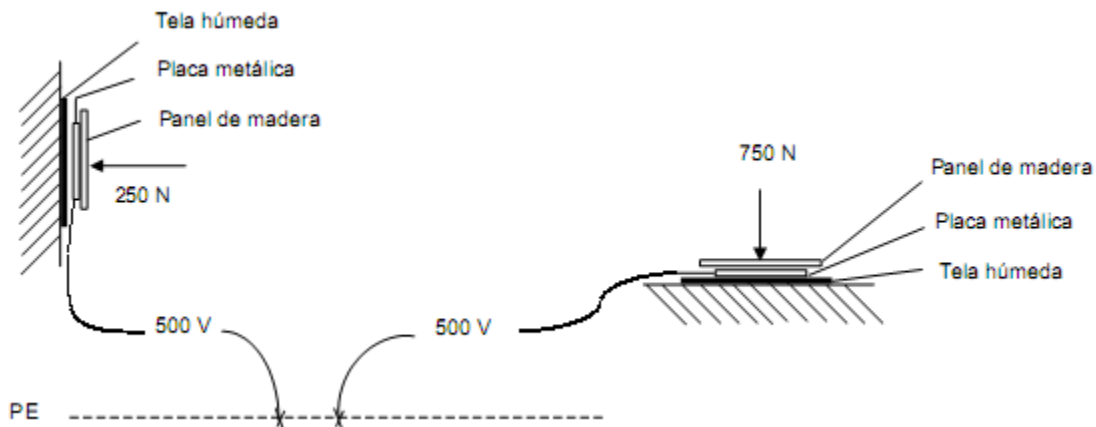
- 50 kΩ, si la tensión nominal de la instalación no es superior a 500 V; y
- 100 kΩ, si la tensión nominal de la instalación es superior a 500 V.

Para comprobar los valores anteriores deben hacerse al menos tres medidas en el mismo local, una de esas medidas estando situado el electrodo, aproximadamente a 1m de un elemento conductor accesible en el local. Las otras dos medidas se efectuarán a distancias superiores. Esta serie de tres medidas debe repetirse para cada superficie importante del local.

Se utilizará para las medidas un megóhmetro capaz de suministrar en vacío una tensión de unos 500 voltios de corriente continua, (1000 voltios si la tensión nominal de la instalación es superior a 500 voltios).

Se pueden utilizar dos electrodos de medida (el tipo 1, o el tipo 2), aunque es recomendable utilizar el tipo 1.

El electrodo de medida tipo 1 está constituido por una placa metálica cuadrada de 250 mm de lado y un papel o tela hidrófila mojada y escurrida de unos 270 mm de lado que se coloca entre la placa y la superficie a ensayar. Durante las medidas se aplica a la placa una fuerza de 750 N o 250 N según se trate de suelo o paredes.



El electrodo de medida tipo 2 está constituido por un triángulo metálico, donde los puntos de contacto con el suelo o pared están colocados próximos a los vértices de un triángulo equilátero. Cada una de las piezas de contacto que le sostiene, está formada por una base flexible que garantiza, cuando está bajo el esfuerzo indicado, un contacto íntimo con la superficie a ensayar de aproximadamente 900 mm^2 , presentando una resistencia inferior a 5000Ω . En este caso antes de efectuar las medidas la superficie a ensayar se moja o se cubre con una tela húmeda. Durante la medida, se aplica sobre el triángulo metálico una fuerza de 750 N o 250 N, según se trate de suelos o paredes.

ENSAYO DIELECTRICO DE LA INSTALACIÓN.

Por lo que respecta a la rigidez dieléctrica de una instalación, ha de ser tal, que desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de $2U + 1000$ voltios a frecuencia industrial (50 Hz), siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1.500 voltios. Este ensayo se realizará para cada uno de los conductores incluido el neutro o compensador, con relación a tierra y entre

conductores, salvo para aquellos materiales en los que se justifique que haya sido realizado dicho ensayo previamente por el fabricante.

Este ensayo se efectúa mediante un generador de corriente alterna de 50 Hz capaz de suministrar la tensión de ensayo requerida.

Durante este ensayo los dispositivos de interrupción se pondrán en la posición de "cerrado" y los cortacircuitos fusibles instalados como en servicio normal a fin de garantizar la continuidad del circuito eléctrico a probar.

Este ensayo no se realizará en instalaciones correspondientes a locales que presenten riesgo de incendio o explosión.

Durante este ensayo, la corriente suministrada por el generador, que es la que se fuga a tierra a través del aislamiento, no será superior para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

MEDIDA DE CORRIENTES DE FUGA.

Además de la prueba de corriente de fuga del apartado anterior es conveniente efectuar para cada uno de los circuitos protegidos con interruptores diferenciales la medida de corrientes de fuga, a la tensión de servicio de la instalación y con los receptores conectados. Los valores medidos deben ser igualmente inferiores a la mitad de la sensibilidad de los interruptores diferenciales instalados para protección de cada uno de los circuitos. Mediante este método es posible detectar un circuito o receptor que presente un defecto de aislamiento o que tenga una corriente de fugas superior a la de la sensibilidad de los interruptores diferenciales de la instalación, llegando en casos extremos a disparar el o los diferenciales de protección, en cuyo caso sería necesario puentearlos para poder localizar el circuito o receptor averiado.

La medida se efectúa mediante una tenaza amperimétrica de sensibilidad mínima de 1mA, que se coloca abrazando los conductores activos (de fase y el neutro), de forma que la tenaza mide la suma vectorial de las corrientes que pasan por los conductores que abraza, si la suma no es cero la instalación tiene una intensidad de fuga que circulará por los conductores de puesta a tierra de los receptores instalados aguas abajo del punto de medida. Este tipo de pinzas suelen llevar un filtro que nos permite hacer la medida a la frecuencia de red (50Hz) o para intensidades de alta frecuencia.

No hay que confundir la corriente de defecto con la corriente de fuga, ya que esta última se da en mayor o menor medida en todo tipo de receptores en condiciones normales de funcionamiento, sobre todo en receptores que lleven filtros para combatir interferencias, como los formados por

condensadores conectados a tierra. Un ejemplo son los balastos electrónicos de alta frecuencia asociados a los tubos fluorescentes.

MEDIDA DE LA IMPEDANCIA DE BUCLE.

La medida del valor de la impedancia de bucle es necesaria para comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas de protección basados en la utilización de fusibles o interruptores automáticos en sistemas de distribución TN, e IT principalmente.

Estos sistemas de protección requieren determinar la intensidad de cortocircuito prevista fase tierra, para comprobar que para ese valor de intensidad de cortocircuito el tiempo de actuación del dispositivo de protección de máxima intensidad es menor que un tiempo especificado. Este tiempo depende del esquema de distribución utilizado y de la tensión nominal entre fase y tierra, U_0 , de la instalación, tal y como se especifica en la ITC-BT-24.

