

Centro de Formación Schneider

Seguridad en las maniobras MT



Merlin Gerin


Modicon

Square D

Telemecanique

Publicación Técnica Schneider: PT-070

Edición: Noviembre 2000

Schneider
 Electric

La **Biblioteca Técnica** constituye una colección de títulos que recogen las novedades en automatismos industriales y electrotécnica. Tienen origen en el Centro de Formación para cubrir un amplio abanico de necesidades pedagógicas y están destinados a Ingenieros y Técnicos que precisen una información específica, que complemente la de los catálogos, guías de producto o noticias técnicas.

Estos documentos ayudan a conocer mejor los fenómenos que se presentan en las instalaciones, los sistemas y equipos eléctricos. Cada Publicación Técnica recopila conocimientos sobre un tema concreto del campo de las redes eléctricas, protecciones, control y mando y de los automatismos industriales.

Puede accederse a estas publicaciones en Internet: <http://www.schneiderelectric.es>.

Igualmente pueden solicitarse ejemplares en cualquier delegación comercial de **Schneider Electric España S.A.**, o bien dirigirse a:

Centro de Formación Schneider
C/ Miquel i Badia, 8 bajos
08024 Barcelona

Tel. (93) 285 35 80
Fax: (93) 219 64 40
e-mail: formacion@schneiderelectric.es

La colección de **Publicaciones Técnicas**, junto con los Cuadernos Técnicos (ver CT-0), forma parte de la «Biblioteca Técnica» del **Grupo Schneider**.

Advertencia

Los autores declinan toda responsabilidad derivada de la utilización de las informaciones y esquemas reproducidos en la presente obra y no serán responsables de eventuales errores u omisiones, ni de las consecuencias de la aplicación de las informaciones o esquemas contenidos en la presente edición.

La reproducción total o parcial de esta Publicación Técnica está autorizada haciendo la mención obligatoria: «Reproducción de la Publicación Técnica nº 004: Centros de Transformación MT/BT de Schneider Electric».

PT-070

Seguridad en las maniobras MT



Robert Capella

Ingeniero Técnico Eléctrico con actividad simultánea en los ámbitos industrial y docente. Profesor de máquinas eléctricas y de teoría de circuitos para Ingenieros Técnicos (1950-81). Profesor de laboratorio para Ingenieros Industriales (1958-90).

En el ámbito industrial, se ha ocupado en etapas sucesivas de: hornos de arco (acero), motores y accionamientos, transformadores y estaciones de transformación, aparata de MT y AT y equipos blindados en SF-6, turboalternadores industriales, transformadores de medida y relés de protección. Con especial dedicación al proyecto y construcción de equipos prefabricados (cabinas) de MT hasta 36 kV (1970-92).

En la actualidad, colaborador en laboratorio de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Superior de Ingeniería Eléctrica de Barcelona y en el Centro de Formación de Schneider Electric.

Índice

1 Trabajos sin tensión. Las 5 reglas de oro de la seguridad	p. 5
2 1ª regla de oro de la seguridad: Corte visible o efectivo de todas las posibles fuentes de tensión	p. 6
2.1 Noción	p. 6
2.2 Aparamenta	p. 7
2.3 Entrada y salida	p. 8
3 2ª regla de oro de la seguridad: Enclavamiento o bloqueo de los aparatos de corte y señalización en el mando de los mismos	p. 9
3.1 Noción	p. 9
3.2 Tipos de enclavamiento	p. 9
4 3ª regla de oro de la seguridad: Comprobación de la ausencia de tensión	p. 10
4.1 Tensiones no procedentes de la fuente	p. 10
4.2 Puntos de comprobación	p. 11
4.3 Aparatos detectores	p. 11
5 4ª Regla de oro de la seguridad: Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión	p. 12
5.1 Nociones	p. 12
5.2 Puesta a tierra y en cortocircuito fija	p. 13
5.3 Puesta a tierra y en cortocircuito portátil de montaje temporal	p. 13
6 5ª regla de oro de la seguridad: Colocar las señales de seguridad adecuadas delimitando la zona de trabajo o bien la zona de peligro (zona de tensión)	p. 15
7 Finalización de trabajos	p. 16
8 Distancias de seguridad	p. 16
9 Maniobras normales de explotación	p. 17
9.1 Aparamenta	p. 17
9.2 Conexión/desconexión. Precauciones	p. 17
10 Enclavamientos y seguridades	p. 18
11 Las señalizaciones en las instalaciones eléctricas	p. 19
11.1 Objetivo	p. 19
11.2 Premisas	p. 19
11.3 Señalización óptica	p. 20
11.4 Señalización	p. 20
11.5 Descripción de algunas señales ópticas	p. 22
11.6 Balizamiento	p. 23
11.7 Señalización acústica	p. 24

Estas reglas o preceptos básicos de seguridad conciernen a los casos en que el trabajo en aquella parte de la instalación puede realizarse sin haber tensión en la misma. Esto es desde luego lo más deseable, y se procura que sea lo más frecuente, aunque no siempre es posible.

En efecto, hay casos en que el trabajo debe llevarse a cabo habiendo tensión en aquel punto de la línea o de la instalación. Se denomina entonces «Trabajos En Tensión» (TET) y para el mismo rigen otras reglas de procedimiento.

Estas denominadas «Cinco Reglas de Oro» de la seguridad pueden enunciarse como sigue:

1ª regla:

Abrir en corte visible o en «corte efectivo», todas las posibles fuentes de tensión, mediante seccionadores, interruptores-seccionadores, interruptores enchufables u otros medios.

2ª regla:

Enclavamiento o bloqueo, si es posible, de los aparatos que han realizado el corte visible o efectivo, y señalización en el mando de los mismos.

3ª regla:

Comprobación de la ausencia de tensión.

4ª regla:

Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión.

5ª regla:

Colocar las señalizaciones de seguridad adecuadas, delimitando la zona de trabajo.

En forma resumida:

1ª: Corte visible o efectivo.

2ª: Enclavamiento o bloqueo.

3ª: Comprobación de la ausencia de tensión.

4ª: Puesta a tierra y en cortocircuito.

5ª: Delimitación y señalización.

Las operaciones y/o maniobras necesarias para el cumplimiento de estos preceptos, deben realizarse siempre y en su totalidad antes de iniciar el trabajo en aquella parte de la instalación, y deben llevarse a cabo en el mismo orden según están enunciadas, o sea, primero establecer el corte visible, o efectivo después de realizar los enclavamientos y bloqueos, seguidamente comprobar la ausencia de tensión, luego hacer las puestas a tierra y en cortocircuito y finalmente colocar las señalizaciones de delimitación.

2 1ª regla de oro de la seguridad: Corte visible o efectivo de todas las posibles fuentes de tensión

2.1 Noción

Se entiende por «corte visible» la separación entre dos puntos de la línea o trayectoria de la corriente (de forma que ésta no pueda circular), comprobable ocularmente.

Se entiende por «corte efectivo» la apertura de un circuito que no permite su comprobación visual, pero su posición «abierto» es comprobable y señalada por un medio seguro.

Este caso se da en ciertos tipos de interruptores-seccionadores ubicados dentro de un recinto cerrado conteniendo un gas diferente del aire ambiente, por ejemplo, nitrógeno o hexafluoruro de azufre (SF6) éste último muy frecuente en la actualidad.

La disposición del contacto o contactos fijos, del contacto móvil y del de conexión a tierra es tal, que para conectar el interruptor-seccionador a tierra, antes ha de detenerse que pasar forzosamente por la posición abierto.

En la **figura 1** se muestran dos ejemplos de esta disposición, uno para movimiento lineal y otro giratorio del contacto móvil.

