

Puesta en marcha, mantenimiento y resolución de averías



Las instalaciones eléctricas, y muy especialmente las instalaciones de automatismos industriales, se encuentran en constante evolución. Los nuevos equipos y sistemas cada vez más sofisticados y una normativa en constante revisión requieren que los técnicos encargados de la instalación, montaje y mantenimiento de este tipo de instalaciones dispongan de una serie de conocimientos y capacidades continuamente renovadas, que garanticen la calidad, seguridad y buen funcionamiento de los sistemas y procesos.

En esta unidad conoceremos las principales técnicas y equipos asociados a la instalación y posterior mantenimiento de las instalaciones de automatismos industriales.

12

Contenidos

- 12.1. Ejecución de las instalaciones eléctricas
- 12.2. Mantenimiento de las instalaciones eléctricas
- 12.3. Mantenimiento de las instalaciones de automatismos industriales
- 12.4. Resolución de averías en las instalaciones de automatismos industriales
- 12.5. Legalización y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas industriales

Objetivos

- Definir los requisitos y competencias necesarias para llevar a cabo la ejecución, puesta en marcha y mantenimiento de las instalaciones de automatismos.
- Identificar y saber utilizar los equipos y herramientas que debe disponer un instalador electricista.
- Conocer los principales tipos de mantenimiento existentes.
- Definir las principales técnicas de mantenimiento y resolución de averías en las instalaciones de automatismos industriales.
- Dar a conocer el proceso de legalización y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas industriales.

12.1. Ejecución de las instalaciones eléctricas

Las instalaciones de automatismos industriales estudiadas a lo largo del libro, se encuentran incluidas dentro del marco legal aplicable a las instalaciones eléctricas de baja tensión. A este respecto, la legislación vigente establece que el montaje y mantenimiento de los equipos y componentes que forman parte de una instalación eléctrica de baja tensión, así como la documentación técnica asociada y su posterior legalización, deben ser efectuadas por instaladores eléctricos autorizados y técnicos competentes, que deben acogerse y cumplir en todo momento las prescripciones indicadas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), sus Instrucciones Técnicas Complementarias y las disposiciones legales propias de cada comunidad autónoma, provincia o municipio.

En cualquier caso, las labores de montaje y mantenimiento de las instalaciones eléctricas deben ejecutarse respetando en todo momento los criterios de calidad y asegurando que el sistema, sus componentes o las personas que interactúan con el mismo no sufran ningún daño. Antes de la puesta en marcha de una instalación eléctrica, así como durante su funcionamiento normal, se realizarán las medidas y comprobaciones de los parámetros pertinentes utilizando los instrumentos de medida y el *software* más oportuno en cada caso, y teniendo siempre en cuenta las características físicas y condiciones ambientales que afectan a la configuración y al desarrollo de los procesos.

Los operarios encargados de la puesta en marcha, mantenimiento y resolución de averías en instalaciones de automatismos industriales deben garantizar que todos los equipos y componentes incluidos en la instalación no provoquen durante su funcionamiento daños a personas o animales, molestias a terceros o menoscabos a los intereses generales.

12.1.1. Instalador autorizado y empresa autorizada en baja tensión

Para definir las prescripciones que definen y afectan a los instaladores y empresas autorizadas en baja tensión, es necesario tener en cuenta tanto el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión como las modificaciones introducidas por la Ley Ómnibus, aprobada por el Real Decreto 560/2010.

Los instaladores y mantenedores de instalaciones eléctricas en baja tensión se clasifican en dos categorías:

- **Categoría básica (IBTB):** los instaladores de esta categoría podrán realizar, mantener y reparar las instalaciones eléctricas para baja tensión en edificios, in-

dustrias, infraestructuras y, en general, todas las que no se reserven a la categoría especialista.