U_0 (V)	Tiempos de interrupción (s)
230	0,4
400	0,2
> 400	0,1

Tabla 2. Tiempos de interrupción máximos especificados para esquemas TN.

Tensión nominal de la instalación (U_0/U)	Tiempo de interrupción (s)	
	Neutro no distribuido	Neutro distribuido
230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1000	0,1	0,2

Tabla 3. Tiempos de interrupción máximos especificados para esquemas IT (después de un primer defecto).

Los parámetros que intervienen en estas comprobaciones son los siguientes:

Z_s es la impedancia del bucle de defecto, incluyendo la de la fuente, la del conductor activo hasta el punto de defecto y la del conductor de protección, desde el punto de defecto hasta la fuente. Para el esquema TN de la siguiente figura se tendría que: $Z_s = (R_1 + R_2) + j(XL_1 + XL_2)$.

$$|Z_s| = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (XL_1 + XL_2)^2}$$

U_0 es la tensión nominal entre fase y tierra, valor eficaz en corriente alterna.

I_{cc} es la corriente prevista de cortocircuito a tierra ($I_{cc} = U_0 / Z_s$)

I_a es la corriente de actuación del dispositivo de protección por máxima intensidad.

Se debe cumplir que: $I_a \leq I_{cc}$, además la característica tiempo-corriente del interruptor debe garantizar su actuación en tiempos inferiores a los establecidos en las tablas.

Los medidores de impedancia de bucle son instrumentos que miden directamente el valor de esta impedancia y que calculan mediante un procesador el valor de la intensidad de cortocircuito prevista. Durante este tipo de medidas es necesario puentear provisionalmente cualquier interruptor diferencial instalado aguas arriba del punto de prueba. Esta medida se debe efectuar con la instalación en tensión. Como estas medidas se efectúan a dos hilos es necesario descontar la resistencia de los cables de conexión de la medida.

Además de la medida de la impedancia de bucle entre fase y tierra (L-PE), también es posible mediante estos instrumentos determinar la impedancia de bucle entre cualquier fase y el conductor neutro (L-N), así como entre dos fases cualesquiera para instalaciones trifásicas.

El principio de funcionamiento de un medidor de impedancia de bucle consiste en cargar el circuito en el punto de prueba mediante una resistencia calibrada que se conecta durante un tiempo muy breve del orden de milisegundos, de forma que circula una intensidad conocida. El instrumento mide la tensión tanto antes como durante el tiempo que circula la corriente, siendo la diferencia entre ambas, la caída de tensión en el circuito ensayado, finalmente el cociente entre la caída de tensión y el valor de la intensidad de carga nos da el valor de la impedancia de bucle.

MEDIDA DE LA TENSIÓN DE CONTACTO Y COMPROBACIÓN DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES.

Cuando el sistema de protección contra los choques eléctricos está confiado a interruptores diferenciales, como es habitual cuando se emplean sistemas de distribución del tipo T-T se debe cumplir la siguiente condición:

$$R_A \times I_{\Delta} \leq U$$

Donde:

R_A es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.

I_{Δ} es la corriente diferencial - residual asignada del diferencial.

U es la tensión de contacto límite convencional (50, 24V u otras, según los casos).

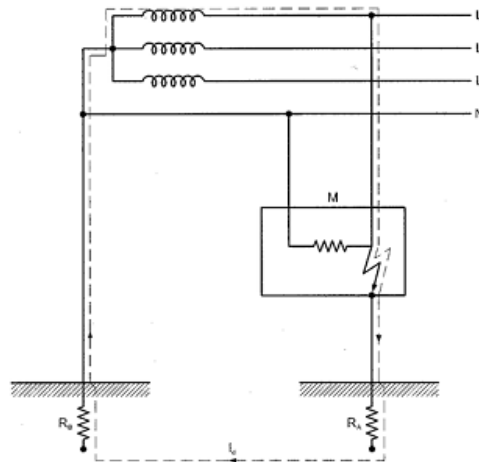


Figura 5. Instalación TT con un defecto a tierra.

Para garantizar la seguridad de la instalación se tienen que dar dos condiciones, la primera que la tensión de contacto que se pueda presentar en la instalación en función de los diferenciales instalados sea menor que el valor límite convencional (50 V ó 24 V), y la segunda que los diferenciales funcionen correctamente.

a) Medida de la tensión de contacto.

En la práctica los medidores de impedancia de bucle que sirven también para medir el valor de la tensión de contacto no suelen ser capaces de medir únicamente el valor de la resistencia R_A , sino que miden el valor de la impedancia de todo el bucle indicado en la figura anterior incluyendo la resistencia de tierra del centro de transformación (RB), de forma que se obtiene un valor superior al valor buscado de R_A . Finalmente el medidor multiplica este valor por la intensidad asignada del interruptor diferencial que nosotros hayamos seleccionado para obtener así la tensión de contacto:

$$U_c = Z_s \cdot I_s$$

Donde:

U_c : Tensión de contacto calculada por el medidor

Z_s : impedancia de bucle de defecto (mayor que la resistencia de puesta a tierra R_A)

I_s : intensidad diferencial asignada que hemos programado en el medidor.

Como la impedancia de bucle es siempre mayor que la de puesta a tierra el valor de la tensión de contacto medida siempre será mayor que el valor real y estaremos del lado de la seguridad. Obviamente la instalación es segura si la tensión de contacto medida es menor que la tensión de contacto límite convencional.

b) Comprobación de los interruptores diferenciales.

La comprobación de diferenciales requiere de un aparato capaz de inyectar a través del diferencial bajo prueba una corriente de fugas especificada y conocida que según su valor deberá hacer disparar al diferencial. Para hacer la prueba el comprobador se conecta en cualquier base de enchufe aguas abajo del diferencial en ensayo, estando la instalación en servicio. Además cuando dispare el diferencial el comprobador debe ser capaz de medir el tiempo que tardó en disparar desde el instante en que se inyectó la intensidad de fugas.

Normalmente estos equipos inyectan una corriente senoidal, pero para comprobar algunos diferenciales especiales a veces es necesario también que sean capaces de inyectar corriente alterna rectificadas de media onda o una corriente continua.

Las pruebas habituales para comprobar el funcionamiento de un diferencial del tipo general son las siguientes:

- Se inyecta una intensidad mitad de la intensidad diferencial residual asignada, con un ángulo de fase de corriente respecto de la onda de tensión de 0° , y el diferencial no debe disparar.
- Se repite la prueba anterior con un ángulo de fase de 180° y el diferencial no debe disparar.
- Se inyecta una intensidad igual la intensidad diferencial residual asignada, con un ángulo de fase de corriente respecto de la onda de tensión de 0° , y el diferencial debe disparar en menos de 200 ms.
- Se repite la prueba anterior con un ángulo de fase de 180° y el diferencial debe disparar en menos de 200 ms.
- Se inyecta una intensidad igual al doble de la intensidad diferencial residual asignada, con un ángulo de fase de corriente respecto de la onda de tensión de 0° , y el diferencial debe disparar en menos de 150 ms.
- Se repite la prueba anterior con un ángulo de fase de 180° y el diferencial debe disparar en menos de 150 ms.
- Se inyecta una intensidad igual a cinco veces la intensidad diferencial residual asignada, con un ángulo de fase de corriente respecto de la onda de tensión de 0° , y el diferencial debe disparar en menos de 40 ms.
- Se repite la prueba anterior con un ángulo de fase de 180° y el diferencial debe disparar en menos de 40 ms.