En algunos modelos, una mirilla permite ver la posición «conectado a tierra» del contacto móvil, con lo cual queda comprobada la posición abierto.

Para facilitar el entendimiento de esta primera regla, conviene exponer lo siguiente.

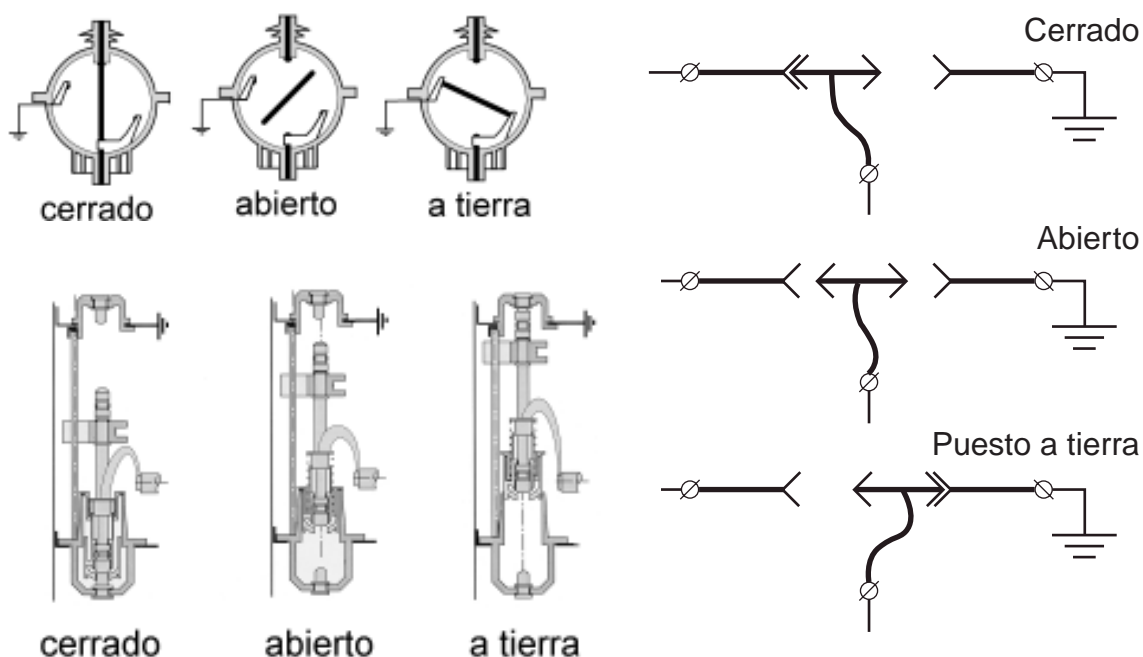


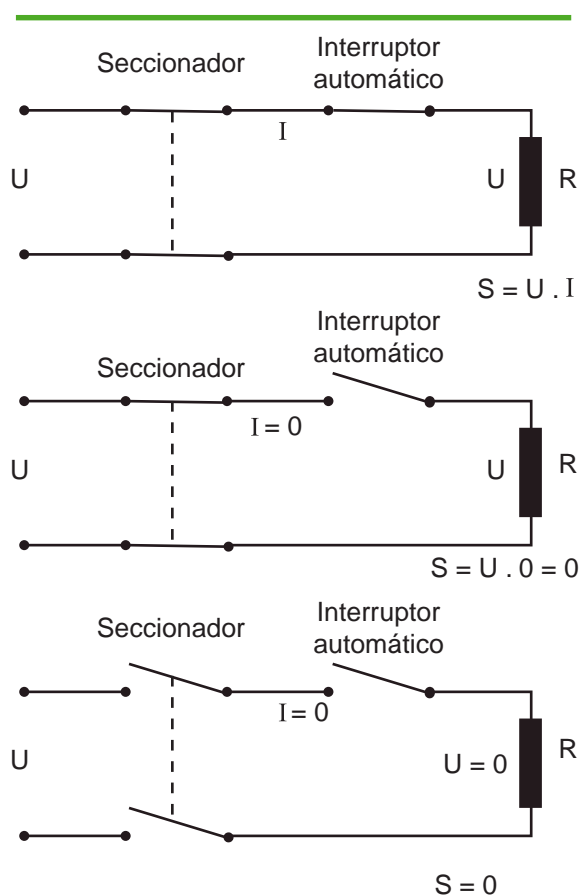
Fig. 1: Movimiento de la parte móvil en los interruptores-seccionadores MT.

Cualquier circuito eléctrico puede encontrarse en una de las siguientes situaciones:

- Cuando está en tensión y circula por él una corriente, se dice que está con tensión y con carga.
- Cuando no circula corriente pero hay tensión en el circuito, se dice que está con tensión y sin carga.
- Cuando en el mismo no hay tensión y no circula corriente, se dice que está sin tensión y sin carga («circuito fuera de servicio»).

En la **figura 2** se representan estas tres posibles situaciones.

Según la «1ª regla de oro» el circuito debe estar sin carga y sin tensión.



R: Receptor (lámpara, motor, calefactor, etc.)
 S: Potencia (VA)
 U: Tensión (V)
 I: Corriente (A)

Fig. 2: Situaciones posibles de un circuito receptor «R»:

- Hay corriente (I) y tensión (U),
- No hay corriente (I) pero hay tensión (U),
- No hay ni corriente (I) ni tensión (U).

2.2 Aparamenta

Para pasar de la situación con tensión y carga a la de tensión y sin carga, debe pues interrumpirse el paso de la corriente. Esta maniobra la realizan los aparatos denominados interruptores. Éstos son aptos para cortar el paso de la corriente al separarse sus contactos (apertura, desconexión) o inversamente establecer la circulación de la corriente, al tocarse sus contactos (cierre, conexión). Se les denomina también «interruptores de potencia» porque al cortar el paso de corriente, la potencia eléctrica $S = U I$ del circuito se hace cero.

En este aspecto, hay que distinguir entre los interruptores automáticos, capaces de cortar corrientes de cortocircuito y los interruptores-seccionadores que sólo pueden interrumpir su corriente nominal y con factor de potencia igual o superior a 0,7 inductivo.

La gran mayoría de los interruptores automáticos de MT tienen sus contactos dentro de cámaras cerradas por lo cual su posición no es visible.

Desde el punto de vista de esta 1ª regla de seguridad, no establecen pues «corte visible». En general, tampoco están diseñados para establecer «corte efectivo».

El corte visible lo realizan en primer lugar los seccionadores. También los interruptores-seccionadores (cuando no están dentro de recintos cerrados, según lo antes explicado), pues están diseñados de forma que al abrir establecen una separación de contactos visible.

Los interruptores automáticos en ejecución enchufable, realizan también corte visible, o por lo menos efectivo, pues en esta ejecución, asumen la doble función de interruptor y de seccionador, ya que su posición desenchufado equivale a seccionador abierto.

En cuanto a los seccionadores, hay que recordar, que, en estos casos, sólo pueden maniobrarse (cerrar, abrir) sin paso de corriente, puesto que al abrir o cerrar, la tensión entre sus contactos, antes o después de la maniobra varía en gran medida.

Por tanto, antes de abrir un seccionador para establecer corte visible, debe abrirse primero el correspondiente interruptor en serie con el seccionador.

Los seccionadores deben abrirse totalmente, de forma que la separación entre contactos sea la máxima que permita el aparato.

Cuando no hay ninguno de los aparatos de seccionamiento antes indicados, el corte visible puede obtenerse también:

□ Extrayendo los cartuchos fusibles de sus bases.