- **Categoría especialista (IBTE):** los instaladores y empresas instaladoras de la categoría especialista podrán realizar, mantener y reparar las instalaciones de la categoría básica y, además, las reservadas exclusivamente a esta categoría:
 - Sistemas de automatización.
 - Gestión técnica de la energía.
 - Seguridad de edificios (sistemas de alarma y detección de incendios).
 - Sistemas de control distribuido.
 - Sistemas de supervisión, control y adquisición de datos.
 - Control de procesos.
 - Líneas aéreas o subterráneas para distribución de energía.
 - Locales con riesgo de incendio o explosión.
 - Quirófanos y salas de intervención.
 - Lámparas de descarga en alta tensión, rótulos luminosos y similares.
 - Instalaciones generadoras de baja tensión.



Figura 12.1. Categorías de las empresas instaladoras en BT y AT.

Instaladores autorizados en baja tensión

El instalador en baja tensión deberá desarrollar su actividad en el seno de una empresa instaladora habilitada. No obstante, para que una persona pueda ejercer como instalador autorizado deberá cumplir y poder acreditar una de las situaciones indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 12.1. Situaciones habilitantes para desarrollar una actividad como instalador eléctrico autorizado en baja tensión.

Disponer de un título universitario cuyo plan de estudios cubra las materias objeto del REBT 2002.
Disponer de un título de ciclo formativo de grado medio o superior cuyas competencias coincidan con las materias objeto del REBT 2002.
Disponer de un certificado de profesionalidad cuyo ámbito competencial coincida con las materias objeto del REBT 2002.
Tener reconocida una competencia profesional adquirida por experiencia laboral en las materias objeto del REBT 2002.

Empresas instaladoras en baja tensión

Las personas físicas o jurídicas que deseen establecerse como empresas instaladoras en baja tensión deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Presentar ante el órgano competente de la **comunidad autónoma en la que deseen ejecutar los trabajos una declaración responsable** indicando:
 - La categoría para la que van a desempeñar la actividad.
 - Que disponen de la documentación exigida.
 - Que se responsabilizan de que la ejecución de las instalaciones se efectuará de acuerdo con las normas y requisitos legales de aplicación.
- Disponer de la documentación que identifique a la empresa instaladora (**certificado de empresa instaladora** en vigor).
- Contar con los medios técnicos y humanos mínimos necesarios para realizar sus actividades en condiciones de seguridad.
- Haber suscrito un **seguro de responsabilidad civil** profesional que cubra los daños que puedan provocar en la prestación del servicio. Las cuantías de dicho seguro dependerán de la categoría de trabajo escogida:
 - Cuantía mínima de 600.000 euros para la categoría básica.
 - Cuantía mínima de 900.000 euros para la categoría especialista.



SABÍAS QUE

Los medios humanos mínimos requeridos para las empresas instaladoras autorizadas en baja tensión pasan por disponer de un instalador para las instalaciones de cada una de las respectivas categorías, o una misma persona si esta reúne los respectivos requisitos.

12.1.2. Obligaciones de los instaladores autorizados en baja tensión

Los instaladores autorizados en baja tensión, en sus respectivas categorías, están obligados a cumplir las siguientes disposiciones:

- **Ejecutar, modificar, ampliar, mantener o reparar** las instalaciones que les sean adjudicadas o confiadas, de conformidad con la normativa vigente y con la documentación de diseño de la instalación, utilizando, en su caso, materiales y equipos que sean conformes a la legislación que les sea aplicable.
- Efectuar las **pruebas y ensayos** reglamentarios que les sean atribuidos.
- Realizar las operaciones de **revisión y mantenimiento** que tengan encomendadas, en la forma y plazos previstos.
- Emitir los certificados de instalación o mantenimiento, en su caso.
- Coordinar, en su caso, con la empresa suministradora y con los usuarios las operaciones que impliquen interrupción del suministro.
- Notificar a la administración competente los posibles incumplimientos reglamentarios de materiales o instalaciones que observasen en el desempeño de su actividad. En caso de peligro manifiesto, darán cuenta inmediata de ello a los usuarios y, en su caso, a la empresa suministradora, y pondrán la circunstancia en conocimiento del órgano competente de la comunidad autónoma en el plazo máximo de 24 horas.
- Asistir a las inspecciones establecidas por el REBT, o las realizadas de oficio por la administración, si fuera requerido por el procedimiento.
- Mantener al día un **registro de las instalaciones ejecutadas o mantenidas**.
- Informar a la administración competente sobre los **accidentes** ocurridos en las instalaciones a su cargo.
- Conservar, a disposición de la administración, **copia de los contratos de mantenimiento** al menos durante los 5 años inmediatos posteriores a la finalización de los mismos.