Para los diferenciales selectivos del tipo S las pruebas tienen otros límites de aceptación.

COMPROBACIÓN DE LA SECUENCIA DE FASES.

Esta comprobación se efectúa mediante un equipo específico o utilizando un comprobador multifunción de baja tensión que tenga esta capacidad. Esta medida es necesaria por ejemplo si se van a conectar motores trifásicos, de forma que se asegure que la secuencia de fases es directa antes de conectar el motor.

2.3 Sistemas de puesta a tierra.

La función de la puesta a tierra de una instalación eléctrica es la de forzar la derivación, al terreno, de las intensidades de corriente, de cualquier naturaleza que se puedan originar, ya se trate de corrientes de defecto, bajo frecuencia industrial, o debidas a descargas atmosféricas, de carácter impulsional.

Con ello, se logra:

- Limitar la diferencia de potencial que, en un momento dado, puede presentarse entre estructuras metálicas y de tierra,
- Posibilitar la detección de defectos a tierra y asegurar la actuación y coordinación de las protecciones, eliminando o disminuyendo, así el riesgo que supone una avería para el material utilizado y las personas,
- Limitar las sobretensiones internas que puedan aparecer en la red eléctrica, en determinadas condiciones de explotación.

- Evitar que las tensiones de frente escarpado que originan las descargas de los rayos provoquen “cebados inversos”, en el caso de las instalaciones de exterior y, particularmente, en líneas aéreas.

PROPIEDADES GENERALES DE LA PUESTA A TIERRA

- a) La resistencia de una toma de tierra, de forma y dimensiones dadas, es proporcional a la resistividad del terreno.
- b) La resistencia varía en razón inversa a las dimensiones lineales del electrodo, para tomas de tierra homotéticas.
- c) La resistencia de las tomas de tierra de forma longitudinal depende poco de las dimensiones transversales y varia, aproximadamente, como la inversa de la dimensión predominante.
- d) A medida que el terreno es peor conductor, mayor es el interés en recurrir a tomas de tierra de forma muy alargada.
- e) La resistencia de una toma de tierra de forma simétrica respecto a un plano horizontal se reduce a la mitad cuando pasa de un semienterramiento a estar enterrada a grandes profundidades.

2.4 Prevención del riesgo eléctrico

Las condiciones de seguridad que deben reunir las instalaciones eléctricas son:

En relación a las características constructivas de las instalaciones se debe seguir lo dispuesto en la reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles. En esta reglamentación se determinan los materiales, equipos y aparatos eléctricos que se deben utilizar.

Para la protección contra riesgos de contactos directos se deben adoptar una o varias de las siguientes opciones:

- Protección por alejamiento: Alejar las partes activas de la instalación a distancia suficiente del lugar donde las personas se encuentran o circulan para evitar un contacto fortuito.
- Protección por aislamiento: Las partes activas de la instalación deben estar recubiertas con aislamiento apropiado que conserve sus propiedades durante su vida útil y que limite la corriente de contacto a un valor inocuo.
- Protección por medio de obstáculos: Consiste en interponer elementos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. La eficacia de los obstáculos debe estar asegurada por su naturaleza, su extensión, su disposición, su resistencia mecánica y si fuera necesario, por su aislamiento.

Para la protección contra riesgos de contactos indirectos (proteger a las personas contra riesgos de contacto con masas puestas accidentalmente bajo tensión) se debe contar con los siguientes dispositivos de seguridad:

- Puesta a tierra de las masas: Las masas deben estar unidas eléctricamente a una toma a tierra o a un conjunto de tomas a tierra interconectadas. Este circuito de puesta a tierra debe ser continuo, permanente y tener la capacidad de carga para conducir la corriente de falla y una resistencia apropiada. Periódicamente se debe verificar los valores de resistencia de tierra de las jabalinas instaladas. Los valores de resistencia a tierra obtenidos se deben encontrar por debajo del máximo establecido (10 ohm).
- Disyuntores diferenciales: los disyuntores diferenciales deben actuar cuando la corriente de fuga a tierra toma el valor de calibración (300 mA o 30 mA según su sensibilidad) cualquiera sea su naturaleza u origen y en un tiempo no mayor de 0,03 segundos.
- Separar las masas o partes conductoras que puedan tomar diferente potencial, de modo que sea imposible entrar en contacto con ellas simultáneamente (ya sea directamente o bien por intermedio de los objetos manipulados habitualmente).
- Interconectar todas las masas o partes conductoras, de modo que no aparezcan entre ellas diferencias de potencial peligrosas.
- Aislar las masas o partes conductoras con las que el hombre pueda entrar en contacto.
- Separar los circuitos de utilización de las fuentes de energía por medio de transformadores o grupos convertidores. El circuito separado no debe tener ningún punto unido a tierra, debe ser de poca extensión y tener un buen nivel de aislamiento.
- Usar tensión de seguridad.
- Proteger por doble aislamiento los equipos y máquinas eléctricas.

PRINCIPALES RIESGOS DE LA ELECTRICIDAD

1. No es perceptible por los sentidos del humano.
2. No tiene olor, solo es detectada cuando en un corto circuito se descompone el aire apareciendo Ozono.
3. No es detectado por la vista.
4. No se detecta al gusto ni al oído.
5. Al tacto puede ser mortal si no se está debidamente aislado. El cuerpo humano actúa como circuito entre dos puntos de diferente potencial. No es la tensión la que provoca los efectos fisiológicos sino la corriente que atraviesa el cuerpo humano.

Los efectos que pueden producir los accidentes de origen eléctrico dependen de:

- Intensidad de la corriente.
- Resistencia eléctrica del cuerpo humano.
- Tensión de la corriente.
- Frecuencia y forma del accidente.
- Tiempo de contacto.
- Trayectoria de la corriente en el cuerpo.

Todo accidente eléctrico tiene origen en un defecto de aislamiento y la persona se transforma en una vía de descarga a tierra.

Al tocar un objeto energizado o un conductor con la mano, se produce un efecto de contracción muscular que tiende a cerrarla y mantenerla por más tiempo con mayor firmeza.

CLASIFICACION DE LOS ACCIDENTES ELÉCTRICOS

Accidentes por contacto directo

Son provocados por el paso de la corriente a través del cuerpo humano. Pueden provocar electrocución, quemaduras y embolias.