□ En líneas aéreas, mediante aperturas de puentes de conexión entre los tramos de línea que concurren en un poste de amarre.

En ambos casos, la maniobra, debe realizarse con el circuito sin tensión.

En resumen, el corte visible y/o el corte efectivo deben establecer una separación segura entre la parte con tensión y la parte que queda sin tensión.

2.3 Entrada y salida

En este aspecto no hay que discriminar entre líneas de llegada de alimentación y líneas de salida, pues cabe siempre la posibilidad de un retorno de tensión por una línea de salida.

Por su naturaleza, los transformadores son de funcionamiento reversible, por tanto:

Si la parte de la instalación de MT que se desea dejar sin tensión contiene transformadores de potencia reductores (transformadores MT/BT), hay que establecer corte visible o efectivo en el lado secundario (BT).

Asimismo, si contiene transformadores de medida de tensión, debe establecerse corte visible en la línea de salida del secundario (normalmente de 100 ó 110 V) hacia el exterior de la zona que se desea sin tensión.

En efecto, en ambos casos, si llegara tensión de retorno al secundario, el transformador elevaría esta tensión a valores del ámbito de la MT, que aparecería en sus bornes primarios.

3 2ª regla de oro de la seguridad: Enclavamiento o bloqueo de los aparatos de corte y señalización en el mando de los mismos

3.1 Noción

El objetivo de esta segunda regla, es impedir que las aperturas en corte visible o en corte efectivo de las posibles fuentes de alimentación establecidas según la primera regla, queden anuladas por cierre intempestivo del aparato de corte.

Se trata pues de asegurar que no puedan producirse cierres intempestivos en los seccionadores, interruptores-seccionadores, etc., bien sea por un fallo técnico, error humano o causas imprevistas.

3.2 Tipos de enclavamiento

Este bloqueo o enclavamiento puede ser de varios tipos: mecánico, eléctrico, neumático o físico.

El bloqueo mecánico, consiste en inmovilizar el mando del aparato mediante candados, cerraduras, cadenas, bulones, pasadores, etc.

El bloqueo eléctrico consiste en impedir el funcionamiento del aparato mediante la apertura del circuito de mando y accionamiento eléctrico.

El bloqueo neumático consiste en impedir el accionamiento del aparato actuando sobre la alimentación de aire comprimido y vaciando el calderín de aire a presión.

El bloqueo físico consiste en colocar entre los contactos del aparato un elemento aislante que impida físicamente el cierre de dichos contactos. Por ejemplo colocar una placa aislante entre las cuchillas del seccionador y los contactos fijos del mismo.

Esta 2ª regla indica que además de los bloqueos o enclavamientos establecidos en los aparatos de corte, deben colocarse en los mandos de los mismos carteles, placas u otros elementos de señal, que indiquen la prohibición de maniobrar.

Estos carteles o placas son de tipo y/o simbologías normalizadas.

En muchas ocasiones los interruptores y los seccionadores, en especial los primeros,

además del mando de accionamiento en el propio aparato («mando local») tienen también mando de accionamiento a distancia (eléctrico o neumático) por ejemplo en el centro («cuadro») de control o en el de telemando.

En estos casos, la señalización de prohibición de maniobrar debe colocarse en todos los posibles puntos de mando (local, distancia, telemando, etc.).

En algunos casos en especial en seccionadores e interruptores-seccionadores, la maniobra se efectúa accionando con una pértiga aislante directamente sobre el eje del aparato, incluso sobre las mismas cuchillas de contacto. En estos casos, la señalización de prohibición de maniobrar debe colocarse en el mismo aparato lo más cerca posible del punto de ataque con la pértiga.

Cuando no sea posible realizar el bloqueo de un aparato de corte, por ejemplo en el caso anterior de accionamiento por pértiga, esta segunda regla de seguridad, queda limitada exclusivamente a la señalización. En este sentido se considera que la señalización es la protección mínima cuando no se pueden bloquear los aparatos de corte.

En los transformadores de medida de tensión, la línea de salida de su secundario, acostumbra a estar protegida con un interruptor magnetotérmico. Aunque sea del

tipo apto para establecer corte efectivo (debe estar indicado en el mismo) en general no es posible bloquear su palanca de maniobra.

Es pues preferible a efectos de seguridad, desembornarlo de la línea, estableciendo así un corte visible.

Si en la línea hay fusibles, se extraen de su base y se obtiene así un corte visible.

Desde luego, en ambos casos hay que colocar la correspondiente señalización en dichos puntos.

4 3ª regla de oro de la seguridad: Comprobación de la ausencia de tensión

El reconocimiento de la ausencia de tensión, se realiza mediante aparatos adecuados, para comprobar que no hay tensión en aquella parte de la instalación eléctrica.

4.1 Tensiones no procedentes de la fuente

Lo anterior se refiere a la tensión de funcionamiento normal (tensión de servicio) de la instalación. Con esta comprobación se tiene la seguridad de que todas las posibles fuentes de tensión han sido abiertas (1ª regla de oro). Ahora bien, a pesar de ello, pueden aparecer tensiones en aquella parte de la instalación, en general inferiores a la de servicio pero también peligrosas y por tanto inadmisibles desde el punto de vista de la seguridad.

Estas tensiones no procedentes de las fuentes de alimentación del sistema (abiertas con corte visible o efectivo), pueden ser debidas a varias causas, entre ellas:

- Los cables de Media Tensión tienen una capacidad eléctrica no despreciable, proporcional a su longitud. También las líneas aéreas MT tienen una cierta capacidad, aunque menor que los cables (a igualdad de longitud). En este aspecto, ambos se comportan como un condensador.

Cuando se interrumpe la alimentación a un condensador, o el paso de corriente por un cable o una línea aérea, estos elementos quedan cargados con una cierta energía eléctrica, por lo cual retienen una tensión continua (no alterna) que en los primeros momentos después de la interrupción es de aproximadamente el 80% de la tensión de

servicio a 50 Hz (valor eficaz entre fases), la cual, debido a las corrientes de fuga va disminuyendo, aunque con mucha lentitud desde el punto de vista de la seguridad.

- Efectos de inducción magnéticas de una línea en servicio con tensión y carga (corriente) sobre otra fuera de servicio (sin tensión ni corriente) que discurra paralelamente. Toda corriente alterna crea a su alrededor un campo magnético, también alterno, el cual a su vez crea («induce») una tensión en otro conductor que se encuentre dentro de dicho campo magnético. Este efecto de inducción es tanto mayor cuanto más próximos estén ambos conductores (el recorrido por la corriente y el fuera de servicio) y cuanto más largo sea el tramo en que discurren paralelamente.

- Descarga atmosférica (rayo) que caiga directamente en la línea, o lo más frecuente, en su proximidad. Puede generar tensiones que si bien son en general de muy corta duración (del orden de microsegundos) pueden llegar a ser muy superiores a la de funcionamiento normal y por tanto especialmente peligrosas para las personas.

Los riesgos debidos a estas tensiones debidas a la capacidad e inducción se solucionan con la 4ª regla (puesta a tierra y en cortocircuito), según se verá más adelante.

4.2 Puntos de comprobación

La comprobación de la ausencia de tensión debe realizarse:

- En el lugar donde se han de realizar los trabajos,
- Y en todos los puntos donde se han abierto las posibles fuentes de tensión.

Esta comprobación ha de efectuarse siempre bajo el supuesto de que hay tensión. Por tanto, deben tomarse las siguientes precauciones:

- Usar el equipo de protección adecuado,

- Mantener las distancias de seguridad,
- Comprobar la ausencia de tensión en todos los conductores y aparatos. Por tanto en las tres fases del sistema trifásico.

En efecto, por razones de seguridad, hay que considerar que: «Todo conductor o aparato está con tensión mientras no se demuestre lo contrario».

El equipo de protección consistirá, según los casos en la pértiga aislante con el detector de tensión, guantes aislantes, casco de protección, gafas y si es posible, banqueta o alfombra aislantes.

4.3 Aparatos detectores

Los aparatos para comprobar la ausencia de tensión, se denominan Detectores, o Verificadores de Ausencia de Tensión (V.A.T.).

Consisten básicamente en una pértiga aislante de longitud adecuada a la tensión y a la instalación, en cuyo extremo está montado el detector de tensión.

Este detector cuando entra en contacto o en la proximidad inmediata del elemento en tensión, da una señal óptica (lámpara), o acústica o ambas a la vez (señal óptico-acústica). Hay pues, detectores ópticos, detectores acústicos y detectores óptico-acústicos.

Existen detectores óptico u óptico-acústicos que tienen dos lámparas, una roja para indicar presencia de tensión y otra verde que indica ausencia de tensión.

Cada detector tiene un campo de utilización definido por una tensión inferior y una superior (por ejemplo 66 kV a 132 kV, 6 kV a 25 kV, 25 kV a 110 kV etc.) fuera del cual no debe ser utilizado.

Inmediatamente antes y después de su utilización debe comprobarse el correcto funcionamiento del detector.

Esta comprobación puede efectuarse:

- Tocando con el detector una parte de la instalación que se sabe con certeza que está en tensión, en el cual caso el detector debe actuar,

- Empleando un comprobador que genera una alta tensión. Al tocarlo el detector, éste debe actuar,

- Algunos tipos de detectores, por ejemplo los ópticos de dos lámparas (roja y verde) y los óptico-acústicos llevan ya incorporado un dispositivo de comprobación (batería y pulsador), son pues autocomprobantes.

Los detectores acústicos y óptico-acústicos para exterior emiten señal sonora audible hasta 50 m de distancia.

Estos verificadores de ausencia de tensión (V.A.T.) sólo detectan tensiones de carácter alterno. Por tanto, no detectan tensiones de carácter continuo, que, según antes explicado, quedan retenidas en los condensadores, cables y líneas aéreas.

En efecto, dichos aparatos no deben detectar estas tensiones continuas o unidireccionales pues su misión es comprobar que no haya quedado sin abrir ninguna de las posibles fuentes de tensión. Piénsese que, los circuitos eléctricos pueden ser en ocasiones bastante complejos. Si detectaran esta tensión continua debida a la capacidad, se crearía una situación de confusión y duda.

La cuestión se resuelve con la 4ª regla de seguridad, según se explicará más adelante.

Además de los detectores de tensión antes explicados existen otros dos dispositivos utilizados para la comprobación de ausencia o presencia de tensión:

- Para líneas aéreas de hasta 30 m de altura, el «fusil lanzacables»,
- Para cables subterráneos hasta 72,5 kV la «sierra cortacable».

El fusil lanzacables es un método consistente en lanzar una flecha, por medio de un fusil adecuado.

Esta flecha lleva fijado el extremo de un hilo fusible cuyo extremo ha sido previamente puesto a tierra por medio de un pica clavada en el terreno.

Esta flecha con el hilo fusible se dispara en dirección rodeando por encima los conductores de la línea de forma que el hilo fusible caiga sobre los mismos conectándolos así en cortocircuito y a tierra.

Si la línea está en tensión, se producirá un cortocircuito de los tres conductores entre sí, y a tierra, con lo cual el hilo fusible se fundirá produciendo resplandor y humo. Dada la delgadez y características del hilo fusible, este pequeño cortocircuito provocado, no produce ninguna alteración significativa en el normal funcionamiento de la línea.

Si se trata de una línea doble y una de ellas está en servicio (con tensión) este sistema desde luego no puede utilizarse.

La sierra cortacables consiste en un pértiga aislante en cuyo extremo lleva acoplada una

sierra con un cable de puesta a tierra. El otro extremo de este cable se conecta a tierra bien sea con una pica auxiliar de toma de tierra que se clava en el terreno o bien a la pantalla metálica de puesta a tierra del propio cable. Al serrar el conductor, si éste está con tensión, se produce un cortocircuito a tierra a través de la hoja de sierra, lo cual indica presencia de tensión.

Recientemente han aparecido unos detectores de ausencia o presencia de tensión denominado «Teledetectores» (TELEVAT) porque actúan a distancia superior a la de seguridad sin necesidad de contacto o proximidad inmediata al punto a comprobar.

Se utilizan para líneas aéreas e instalaciones de alta tensión, a partir de 110 kV en las cuales las grandes alturas y distancias hacen difícil la comprobación mediante detectores normales de contacto o inmediata proximidad dada la gran longitud que debe tener la pértiga aislante.

Se utilizan orientando el detector hacia la línea o elemento a comprobar. En lo demás, rige para estos teledetectores lo antes explicado para los VAT o sea comprobación de funcionamiento inmediatamente antes y después de su utilización (son autocomprobantes) ajuste al valor de la tensión a comprobar etc. Pueden ser también ópticos, acústicos u óptico-acústicos.

5 4ª Regla de oro de la seguridad: Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión

Una vez se han llevado a cabo las 1ª, 2ª y 3ª reglas de seguridad y por el orden indicado, se procede a conectar a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión que, según la 1ª regla, han sido

abiertas con corte visible o efectivo, después, según la 2ª regla, se ha bloqueado su cierre y/o señalizado su mando, y luego, según la 3ª regla, se ha comprobado la ausencia de tensión.

5.1 Nociones

■ Se dice que una instalación eléctrica está «puesta a tierra» cuando está directamente conectada a tierra mediante elementos conductores, continuos, sin soldaduras ni ningún dispositivo que dificulte o pueda interrumpir esta conexión (por ejemplo un fusible).

■ Se dice que una instalación eléctrica está «en cortocircuito», cuando todos sus elementos conductores están directamente unidos (conectados) entre sí por conductores de resistencia (impedancia) despreciables.

En consecuencia todos estos elementos cortocircuitados están a igual tensión (son equipotenciales).

Según esta 4ª regla, todas las posibles fuentes de tensión deben conectarse a tierra y en cortocircuito ambas cosas a la vez.

Esta conexión a tierra y en cortocircuito es pues una operación conjunta que se realiza con un mismo aparato o elemento.

A cada lado del punto o zona donde se vaya a trabajar se efectúan dos puestas a tierra y en cortocircuito:

- Una en la proximidad del punto de corte visible o efectivo.
- La otra en la proximidad más inmediata posible del lugar donde se va a realizar el trabajo.

La parte de instalación comprendida entre las puestas a tierra y en cortocircuito situadas en las proximidades de los puntos de corte se denomina «zona protegida».

La parte de instalación comprendida entre las puestas a tierra y en cortocircuito más próximas al lugar donde se va a trabajar se denomina «zona de trabajo» ésta es pues la zona de máxima seguridad.

«La zona de trabajo» queda pues contenida dentro de la «zona protegida».

En algunas ocasiones, cuando la distancia entre las tomas de tierra y cortocircuito que delimitan la zona protegida y las que delimitan la zona de trabajo, es pequeña, se puede prescindir de estas últimas. En este caso la zona protegida es a la vez zona de trabajo.

5.2 Puesta a tierra y en cortocircuito fija

En las instalaciones eléctricas pueden haber dos tipos de puesta a tierra y en cortocircuito.