Accidentes indirectos

- Riesgos secundarios por caídas luego de una electrocución.
- Quemaduras o asfixia, consecuencia de un incendio de origen eléctrico.
- Accidentes por una desviación de la corriente de su trayectoria normal.
- Calentamiento exagerado, explosión, inflamación de la instalación eléctrica.

2.5. Normas y material de seguridad.

Las normas de seguridad e higiene, son fundamentales en los trabajos que se realicen en las instalaciones eléctricas. Entre otras, las más básicas son dos:

- Cortar la energía eléctrica antes de tocar los circuitos
- Manipular en las maquinas y sus circuitos, solo cuando se esté seguro de los que se quiere hacer.

El resto de las normas mínimas de seguridad las marcan los distintos Reglamentos aplicables en cada caso. Además de dichos reglamentos, es necesario observar y cumplir la legislación de seguridad y salud aplicable a cada lugar de trabajo donde se encuentre la instalación eléctrica.

NORMAS GENERALES

- Toda persona debe dar cuenta al correspondiente supervisor de los trabajos a realizar y debe obtener el permiso correspondiente.

- Debe avisar de cualquier condición insegura que observe en su trabajo y advertir de cualquier defecto en los materiales o herramientas a utilizar.
- Quedan prohibidas las acciones temerarias (mal llamadas actos de valentía), que suponen actuar sin cumplir con las Reglamentaciones de Seguridad y entrañan siempre un riesgo inaceptable.
- No hacer bromas, juegos o cualquier acción que pudiera distraer a los operarios en su trabajo.
- Cuando se efectúen trabajos en instalaciones de Baja Tensión, no podrá considerarse la misma sin tensión si no se ha verificado la ausencia de la misma.

NORMAS ESPECÍFICAS ANTES DE LA OPERACIÓN

- A nivel del suelo ubicarse sobre los elementos aislantes correspondientes (alfombra o manta aislante o banqueta aislante).
- Utilizar casco (el cabello debe estar contenido dentro del mismo y asegurado si fuese necesario), calzado de seguridad dieléctrico, guantes aislantes para BT y anteojos de seguridad.
- Utilizar herramientas o equipos aislantes. Revisar antes de su uso el perfecto estado de conservación y aislamiento de los mismos, de su toma de corriente y de los conductores de conexión.
- Desprenderse de todo objeto metálico de uso personal que pudiera proyectarse o hacer contacto con la instalación. Quitarse anillos, relojes o cualquier elemento que pudiera dañar los guantes.
- Utilizar máscaras de protección facial y/o protectores de brazos para proteger las partes del cuerpo.
- Aislar los conductores o partes desnudas que estén con tensión, próximos al lugar de trabajo.
- La ropa no debe tener partes conductoras y cubrirá totalmente los brazos, las piernas y pecho.
- Utilizar ropas secas, en caso de lluvia usar la indumentaria impermeable.
- En caso de lluvia extremar las precauciones.

NORMAS ESPECÍFICAS DURANTE LA OPERACIÓN

- Abrir los circuitos con el fin de aislar todas las fuentes de tensión que pueden alimentar la instalación en la que se va a trabajar. Esta apertura

debe realizarse en cada uno de los conductores que alimentan la instalación, exceptuando el neutro.

- Bloquear todos los equipos de corte en posición de apertura. Colocar en el mando o en el mismo dispositivo la señalización de prohibido de maniobra.
- Verificar la ausencia de tensión. Comprobar si el detector funciona antes y después de realizado el trabajo.
- Puesta a tierra y la puesta en cortocircuito de cada uno de los conductores sin tensión incluyendo el neutro.
- Delimitar la zona de trabajo señalizándola adecuadamente.

NORMAS ESPECÍFICAS POSTERIORES A LA OPERACIÓN

- Reunir a todas las personas que participaron en el trabajo para notificar la reposición de la tensión.
- Verificar visualmente que no hayan quedado en el sitio de trabajo herramientas u otros elementos.
- Se retirará la señalización y luego el bloqueo.
- Se cerrarán los circuitos.

NORMAS ESPECÍFICAS PARA EL EMPLEO Y CONSERVACIÓN DEL MATERIAL DE SEGURIDAD

- Casco de seguridad
Es obligatorio para toda persona que realice trabajos en instalaciones eléctricas de cualquier tipo.
- Anteojos de protección o máscara protectora facial
El uso es obligatorio para toda persona que realice un trabajo que encierre un riesgo de accidente ocular tal como arco eléctrico, proyección de gases partículas, etc.
- Guantes dieléctricos
Los guantes deben ser para trabajos a BT. Deben verificarse frecuentemente, asegurarse que están en buen estado y no presenta huellas de roturas, desgarros ni agujeros. Todo guante que presente algún defecto debe ser descartado. Deben ser protegidos del contacto con objetos cortantes o punzantes con guantes de protección mecánica. Conservarlos en estuches adecuados.
- Cinturón de seguridad
El material de los cinturones será sintético. No deben ser de cuero. Debe

llevar todos los accesorios necesarios para la ejecución del trabajo tales como cuerda de seguridad y soga auxiliar para izado de herramientas. Estos accesorios deben ser verificados antes de su uso, al igual que el cinturón, revisando particularmente el reborde de los agujeros previstos para la hebilla pasacinta de acción rápida. Verificar el estado del cinturón: ensambles sólidos, costuras, remaches, deformaciones de las hebillas, mosquetones y anillos. Los cinturones deben ser mantenidos en perfecto estado de limpieza y guardados en lugares aptos para su uso posterior.

- Banquetas aislantes y alfombra aislante

Es necesario situarse en el centro de la alfombra y evitar todo contacto con las masas metálicas.

- Verificadores de ausencia de tensión

Se debe verificar antes de su empleo que el material está en buen estado. Se debe verificar antes y después de su uso que la cabeza detectora funcione correctamente. Para la utilización de estos aparatos es obligatorio el uso de los guantes dieléctricos de la tensión correspondiente.

- Escaleras

Se prohíbe utilizar escaleras metálicas para trabajos en instalaciones eléctricas o en su proximidad inmediata, si tiene elementos metálicos accesibles.

- Dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito

La puesta a tierra y en cortocircuito de los conductores, aparatos o partes de instalaciones sobre las que se debe efectuar un trabajo, debe hacerse mediante un dispositivo especial diseñado a tal fin. Las operaciones se deben realizar en el siguiente orden:

- Asegurarse de que todas las piezas de contacto, así como los conductores del dispositivo, estén en buen estado.
- Siempre conectar en primer lugar el morseto de cable de tierra del dispositivo, utilizando guante de protección mecánica, ya sea en la tierra existente de las instalaciones o bien en una jabalina especialmente clavada en el suelo.
- Desenrollar completamente el conductor del dispositivo, para evitar los efectos electromagnéticos debido a un cortocircuito eventual.
- Fijar las pinzas de conexión de los conductores de tierra y cortocircuitos sobre cada uno de los conductores de la instalación utilizando guantes de protección dieléctrica y mecánica.
- Para quitar los dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito operar rigurosamente en el orden inverso, primero el dispositivo de los conductores y por último el de tierra.
- Señalizar el lugar donde se coloque la tierra, para individualizarla perfectamente.