Puesta a tierra y en cortocircuito de montaje fijo. Se trata de un conductor conectado eléctricamente a tierra (al electrodo o malla de toma de tierra) por un extremo, y por el otro conectado a un seccionador denominado «seccionador de puesta a tierra» que al cerrarse conecta la instalación a dicho conductor de tierra. Se trata pues de unos elementos de montaje fijo, que forman parte

de la instalación. Es muy frecuente que los seccionadores y los interruptores-seccionadores, estén equipados con unas cuchillas auxiliares de conexión a tierra, de manera que el «seccionador de puesta a tierra» forme parte constructiva del seccionador en sí (cuchillas principales). Desde luego estos «seccionadores de puesta a tierra» al cerrarse conectan también en cortocircuitos los tres conductores (fases) del sistema trifásico. Son pues seccionadores de puesta a tierra y en cortocircuito.

5.3 Puesta a tierra y en cortocircuito portátil de montaje temporal

Puesta a tierra y en cortocircuito portátiles de montaje temporal. Consisten en un equipo formado por:

- Tres pinzas de conexión a los elementos a cortocircuitar y conectar a tierra (una para cada fase),
- Juego de tres conductores unidos los tres por un extremo y por el otro a las citadas pinzas de conexión. Realizan pues la conexión en cortocircuito,
- Conductor de puesta a tierra que se une al punto común de los tres conductores anteriores. Por el otro extremo tiene una pinza para conectar o bien a los electrodos o

malla de toma de tierra existentes, o, si no lo hay, a una pica de toma de tierra portátil que forma parte del equipo.

Los conductores de cortocircuito y el de tierra son flexibles, de cobre, recubiertos de plástico transparente para facilitar la comprobación de su continuidad y como protección mecánica.

La pica es de acero galvanizada en caliente, o bien de cobre.

La puesta a tierra y en cortocircuito temporal con este equipo portátil, se realiza con la secuencia de operaciones y con las precauciones siguientes:

■ **A)** En el caso de no haber electrodos o malla de toma de tierra: clavar bien en el suelo la pica de toma de tierra del equipo portátil. Hundirla bien en el suelo. Para mayor efectividad el terreno ha de estar húmedo. Si está seco debe humedecerse previamente.

■ **B)** Conectar el cable de puesta a tierra a dicha pica, o bien a los electrodos o red de tierra existentes. Apretar bien el tornillo de conexión procurando que las superficies de contacto estén limpias.

Desenrollar totalmente este cable de su tambor aunque no parezca necesario en cuanto a longitud. Debe hacerse así para poder comprobar su continuidad (que no esté interrumpido en ningún punto) y para reducir su reactancia.

■ **C)** Conectar este cable a los conductores de cortocircuito en su punto común.

■ **D)** Conectar las tres pinzas a los conductores de la instalación a cortocircuitar y poner a tierra (una en cada fase del sistema trifásico).

La conexión de estas pinzas y su apriete se realiza con una pértiga aislante («pértiga de puesta a tierra») empezando por el conductor más cercano al operario y acabando por el más alejado.

Este orden de operaciones debe respetarse siempre y escrupulosamente.

Para la desconexión de esta puesta a tierra y en cortocircuito temporal se procede en el orden de operaciones inverso al especificado para la conexión, o sea, desconectar primero las pinzas empezando por el conductor más alejado del operador, desconectar el cable de tierra de las pinzas, luego de la pica o de la red existente y finalmente desclavar la pica.

Precauciones comunes tanto para la conexión como para la desconexión de las pinzas (operación D):

□ La pértiga aislante debe ser de longitud adecuada a la tensión de servicio de la instalación.

□ Se debe procurar que el cable de tierra no toque el cuerpo del operario.

□ Deben respetarse las distancias de seguridad anteriormente mencionadas (3ª regla) como si la instalación estuviera en tensión.

□ El operario debe estar equipado con los elementos de protección personal necesario: guantes aislantes de alta tensión, casco, cinturón de seguridad si procede y si es posible, usar banqueta o alfombra aislantes.

Con la puesta a tierra y a la vez en cortocircuito, se evita la posibilidad de tensión en el punto de trabajo por:

□ En un cruce de líneas, rotura y caída de un conductor sobre la línea donde se trabaja.

□ Las eventuales energías de carácter capacitivo retenidas en los condensadores, líneas y cables, se descargan a través de las conexiones de cortocircuito, con lo cual las tensiones de carácter continuo se anulan rápidamente.

□ Tensiones inducidas según lo explicado en la 3ª regla.

□ Maniobra errónea desde el centro de mando.

□ Tensiones de retorno (realimentación inversa).

En caso de tormenta eléctrica cerca, han de interrumpirse los trabajos, ya que a pesar de la puesta a tierra y en cortocircuito no se puede tener la plena seguridad frente a tensiones producidas por rayos.

5ª regla de oro de la seguridad: Colocar las señales de seguridad adecuadas delimitando la zona de trabajo o bien la zona de peligro (zona de tensión)

Esta 5ª y última regla se cumplimentará después de haberlo sido las anteriores 1ª a 4ª.

Consiste en señalar y delimitar la zona de trabajo o bien la zona de peligro (zona en tensión), según los casos, con los siguientes elementos.

Señales (placas, carteles, adhesivos, banderolas, etc.) de color y forma normalizadas, y con dibujos, frases o símbolos con el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

Estas señales de seguridad se clasifican por su color y por su forma:

■ Por su color indican:

- Color rojo: Prohibición o parada,
- Color amarillo: Atención o peligro,
- Color verde: Situación de seguridad,
- Color azul: Obligación.

■ Por su forma indican:

- Circular: Obligación o prohibición,
- Triangular: Advertencia,
- Rectangular: Información.

Así, por ejemplo una señal circular de color rojo indica obligación, prohibición o parada. Una señal triangular de color amarillo, advertencia, atención o peligro; una circular de color azul obligación o prohibición, una rectangular color verde situación de seguridad o información, etc.

La delimitación de la zona de trabajo o de peligro consiste en marcar sus límites mediante vallas, cintas o cadenas. Estos elementos son de color rojo reflectantes o fosforescentes.

Durante la noche se complementan con luces autónomas e intermitentes como señal de atención. Suelen acompañarse también de banderolas y/o carteles de señalización con indicaciones expresas.

Según el tamaño respecto al total de la instalación, se señala y delimita o bien la zona de trabajo o bien la zona de peligro o sea, zona en tensión.

Así, cuando la zona de trabajo es muy extensa se delimita y señala únicamente la zona de peligro (zona con tensión). En los otros casos se señala y delimita la zona de trabajo, la cual según antes explicado viene determinada por los puntos de puesta a tierra y en cortocircuito más cercanos al punto donde se realizarán los trabajos.

Esta zona de trabajo, una vez señalizada y delimitada, se convierte y denomina «zona de seguridad».

Esta zona de seguridad debe disponer de un pasillo de acceso para los operarios y materiales. No así la zona de peligro por cuanto se trata de que nadie penetre en ella.

En el caso de instalaciones eléctricas a distinto nivel deben delimitarse y señalizarse no sólo las superficies sino también las alturas, o sea, en las tres dimensiones.

En el caso de trabajos a realizar con distancias a partes en tensión, inferiores a las mínimas de seguridad antes indicadas en las reglas 3ª y 4ª se deben interponer pantallas de material aislante entre el punto de trabajo y las partes en tensión.

Una vez cumplidas estas cinco «reglas de oro» de la seguridad pueden iniciarse los trabajos, sin riesgo de tipo eléctrico.