A continuación veremos los artículos más importantes del Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.

Artículo 28. Motores y controladores

Generalidades

28-1. General. Las disposiciones contenidas en las Fracciones 28-2 a 28-8, comprenden algunas disposiciones misceláneas para motores y controladores que complementan las comprendidas en la\$ otras divisiones de este artículo.

28-2. Sobrecalentamiento por acumulación de polvo. En los locales donde se acumulen polvo u otras partículas en los motores, en cantidades que perturben la ventilación o el enfriamiento de los mismos deberán usarse tipos adecuados de motores cerrados, que no se sobrecalienten bajo esas condiciones. Condiciones especialmente severas pueden requerir el uso de motores cerrados con ventilación especial o su colocación en locales separados, impenetrables por el polvo y ventilados convenientemente.

28-3. Identificación de los motores. Los motores deberán estar provistos de placas en las que aparezca el nombre del fabricante, la capacidad en volts y amperes, incluyendo la del secundario si se trata de un tipo de motor devanado, la frecuencia, el número de fases, la velocidad normal a carga plena, el intervalo durante el cual puede funcionar a carga plena sin alcanzar el límite de temperatura de trabajo y otros datos que se consideren necesarios. Para motores de 1/8 de caballo de potencia o más deberá señalarse la potencia en caballos de potencia. Para motores de soldadoras de arco puede señalarse la capacidad en amperes. Los motores que lleven incorporado un dispositivo de protección, deberán tener una indicación en ese sentido.

28-4. Identificación de los controladores. Los controladores deberán tener marcado el nombre del fabricante o un símbolo de identificación, el voltaje, la corriente, o su capacidad de control en caballos de potencia, así como otros datos que puedan necesitarse para saber con qué motores pueden usarse. Cuando un controlador esté construido como una parte integrante de un motor o de un motor generador, el controlador no necesita estar marcado separadamente, puesto que los datos necesarios deberán aparecer en la placa del motor.

28-5. Identificación de terminales. Las terminales de los motores y controladores deberán identificarse adecuadamente.

28-6. Espacio para conexiones en cubiertas. Las cubiertas para controladores y para medios de desconexión de motores no deberán usarse como cajas de conexión o ductos para conductores que alimenten a otros aparatos, a menos que se empleen cubiertas que proporcionen espacio adecuado para este fin.

28-7. Cubiertas. Deberán proveerse resguardos o cubiertas apropiadas para proteger las partes vivas descubiertas en motores y también para proteger el aislamiento de las terminales cuando queden donde pueda haber goteo o salpicadura de aceite, agua u otro líquido, a menos que el motor este construido para estas condiciones.

28-8. Ubicación de motores. Los motores deberán colocarse de modo que las operaciones de mantenimiento, tales como la lubricación de chumaceras y el reemplazo de carbones, puedan efectuarse fácilmente. Los motores con conmutadores o anillos colectores deberán colocarse o protegerse de tal modo que las chispas no puedan alcanzar a ningún material combustible. Esto no prohíbe la instalación de esos motores sobre pisos o soportes de madera.

Calibre de conductores para circuitos de motores

28-9. General. El objeto de las disposiciones siguientes es indicar calibres de conductores capaces de conducir corriente del motor, sin sobrecalentamiento y bajo las condiciones que se especifican.

28-10. Motor individual. La corriente permisible de acuerdo con la fracción 11-4, en los conductores de un circuito derivado que abastezca a un motor individual, con régimen de trabajo continuo y carga aproximadamente constante, no será menor de 125% de la corriente nominal a carga plena del motor. Cuando la carga sea variable el calibre de los conductores podrá fijarse considerando una corriente menor que el 125% nominal a carga plena del motor, según el régimen de trabajo de que se trate, pero no menor del 85% de dicha corriente nominal a plena carga. Se tendrá presente, al fijar el calibre de los conductores, que algunas condiciones de trabajo variable, especialmente cuando el motor arranque con frecuencia pueden requerir conductores más gruesos que los determinados de acuerdo con la primera parte de esta fracción.

28-11. Secundario de motor con rotor devanado. Los conductores que conecten el secundario de un motor para corriente alterna con rotor devanado a su controlador, deberán ser de calibre suficiente para una corriente no menor que el 125% de la corriente secundaria del motor, a carga plena, si es para régimen de trabajo continuo. Para otro régimen de trabajo que no sea continuo, se podrá determinar el calibre de los conductores tomando en cuenta la corriente máxima y su duración, en la misma forma que se indica en la fracción anterior.

28-12. Conductores que abastezcan a varios motores. Los conductores que abastezcan a dos o más motores deberán de ser de calibre suficiente para una corriente no menor que el 125% de la corriente a carga plena del motor de mayor potencia en el grupo, más la suma de las corrientes a carga plena de los demás motores del mismo grupo. Cuando los motores no funcionen simultáneamente a plena carga, podrá aplicarse al factor de demanda que corresponda al régimen de operación.

28-13. Carga mixta. Los conductores alimentadores que abastezcan carga de motores y también de alumbrado y/o de aparatos, computada de acuerdo con el Artículo 6, deberán ser de calibre suficiente para la carga total del alumbrado y/o de aparatos más la corriente que corresponda a la carga de motores.

Protección contra sobrecorriente de motores

28-14. General. Las disposiciones siguientes se refieren a los dispositivos de sobrecorriente destinados a proteger motores, aparatos de control de motores y conductores de circuitos derivados que los abastezcan, contra el calentamiento excesivo debido a sobrecargas de los motores.

28-15. Motores para servicio continuo. Cada motor para servicio continuo deberá protegerse contra sobrecarga, como sigue:

- a) De más de un caballo de potencia. Para estos motores la protección mencionada deberá asegurarse haciendo uso de uno de los medios siguientes:
 - I. Un dispositivo de sobrecorriente separado, que actúe por efecto de la corriente del motor. La capacidad o el ajuste de este dispositivo no deberá ser mayor del 140% de la corriente nominal a carga plena.
 - II. Un dispositivo protector incluido en el motor, que actúe por efecto de la corriente o de la corriente y la temperatura.
- b) De un caballo de potencia o menos, arrancando manualmente. Éstos motores podrán considerarse protegidos contra sobrecorriente por el dispositivo que proteja a los conductores del circuito derivado.
- c) De un caballo de potencia o menos, arrancado automáticamente. Este tipo de motor deberá protegerse contra sobrecorriente en la misma forma que los motores de más de un caballo de potencia a que se refiere el inciso a.
- d) Secundarios de motores con rotor devanado. Los circuitos secundarios de motores con rotor devanado, incluyendo conductores, controladores, resistencias, etc., podrán considerarse protegidos contra sobrecorriente por el dispositivo de sobrecarga del circuito primario del motor.