7 Finalización de trabajos

Una vez realizados los trabajos, se procede a devolver la instalación a sus condiciones iniciales. Para ello se procede en el orden inverso al de las cinco reglas de seguridad, o sea:

- Retirar las señalizaciones de seguridad y delimitación,
- Retirar las puestas a tierra y en corto-circuito portátiles y abrir los seccionadores de puesta a tierra,

- Retirar los enclavamientos y bloqueos en los mandos de los aparatos de maniobra, así como las correspondientes señalizaciones,
- Si procede, reponer los fusibles que se hubieran extraído para obtener distancias de seccionamiento así como conectar de nuevo los puentes de conexión entre tramos de línea aérea.

Previamente a todo ello, se deben retirar todas las herramientas y otros elementos de trabajo (escaleras, tabloneros, andamios, etc.) así como los materiales sobrantes.

8 Distancias de seguridad

En todo momento y/o circunstancia, deben de respetarse unas distancias mínimas de seguridad para los trabajos a efectuar en la proximidad de instalaciones o partes de las mismas, que estén en tensión, y no estén protegidas. Estas distancias mínimas están especificadas en la tabla de la **figura 3**.

Estas distancias mínimas se miden entre el punto más próximo en tensión, y cualquier parte extrema del operario, herramientas o elementos que pueda manipular en movimientos voluntarios o accidentales.

Para personal no especialista eléctrico, o que desconozca las instalaciones eléctricas, o sea de otras calificaciones o especialidades profesionales es prudente aumentar estas distancias mínimas de seguridad.

Concretamente, algunas compañías eléctricas establecen, para tensiones entre fases de 1 kV a 66 kV (o sea MT) una distancia mínima de 3 m.

Para trabajos que deban efectuarse a distancias inferiores a las de la tabla, deben adoptarse medidas complementarias que

Tensión entre fases		Distancias de seguridad
Hasta	1 kV	0,40 m
Hasta	10 kV	0,80 m
Hasta	15 kV	0,90 m
Hasta	20 kV	0,95 m
Hasta	25 kV	1,00 m
Hasta	30 kV	1,10 m
Hasta	45 kV	1,20 m
Hasta	66 kV	1,40 m
Hasta	110 kV	1,80 m
Hasta	132 kV	2,00 m
Hasta	220 kV	3,00 m
Hasta	380 kV	4,00 m

Fig. 3: Distancias de seguridad.

garanticen la seguridad en la realización de los trabajos, tales como interposición de pantallas aislantes protectoras, y asimismo vigilancia constante del Jefe de Trabajo.

En el caso de que estas medidas no puedan realizarse, deberán dejarse sin tensión estas partes próximas al punto o zona de trabajo.

9 Maniobras normales de explotación

En una instalación de MT, las maniobras normales de explotación consisten básicamente en el cierre y la apertura de los interruptores automáticos y los interruptores-seccionadores.

9.1 Aparamenta

■ Los interruptores-automáticos son capaces de conectar y de interrumpir corrientes de cortocircuito. Se trata de intensidades de valor elevado, y muy desfasadas con respecto a la tensión. En los sistemas de MT están habitualmente entre 8 y 25 kA y con factor de potencia del orden de 0,1 a 0,15. Este acusado desfase hace más difícil su interrupción.

En ellos, la maniobra (cierre, apertura) está casi siempre motorizada (motor de tensado de muelles y electroimanes de cierre y de apertura), además del mando manual, y la posibilidad de tensar los muelles a mano, caso de fallo de la corriente auxiliar.

■ Los interruptores-seccionadores sólo pueden conectar corrientes de cortocircuito pero no pueden interrumpirlas. Su poder de corte es solamente hasta su intensidad nominal (normalmente 400 A), y con factor de potencia igual o superior a 0,7 inductivo, o sea, corrientes de servicio.

En ellos, la maniobra es mayoritariamente manual, o sea, tensado de muelles a mano, y mando mecánico manual de cierre y apertura.

■ Los interruptores-seccionadores con fusibles («ruptofusibles») para maniobra y protección de transformadores MT/BT, están equipados en muchas ocasiones con electroimán de apertura, además del mando manual.

En las estaciones receptoras, AT/MT, subestaciones, centros de maniobra y distribución MT, etc., hay interruptores automáticos MT en las llegadas de las líneas de alimentación («entradas») y en el arranque de las líneas de salida («salidas»).

También en los CT de abonado, debe haber como mínimo un interruptor automático general de entrada. En muchos casos los hay también en las salidas a los transformadores, en especial cuando éstos son de potencia igual o superior a 1 250 kVA.

9.2 Conexión/desconexión. Precauciones

Desde el punto de vista de la seguridad, cabe siempre la posibilidad de tener que efectuar la apertura de emergencia de un interruptor (incendio, accidente, etc.). Por tanto, en el interruptor debe haber siempre un mando mecánico manual de disparo para que la apertura se realice aún sin corriente de servicios auxiliares, pues se trata de una maniobra de emergencia que debe ser lo más directa y segura posible.

En cambio, la maniobra de conexión (cierre) deber ser siempre una maniobra pensada y planeada, que requiere unas acciones

previas de seguridad, aún a costa de retrasar algo su realización. Antes de efectuar el cierre conviene:

- Avisar al otro extremo de la línea («aguas abajo») que se va a dar tensión, para que se puedan preparar a recibirla.
- Verificar que los seccionadores de puesta a tierra, si los hay, estén abiertos, y las eventuales puestas a tierra portátiles estén quitadas.
- Verificar que no hay ninguna persona en la instalación, que pueda entrar en contacto con la tensión al cerrar el interruptor.

Es recomendable también, que al cerrar el interruptor en el origen de la línea, el del otro extremo (aguas abajo) esté abierto. En efecto, conviene ir poniendo «paso a paso» el sistema en tensión. Así, por ejemplo, en un transformador MT/BT, primero cerrar el interruptor de MT (primario) y luego el, o los de salida en BT.

A fin de evitar la posibilidad de un cierre intempestivo por error humano, es práctica corriente en las instalaciones de las compañías eléctricas, el anular en los interruptores automáticos el mando mecánico manual de conexión, dejando sólo el mando eléctrico, en el circuito del cual se han introducido disposiciones de seguridad contra falsas maniobras.

Es una precaución de seguridad recomendable también para las instalaciones industriales y terciarias.

Cuando el interruptor está abierto, la parte de la cabina correspondiente a los bornes de salida del interruptor está sin tensión. Al cerrar el interruptor, éste comunica tensión a esta parte que estaba sin ella.

Puede suceder que en dicha parte haya un defecto de aislamiento (defecto latente) que

se pone de manifiesto al recibir tensión. En lo que concierne a la seguridad, no puede descartarse ninguna posibilidad, aunque parezca remota.

Si esto sucediera se produciría en cortocircuito, y, casi siempre un arco eléctrico en el interior de la cabina, la energía del cual se traduciría en una sobretensión y una sobrepresión interiores que podrían alcanzar valores peligrosos para las personas que se encontraran en aquel momento delante de la cabina (salida de gases calientes y a veces tóxicos, proyección de partes sólidas, etc.).

Es aconsejable pues y así lo recomienda la norma UNE, desplazar el mando eléctrico de conexión del interruptor (pulsador, interruptor, etc.) del frente de la celda a un punto suficientemente alejado de forma que los efectos de un eventual arco interno en la cabina no alcancen al operador, por ejemplo detrás de una pared de separación. No se trata propiamente de un mando a distancia sino sólo alejarse lo suficiente de la cabina a efectos de seguridad.

Desde luego, se supone que el mando mecánico de cierre ha sido anulado según antes explicado.