28-16. Servicio intermitente. Un motor que lleve carga intermitente o variable puede considerarse protegido contra sobrecorriente por el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado si éste se protege a no más de 400% de la corriente nominal a plena carga del motor como se indica en la fracción 28-25.

28-17. periodo de arranque. Si el motor es arrancado manualmente, la protección contra sobrecarga puede excluirse el circuito durante el periodo de arranque, siempre que el dispositivo que la excluya no pueda dejarse en la posición de arranque. El motor podrá considerarse

protegido contra sobrecorriente, durante el periodo de arranque, si se colocan en el circuito fusibles o interruptores automáticos de acción retardada, con capacidad o ajuste no mayor del 400% de la corriente a plena carga del motor, de tal modo que estén activos durante el periodo de arranque. La protección contra sobrecarga del motor no deberá suprimirse durante el periodo de arranque, si el motor se arranca automáticamente.

28-18. Fusibles. Conductores en los que se intercalan. Si se usan fusibles para la protección contra sobrecarga del motor, deberán intercalarse en cada conducto no conectado a tierra.

28-19. Dispositivos que no sean fusibles. Conductores en los que se colocan. Si se usan dispositivos que no sean fusibles para la protección contra sobrecarga de motores, la tabla siguiente señala el número mínimo de unidades de sobrecorriente, tales como bobinas de disparo, relevadores o elementos térmicos, que se permiten y su colocación.

Clase de motor	Sistema de abastecimiento	Número y colocación de las unidades de sobrecorriente
Monofásico o de C.D.	Bifilar monofásico o de C. D., no conectado a tierra.	Uno, en cualquier conductor.
Monofásico o de C.D.	Bifilar, monofásico o de C. D., un conductor conectado a tierra.	Uno, en el conductor no conectado a tierra.
Monofásico o de C.D.	Trifilar, monofásico o de C. D., neutro conectado a tierra.	Uno, en cualquiera de los dos conductores no conectados a tierra.
Trifásico	Trifilar, trifásico no conectado a tierra.	Dos, en dos conductores cualesquiera.
Trifásico	Trifilar, trifásico, un conductor conectado a tierra.	Dos, en los conductores no conectados a tierra.
Trifásico	Trifilar, trifásico, neutro conectado a tierra.	Dos en dos conductores cualesquiera.
Trifásico	Tetrafililar, trifásico, neutro conectado o no a tierra.	Dos, en dos conductores cualesquiera, excepto el neutro.

28-20. Número de conductores desconectados por el dispositivo de sobrecorriente. Los dispositivos de sobrecarga del motor que no sean fusibles o interruptores térmicos unipolares, deberán desconectar simultáneamente todos los conductores no conectados a tierra.

28-21. Arrancador de motor como protección contra sobrecarga. Un arrancador de motor puede servir también como dispositivo de protección contra sobrecarga, si el número de unidades de sobrecorriente concuerda con lo indicado en la Fracción 28-19.

28-22. Protección contra cortocircuitos. Si el dispositivo que se use para proteger a un motor contra sobrecarga, tal como un interruptor o un relevador térmico, no está construido para interrumpir un cortocircuito, deberá protegerse instalando, además, fusibles o un interruptor automático con capacidad o ajuste de no más de 4 veces la corriente nominal a plena carga del motor, a menos que el dispositivo de que se trate este construido

y aprobado para proteger fusibles o interruptor automático de mayor capacidad.

28-23. Motores en circuitos con lámparas o contactos. La protección contra sobrecorriente para motores conectados a circuitos derivados que también abastezcan lámparas o contactos, deberán cumplir con lo siguiente:

- a) Uno o más motores, sin protección individual contra sobrecarga, pueden conectarse a los circuitos derivados.
- b) Los motores con capacidades nominales mayores que las especificaciones en el inciso 28-26^a pueden conectarse a los circuitos derivados solamente si están provistos de la protección individual contra sobrecarga que se especifica en la fracción 28-15 y se cumple con lo establecido en la fracción 28-22.
- c) El dispositivo de sobrecorriente que proteja un circuito derivado, al cual se conecte un motor o aparato accionado por motor, deberá ser de acción lo suficientemente retardada para permitir al motor poner en movimiento su carga y acelerarla.

Protección contra sobrecorriente de circuitos derivados para motores

28-24. General. Las disposiciones siguientes se refieren a los dispositivos de sobrecorriente destinadas a proteger los conductores de circuitos derivados para motores, los aparatos de control de motores y los motores, contra sobrecorriente debida a cortocircuitos o a tierras.

28-25. Capacidad o ajuste para motor individual. El dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado para un motor deberá ser capaz de soportar la corriente de arranque; pero su capacidad o ajuste deberá exceder del 400% de la corriente a carga plena del motor, exceptuando a los motores de corriente a carga plena menor de 4 amperes, los cuales se consideran protegidos por un dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito derivado de 15 amperes.

28-26. Varios motores en un circuito derivado. Dos o más motores pueden conectarse al mismo circuito derivado, bajo las condiciones siguientes:

- a) En un circuito derivado de menos de 600 volts entre conductores, protegido a no más de 20 amperes, se pueden conectar varios motores de no más de 1 caballo de potencia y de corriente nominal a carga plena que no exceda de 6 amperes. La protección individual contra sobrecarga, no es necesaria para dichos motores, menos que su arranque sea automático.
- b) Dos o más motores de cualquier potencia, cada uno con su protección contra sobrecarga, pueden conectarse a un circuito derivado, siempre que se cumpla con todas las condiciones siguientes:
 - I. El circuito derivado debe de estar protegido por fusibles que tengan una capacidad que no exceda de la

especificada en la fracción 28-25 para el motor más grande conectado al circuito derivado, más las corrientes nominales a carga plena, de todos los demás motores conectados al circuito.

- II. Cada dispositivo de sobrecarga y cada controlador de motor necesitan ser apropiados para instalarse con la protección contra sobrecorriente del circuito derivado.
- III. Los conductores de cualquier derivación que abastezcan a un solo motor, no necesitan tener protección individual, siempre que cumplan cualquiera de los requisitos siguientes: (1) que la corriente permisible en los conductores que vayan al motor no sea menor que la de los conductores del circuito derivado, o (2) que la longitud de los conductores de la derivación no exceda de 10 metros y que su corriente permisible no sea menor que la requerida para el motor, ni menor que un tercio de la corriente permisible en el circuito derivado.