10 Enclavamientos y seguridades

En las instalaciones de MT, es preceptivo prever dispositivos de enclavamiento que impidan realizar falsas maniobras. Los básicos son:

- Entre seccionador o interruptor-seccionador, y seccionador de puesta a tierra: no pueden estar los dos simultáneamente cerrados.
- Entre interruptor automático y seccionador: con el interruptor cerrado, no puede maniobrarse el seccionador (abrir, cerrar), si con ello se produce una variación significativa de la tensión entre sus bornes de entrada y salida. Este es el caso con mucho el más frecuente, por tanto, este enclavamiento es necesario en la mayoría de los casos.
- Si se trata de un interruptor en ejecución enchufable, éste asume la doble función de interruptor y de seccionador. Su posición

enchufado corresponde a seccionador cerrado y en posición desenchufado a seccionador abierto. Rigen pues los mismos bloqueos antes indicados entre seccionador y seccionador de puesta a tierra, y entre interruptor y seccionador. Por tanto:

- El interruptor no puede enchufarse ni desenchufarse si está en posición cerrado.
- Con el interruptor enchufado, el seccionador de puesta a tierra no puede cerrarse. Recíprocamente, con el seccionador de puesta a tierra en posición cerrado, el interruptor no puede enchufarse.

Además los interruptores enchufables deben tener un bloqueo que les impida enchufarse si su conector de los circuitos auxiliares no está enchufado. Recíprocamente este conector no puede desenchufarse cuando el interruptor está enchufado. Este

enclavamiento tiene por objeto asegurar que el interruptor pueda recibir en todo momento, las órdenes de maniobra, por ejemplo la orden de disparo procedente de los relés de protección.

■ En las instalaciones de MT pueden haber además otros dispositivos de enclavamiento que respondan a circunstancias específicas de cada instalación, por ejemplo, si se da el caso, para evitar maniobras incorrectas de conmutación y/o de acoplamiento.

■ La concepción y diseño de los dispositivos de enclavamiento se basa en los siguientes principios generales:

- Se prefieren siempre enclavamientos de tipo mecánico antes que los eléctricos, pues se consideran más seguros y fiables.
- El enclavamiento debe impedir la falsa maniobra pero sin provocar por ello el disparo de un interruptor, pues la consiguiente

interrupción de servicio es siempre perjudicial en mayor o menor medida. En bastantes ocasiones sería inadmisibles.

□ Dentro de los dispositivos de enclavamiento de tipo mecánico, son preferibles los denominados «pasivos» o de «obstrucción». Son los que no sólo impiden la falsa maniobra, sino que no permiten ni intentarla. Se evita con ello que el dispositivo pueda quedar sometido a esfuerzos mecánicos impropios.

Por ejemplo, si se trata de una palanca de maniobra extraíble, que ésta no pueda ni introducirse cuando la maniobra está bloqueada.

□ Desde luego, siempre que sea posible, se preferirán aquellas disposiciones constructivas, que de una manera natural impidan realizar una falsa maniobra, sin necesidad de ningún dispositivo o mecanismo.

11 Las señalizaciones en las instalaciones eléctricas

11.1 Objetivo

El objetivo de las señalizaciones, es el de avisar para provocar una reacción inmediata de la persona, que evite el accidente.

La señalización es eficaz como técnica o recurso de seguridad, pero no elimina el riesgo (peligro). Es pues una ayuda o apoyo pero no puede sustituir las medidas de prevención y/o protección que deben ser

prioritarias. Así pues, una buena señalización no eximirá de la adopción de medidas de prevención y/o protección.

Tan solo, cuando no es posible eliminar el peligro con medidas de protección y/o prevención, la señalización pasa a ser el único recurso de seguridad posible.

11.2 Premisas

Las premisas básicas de las señalizaciones son:

- Llamar la atención,
- Avisar del peligro con antelación suficiente,
- Ser suficientemente claras y fáciles de entender e interpretar (intuitivas). No deben crear confusión,
- Que el que la vea sepa cómo ha de actuar,

□ Que lo que indica la señal, sea factible de realizar por el que la ve.

El uso erróneo o indiscriminado de la señalización puede causar confusión y como consecuencia despreocupación. Acaba no haciéndose caso de la misma.

En los sistemas eléctricos la señalización es básicamente óptica. En algunos casos se complementa con señalización acústica.

11.3 Señalización óptica

■ La señalización óptica para instalaciones eléctricas puede clasificarse en:

- Señales de seguridad (forma, color, tamaño, simbología),
- Balizamiento (delimitación de espacios, zonas, caminos),
- Alumbrado de seguridad.

■ Cabe también clasificarla en:

- Señales permanentes. Se colocan al poner en servicio la instalación y permanecen siempre.
- Señales temporales. Se colocan durante un cierto tiempo, por ejemplo, durante la realización de trabajos o intervenciones en la instalación, o bien por alguna circunstancia especial y mientras ésta persista, por ejemplo, prohibición de maniobrar un determinado aparato.

Un ejemplo de señalizaciones permanentes, son las indicadas en el artículo 3.7 de la Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT 14 (Reglamento de Alta Tensión) que se transcribe a continuación.

«3.7. Señalización.- Toda instalación eléctrica debe estar correctamente señalizada y deben disponerse las advertencias e instrucciones necesarias de modo que se impidan los errores de interpretación, maniobras incorrectas y contactos accidentales con los elementos en tensión, o cualquier otro tipo de accidente.

A este fin se tendrá en cuenta:

a) Todas las puertas que den acceso a los recintos en que se hallen aparatos de alta tensión, estarán provistas de rótulos con indicación de la existencia de instalaciones de alta tensión.

b) Todas las máquinas y aparatos principales, celdas, paneles de cuadros y circuitos, deben estar diferenciados entre sí con marcas claramente establecidas, señalizados mediante rótulos de dimensiones y estructura apropiadas para su fácil lectura y comprensión. Particularmente deben estar claramente señalizados todos los elementos de accionamiento de los aparatos de maniobra y los propios aparatos, incluyendo la identificación de las posiciones de apertura y cierre, salvo en el caso en que su identificación se pueda hacer claramente a simple vista.

c) Deben colocarse carteles de advertencia de peligro en todos los puntos que por las características de la instalación o su equipo lo requieran.

d) En zonas donde se prevea el transporte de máquinas o aparatos durante los trabajos de mantenimiento o montaje se colocarán letreros indicadores de gálibos y cargas máximas admisibles.

e) En los locales principales y especialmente en los puestos de mando y oficinas de jefes o encargados de las instalaciones, existirán esquemas de dichas instalaciones, al menos unifilares, e instrucciones generales de servicio».

11.4 Señalización

Las señalizaciones ópticas están normalizadas en sus tamaños, formas, colores y símbolos, por la International Standard Organization (ISO).

Uno de los objetivos es que sean, en todo lo posible independientes del idioma. Para ello, se recurre a la simbología (pictogramas) en sustitución de las palabras.

Están inspiradas básicamente en las señales del Código de Circulación con las que

concuerdan en su filosofía y aspectos principales.

■ Mensajes que transmiten:

- Prohibición o parada.
- Obligación.
- Peligro.
- Información.
- Seguridad, salvamento.

■ Colores de seguridad, significado atribuido a cada uno:

- Rojo: Prohibición, detención, parada.
- Amarillo: Atención, peligro, precaución ante posibilidad de accidente.
- Azul en señal circular: Obligación.
- Azul en señal rectangular: Información.
- Verde: Situación de seguridad, ausencia de peligro, libre acceso. También primeros auxilios, salidas de emergencia.

■ Formas geométricas, significados atribuidos:

- Circular: Prohibición, u obligación.
- Triangular: Advertencia.
- Cuadrada o rectangular: Información.

De la combinación de formas y colores resulta el repertorio de mensajes a transmitir. En las tablas de las **figuras 4 y 5** se resumen los diversos significados y aplicaciones.

En dichas tablas se observa que también están normalizados, el color del símbolo, y el color de contraste.

Forma geométrica	Color de seguridad	Significado
Circular con banda oblicua	Rojo	Parada o prohibición
Triángulo equilátero (base horizontal)	Amarillo	Atención o peligro
Circular	Azul	Obligación
Cuadrada o rectangular	Rojo	Información equipos contra incendios
Cuadrada o rectangular	Verde	Situación de seguridad, ausencia de peligro
Cuadrada o rectangular	Azul	Información

Fig. 4: Combinación de formas y colores: Significado.

Forma	Color de seguridad	Significado	Aplicaciones
Circular	Rojo Color de contraste: blanco Color de símbolo: negro	Detección, parada, prohibición	Señales de parada Señales de prohibición
Cuadrada o rectangular	Rojo Color de contraste: blanco Color de símbolo: negro	Información	Equipos contra incendios: señalización, localización, pintado de los mismos
Triangular	Amarillo Color de contraste: negro Color de símbolo: negro	Atención, peligro	Aviso de riesgos (eléctricos y otros) Señalización de obstáculos peligrosos (también umbrales, pasillos)
Cuadrada o rectangular	Verde Color de símbolo: blanco	Situación de seguridad Ausencia de peligro	Señalización de pasillos de seguridad, salidas de emergencia, duchas, equipos de socorro y primeros auxilios
Circular	Azul Color símbolo: blanco	Obligación	Obligación de utilizar equipos de protección personal
Cuadrada	Azul	Información	Emplazamiento de centros de transformación. Emplazamiento de talleres, teléfono.

Fig. 5: Combinación de formas y colores: Aplicaciones.

■ Tamaños:

Están también normalizados, en función de la distancia de observación (hasta 50 m).

Se especifican en la tabla de la **figura 6**.

■ Requerimientos para las pinturas:

- Inalterables y lavables.
- Visibles con iluminación a partir de 50 Lux,
- Si son para intemperie: resistentes a los efectos climáticos (sol, lluvia, humedad), resistentes a los impactos y la corrosión,
- En los casos de iluminación inferior a 50 Lux o señales que deben verse de noche, o bien debe instalarse iluminación artificial, o bien utilizar pinturas reflectantes (baratas y de gran duración) que con poca luz ya son muy visibles.

La experiencia actual indica que estas pinturas reflectantes son preferibles a las fluorescentes y fosforescentes.

Dimensiones «d» normalizadas

Para señales circulares:	el diámetro
Para señales cuadradas:	el lado
Para señales rectangulares:	el lado mayor
Para señales triangulares:	el lado mayor

Dimensiones (mm)

105, 148, 210, 297, 420, 594, 841, 1189.

Para distancia de observación menor de 50 m

L: distancia de observación en metros,
d: dimensión de la señal en mm

- Señales circulares (d: diámetro):

$$L = 0,0418 d \Rightarrow d = L / 0,0418$$

- Señales cuadradas (d: lado),
Señales rectangulares (d: lado mayor):

$$L = 0,0447 d \Rightarrow d = L / 0,0447$$

- Señales triangulares (d: lado mayor):

$$L = 0,0294 d \Rightarrow d = L / 0,0294 d$$

Fig. 6: Dimensiones.

11.5 Señalización

Se describen a continuación algunas de las señales ópticas más usadas en las instalaciones eléctricas:

■ Señales de prohibición. Circular con corona roja en el borde y banda roja oblicua diametral. Fondo blanco y símbolo en negro.

- Prohibido maniobrar,
- Prohibido fumar,
- Prohibido encender fuego y fumar,
- Prohibido fuego con agua,

■ Señales de aviso y peligro. Triangular amarilla con reborde negro. Símbolo en negro.

- Riesgo de electrocución (riesgo eléctrico).

Complementable con señal adicional inferior también en amarillo y texto en negro en el

idioma o idiomas del lugar. Los textos normalizados en España son:

- Alta tensión,
- Tensión de retorno,
- Peligro de muerte.

Deben colocarse en donde exista riesgo eléctrico: lugares de acceso a instalaciones eléctricas (subestaciones, centros de transformación, estaciones receptoras, centros de distribución, etc.).

En los postes de las líneas aéreas hasta 66 kV cuando pasan por zonas frecuentadas.

En las instalaciones interconectadas, se colocarán con la señal adicional: «Tensión de retorno».

- Señales de obligación. Circular azul, símbolo blanco.
- Obligación de llevar gafas de protección.
- Obligación de protección auditiva (a partir de 90 dB continuos o 140 dB de pico).
- Obligación de utilizar guantes aislantes eléctricos.
- Obligación de utilizar botas aislantes eléctricas.
- Obligación de utilizar cinturón de seguridad
- Obligación de utilizar casco protector de AT.

- Señales de salvamento. Rectangulares o cuadradas, color verde, símbolo en blanco.
- Evacuación de personas, indicación de la dirección de la vida de evacuación.
- Señales informativas contra incendios. Cuadradas o rectangulares, color rojo, símbolo en blanco.
- Emplazamiento de los equipos contra incendios (extintores, mangueras, bocas de agua).
- Dispositivos destinados a evitar la propagación del fuego.
- Zonas o lugares con riesgo particular de incendio.

11.6 Balizamiento

Su objetivo es acotar unos límites que no deben ser rebasados a efectos de seguridad. Por tanto su función es delimitar espacios, zonas de trabajo, áreas de paso, caminos de acceso, etc.

En las instalaciones eléctricas los medios actuales de balizamiento son:

- A) Banderolas, estandartes, carteles

El color de seguridad es el rojo con símbolos y leyendas en blanco.

Las leyendas usuales son:

- Prohibido el paso,
- Límite zona de trabajo,
- Instalación en tensión,
- Peligro de muerte.

- B) Cintas y cadenas de delimitación

Se utilizan cintas de plástico de anchura mínima 50 mm, generalmente de color rojo con pintura reflectante si son para utilización nocturna.

Con dispositivo de fijación para que la cinta quede debidamente tensa.

Se utilizan también cadenas no metálicas (polietileno o nylon) de color rojo y blanco alternados, suspendidas a 1 m del suelo.

- C) Balizamiento luminoso y señalización complementaria de peligro constante.

- D) Lámparas de luz amarilla continua o intermitente

Señalización complementaria de peligro permanente a base de pintar las esquinas, pasos de baja altura, columnas, partes salientes de las máquinas, etc. y también las barras de cierre, con bandas amarillas oblicuas sobre fondo negro (o sea, bandas amarillas y negras alternadas).

11.7 Señalización acústica

Tiene la ventaja de su amplio radio de acción (señal colectiva). Se utiliza para situaciones de riesgo tales como incendio, presencia o fallo de tensión, fugas de gas, sobrepresión en calderas, etc.

Su inconveniente es que pueden crear pánico sobre todo en caso de incendio. Por este motivo deben evitarse los tonos estridentes. Para ello, conviene utilizar o bien frecuencias

acústicas bajas o bien muy altas. Que sean audibles pero que no produzcan excitación nerviosa.

Suelen ir combinadas con señalización óptica que indica el motivo de la alarma acústica. Por ejemplo señales luminosas parpadeantes que llaman la atención (lámparas rojas, letreros luminosos, etc), situadas en los centros de control y/o en puntos y lugares donde normalmente haya personal.