28-27. Protección combinada contra sobrecorriente. La protección contra sobrecorriente, tanto del circuito derivado como la de sobrecarga del motor, pueden combinarse en un solo dispositivo de sobrecorriente, si la capacidad o el ajuste del dispositivo proporcionan la protección contra sobrecorriente especificada.

28-28. Dispositivos de sobrecorriente. Conductores en los que se colocan. Deberá instalarse un dispositivo de sobrecorriente en cada conductor no conectado a tierra, de acuerdo con lo dispuesto en la fracción 8-5.

28-29. Capacidad de los interruptores automáticos. Los interruptores automáticos para la protección de circuitos derivados para motor, deberán tener capacidad para conducir continuamente no menos del 115% de la corriente nominal a carga plena de los motores.

28-30. Derivaciones en un puntos inaccesibles. Si el punto de conexión de un circuito derivado para motores, a los conductores alimentadores, no es accesible, el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado puede colocarse donde sea accesible, siempre que se cumpla con alguna de las condiciones siguientes:

- a) Que los conductores entre el punto de derivación y el dispositivo de sobrecorriente no sean más delgados que los alimentadores,
o
- b) Que la longitud de los mismos conductores no sea mayor de 10 metros y su corriente permisible no sea menor de un tercio de la de los alimentadores.

Protección contra sobrecorriente de los conductores alimentadores de circuitos derivados que abastezcan motores.

28-31. General. Las disposiciones siguientes se refieren a los dispositivos de sobrecorriente destinados a proteger los conductores

alimentadores de circuitos derivados que abastezcan motores, contra sobrecorrientes debidas a cortocircuitos o a tierras.

28-32. Capacidad o ajuste para cargas de motores solamente. Los conductores alimentadores de circuitos derivados que abastezcan a varios motores deberán tener una protección contra sobrecorriente que no sea mayor que la capacidad o ajuste del dispositivo protector del circuito derivado que tenga la protección mayor, mas la suma de las corrientes a carga plena de los motores en los demás circuitos derivados.

Si la capacidad obtenida de acuerdo con el párrafo anterior no corresponde a un fusible de capacidad normal, puede usarse el fusible de capacidad inmediata superior.

Si dos o más motores de un grupo necesitan arrancarse simultáneamente, puede ser necesario instalar conductores alimentadores de mayor sección y consecuentemente aumentar la capacidad o ajuste de la protección de sobrecorriente de los alimentadores.

28-33. Capacidad o ajuste para cargas de motores y de alumbrado o aparatos. Si los conductores alimentadores abastecen cargas de motores y de alumbrado o aparatos, el dispositivo protector de sobrecorriente de los alimentadores no deberá exceder de la capacidad o ajuste suficiente para llevar la carga de alumbrado y/o aparatos, mas la capacidad que corresponda a los motores, según se trate de un solo motor o de dos o más motores.

Circuitos de control a distancia

28-34. General. Las modificaciones siguientes a los requisitos generales de este reglamento están destinadas a cubrir las condiciones peculiares que rigen a los circuitos de control a distancia.

28-35. Protección contra sobrecorriente. Los conductores de control pueden considerarse protegidos contra sobrecorriente por dispositivos que no sean del tipo de acción retardada y que tengan capacidad o ajuste no mayor que el 500% de la corriente permitida en los conductores. Estos conductores pueden considerarse también protegidos por los dispositivos de sobrecorriente del circuito derivado, si se cumple con cualquiera de las condiciones siguientes:

- a) Que la capacidad del dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado no sea mayor que el 500% de la corriente permitida en los conductores del circuito de control.
- b) Que el dispositivo controlado y el punto o puntos desde los cuales se controla, se encuentren sobre la misma máquina, o bien, que la distancia entre el dispositivo controlado y el punto o puntos de control no sea mayor a 15 metros.
- c) Que la apertura del circuito de control implique un peligro como por ejemplo, el circuito de control de motores de bombas de incendio.

28-36. Protección mecánica de los conductores. Donde un daño mecánico a un circuito de control a distancia constituya un peligro, todos los conductores de dicho circuito deberán instalarse dentro de ductos, o protegerse adecuadamente contra daño mecánico.

Se recomienda que los circuitos de control se dispongan de tal modo que una tierra accidental no origine el arranque del motor.

28-37. Desconexión. Los circuitos de control deberán disponerse de tal modo que se desconecten de toda fuente de abastecimiento cuando el medio de desconexión este en la posición de abierto, excepto cuando se use un interruptor separado para el circuito de control. Si se usa un transformador u otro dispositivo para obtener un voltaje reducido para los circuitos de control, dicho transformador deberá conectarse del lado de la carga de los medios de desconexión.

Arrancadores

28-38. General. En general, todo motor de más de 10 caballos de potencia deberá estar provisto de un arrancador que reduzca su corriente de arranque, tal como un arrancador a voltaje, o un controlador conectado al secundario del motor cuando este sea del tipo de rotor devanado. Sin embargo, si porque los motores sean del tipo de baja corriente de arranque, o porque arranquen en vacío o con carga muy ligera y porque el sistema de alimentación lo permita, se encuentra que motores de más de 10 Cp. pueden arrancar a voltaje completo, sin producir trastornos o molestias para el propio sistema de alimentación ni para otros servicios suministrados del mismo sistema, podrán instalarse los motores para arranque directo a la línea, previo acuerdo entre el usuario y la empresa suministradora.

Cuando el arranque de motores a voltaje completo de lugar a serios trastornos en la operación del sistema suministrador o en la calidad del servicio para otros usuarios motores de más de dos caballos de potencia podrán requerir un arrancador que reduzca la corriente de arranque.

En caso de desacuerdo entre el usuario en la empresa suministradora, se estará a lo que sobre el particular resuelva la secretaría de economía.

Para los efectos de este artículo, el término arrancador incluye a cualquier interruptor o dispositivo que se use normalmente para arrancar y parar un motor.

28-39. Capacidad. Cada arrancador deberá ser capaz de arrancar y parar el motor que controla y, para un motor de corriente alterna deberá ser capaz de interrumpir la corriente a rotor frenado.

- a) Motor fijo de 1/8 de caballo de potencia o menos. Para este tipo de motor que normalmente se deje en marcha y que esté construido de tal modo que no pueda ser dañado por sobrecarga o falla en el arranque, que, como por ejemplo los motores de relojes y otros semejantes, puede servir como arrancador el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado.
- b) Motor portátil de 1/4 de caballo de potencia o menor. Para este motor el arrancador puede ser una clavija y contacto.

- c) Interruptor automático, como arrancador. Un interruptor automático puede usarse como arrancador. Cuando dicho interruptor automático se usa también para protección contra sobrecorriente, deberá cumplir con las disposiciones de este artículo, referentes a la protección contra sobrecorriente.

28-40. No necesitan interrumpir todos los conductores. Excepto cuando sirve también como un medio de desconexión el arrancador no necesita interrumpir a todos los conductores conectados al motor.

28-41. En conductores conectados a tierra. Un polo del arrancador puede colocarse en un conductor conectado a tierra permanentemente, siempre que este polo no pueda abrirse sin interrumpir simultáneamente a todos los conductores del circuito.

28-42. Ubicación del arranque. Cada motor y la maquinaria que impulse, deberán poderse ver desde la ubicación del arrancador, a menos que se cumpla con alguna de las condiciones siguientes:

- a) Que el medio de desconexión del arrancador pueda asegurarse en la posición de abierto.
- b) Que se coloque un interruptor accionable manualmente, que impida el arranque del motor, visible desde la ubicación de este. Cuando se use el control a distancia para el arranque del motor, el interruptor mencionado puede colocarse en el circuito de control a distancia.

Una distancia de más de 15 metros se considera equivalente a no estar visible.

28-43. Número de motores servidos por cada arrancador. Cada motor deberá proveerse de un arrancador individual, excepto para motores de 600 volts o menos, un solo arrancador puede servir a un grupo de motores, bajo cualquiera de las condiciones siguientes:

- Si varios motores mueven a una sola máquina o aparato, como máquinas para trabajar metales y maderas, grúas, montacargas y aparatos semejantes.
- Si un grupo de motores está bajo la protección de un dispositivo de sobrecorriente, de acuerdo con el inciso 28-26a.
- Si varios motores están colocados en un solo local y son visibles desde la ubicación del arrancador.

28-44. Motores de velocidad variable. Los motores de velocidad variable, si son controlados por medio de regulación del campo, deberán equiparse y conectarse de tal modo que no puedan arrancarse con un campo debilitado, a menos que el motor esté construido para ese arranque.

28-45. Limitación de velocidad. Las máquinas de los tipos siguientes deberán estar provistas de dispositivos y limitadores de

velocidad, a menos que las características inherentes de las máquinas, del sistema o de la carga, sean tales que limiten de con seguridad la velocidad, o a menos que las máquinas estén siempre bajo el cuidado de un operador.

- Motores de corriente directa excitados separadamente
- Motores de corriente directa con excitación en serie.
- Moto generadores y convertidores, que puedan ser impulsados a velocidad excesiva del lado de la corriente directa.

28-46. Capacidad de portafusibles. La capacidad de una combinación de portafusibles y de interruptor, que se use como arrancador de motor, desea ser tal que el portafusibles admita el tamaño de fusible adecuado para la protección contra sobrecorriente del motor.

Medios de desconexión

28-47. General. Los motores y arrancadores deberán tener medios de desconexión, capaces de desconectar los del circuito.

28-48. Tipo. El medio de desconexión deberá ser un interruptor manual, un desconectador o un interruptor automático, exceptuándose lo permitido en los incisos siguientes.

Se recomienda que en los desconectadores para motores, que no sean capaces de interrumpir la corriente, a rotor frenado, se indica claramente: "no se abre con carga".

- 1/8 de caballo de potencia o menos. Para motores fijos de esta potencia, el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado puede servir como el medio de desconexión.
- Motores portátiles. Para motores portátiles una clavija y contacto pueden servir como el medio o de desconexión.

28-49. Capacidad normal. El medio de desconexión deberá tener capacidad para conducir continuamente por lo menos 115 % de la corriente nominal a plena carga del motor.

28-50. Conductores conectados a tierra. Un polo del medio de desconexión puede colocarse en un conductor conectado a tierra permanentemente, si este polo no puede abrirse sin desconectar simultáneamente a todos los conductores del circuito.

28-51. Indicación de posición. El medio de desconexión deberá indicar claramente si está en la posición de abierto o cerrado.

28-52. Deberá desconectador tanto al motor como al arrancador. El medio de desconexión deberá desconectar tanto al motor como al arrancador, de todos los conductores de abastecimiento no conectados a tierra. El medio de desconexión puede estar junto con el arrancador y aun dentro de una misma corriente.

28-53. Interruptor como arrancador y medio de desconexión. Un interruptor que cumpla con las disposiciones puede servir como

arrancadores y como medio de desconexión a la vez, si se cumple con los siguientes requisitos:

- Si interrumpe a todos los conductores no conectados a tierra que alimenten al motor.
- Si está protegido por un dispositivo de sobrecorriente que interrumpa a todos los conductores no conectados a tierra.
- Si es de uno de los tipos siguientes: un interruptor en aire accionable a mano, un interruptor automático accionable a mano o un interruptor en aceite para no más de 600 volts entre conductores ni más de 100 amperes, o de mayor capacidad si está bajo vigilancia experta.

Los interruptores automáticos y de aceite especificados, pueden ser accionable es tanto manualmente como por algún otro medio auxiliar; pero en este último caso, deberán poderse asegurar en la posición de abiertos.

El dispositivo de sobrecorriente que protege al arrancador poder formar parte del mismo arrancador o puede estar separado.

Un arrancador de tipo compensador no queda incluido en lo anterior y requerirá un medio de desconexión separado.

28-54. Interruptor de servicio como medio de desconexión. Si una instalación consta de un solo motor el interruptor de servicio puede servir como medio de desconexión, con tal de que se cumpla con los requisitos de este artículo y que sea visible desde la ubicación del arrancador.

28-55. Ubicación del medio de desconexión. El medio de desconexión deberá poderse ver desde la ubicación del arrancador, o deberá poderse asegurar en la posición del abierto.

28-56. Motores servidos por un solo medio de desconexión. Cada motor deberá proveerse de un medio de desconexión individual, con las siguientes excepciones para motores de 600 volts o menos en que un solo medio de desconexión puede servir a un grupo de motores:

Si varios motores mueve en una sola máquina o aparato.

Si un grupo de motores se encuentra protegido por un juego de dispositivos de sobrecorrientes.

Si varios motores están en un solo salón, visible desde de la ubicación del medio de desconexión.

El medio de desconexión que sirva a un grupo de motores, deberá tener capacidad para conducir continuamente por lo menos 115% de la suma de las corrientes nominales a plena carga de todos los motores del grupo.

28-57. Accesibilidad. El medios de desconexión deberá colocarse donde será fácilmente accesible.

Motores de más de 600 volts.

28-58. Requisitos para más de 600 volts. Para este tipo de motores se aplicarán las disposiciones del presente artículo en lo que les será aplicable.

Conexión a tierra

28-59. Motores fijos. Las armazones de motores fijos deberán conectarse a tierra, si existe cualquiera de las condiciones siguientes:

Si están situados en un lugar húmedo y no están protegidos por distancia o resguardados.

Si están en un local peligroso.

Si el motor funciona con cualquier terminal a más de 150 volts a tierra.

28-60. Motores portátiles. Las armazones de motores portátiles que funcionan a más de 150 volts a tierra deberán estar resguardadas o conectadas a tierra. Se recomienda que las armazones de motores que funcionan a menos de 150 volts se conecten a tierra.