SABÍAS QUE

El documento que acredita que una empresa está registrada como *instaladora autorizada en baja tensión* varía dependiendo de cada comunidad autónoma, lo que en ocasiones requiere que deba ser compulsado para que un instalador pueda ejercer su actividad en otra comunidad distinta.

12.1.3. Herramientas y equipamiento específico del instalador electricista autorizado

Los instaladores y mantenedores de las instalaciones eléctricas deben disponer del equipamiento mínimo necesario que les permita realizar el montaje y puesta en marcha del sistema, así como poder llevar a cabo las tareas de mantenimiento y resolución de averías.

Tabla 12.2. Herramientas que deben poseer en propiedad los instaladores electricistas (ITC-BT-03, REBT 2002).

Medios
técnicos para
la categoría
básica

- Telurómetro, para realizar medidas de puesta a tierra.
- Medidor de aislamiento.
- Multímetro, para las siguientes magnitudes:
 - Tensión alterna y continua hasta 500 V.
 - Intensidad alterna y continua hasta 20 A.
 - Resistencia.
- Medidor de corrientes de fuga, con resolución mejor o igual que 1 mA.
- Detector de tensión.
- Analizador/registrador de potencia y energía para corriente alterna trifásica, con capacidad de medida de las siguientes magnitudes:
 - Potencia activa.
 - Tensión alterna.
 - Intensidad alterna.
 - Factor de potencia.
- Equipo verificador de la sensibilidad de disparo de los interruptores diferenciales, capaz de verificar la característica intensidad-tiempo.
- Equipo verificador de la continuidad de conductores.
- Medidor de resistencias de bucle, con fuente propia de energía, con sistema de medición independiente del valor de la resistencia de los cables de prueba y con una resolución mejor o igual que 0,1 Ω .
- Luxómetro con rango de medida adecuado para el alumbrado de emergencia.
- Herramientas comunes y equipo auxiliar.

Medios
técnicos para
la categoría
especialista

- Todos los medios técnicos definidos para la categoría básica.
- Analizador de redes, de armónicos y de perturbaciones de red.
- Electrodo para la medida del aislamiento de los suelos.
- Aparato comprobador del dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento de los quirófanos.

Las herramientas y equipos necesarios e indispensables para tener la certeza que todos los circuitos, aparatos y equipos están instalados adecuadamente, asegurando la ausencia de averías y el correcto mantenimiento en un plazo largo de tiempo, se resumen a continuación:

Buscapolos y detectores de tensión

Un buscapolos, o *tester*, es un instrumento que permite verificar si un componente de la instalación eléctrica se encuentra en tensión. El buscapolos más común es el de tipo destornillador, con una pequeña lámpara que se enciende al detectar diferencia de potencial.

Para utilizar un buscapolos hay que hacer contacto con la punta metálica en el conductor a analizar. Si hay tensión se ilumina, si no hay tensión permanece apagado. Es muy frecuente utilizar estos equipos para diferenciar la fase del neutro en una toma de corriente, o para verificar si un cable determinado se encuentra en tensión.



Figura 12.2. Buscapolos.



RECUERDA

El conductor neutro, aunque sea un conductor activo, no debe tener tensión en condiciones normales, ya que si la tiene el sistema estará desequilibrado, lo que podría ser causa de sobretensiones y sobrecargas en el circuito eléctrico.

Un detector de tensión es un tipo de voltímetro muy sencillo y de bajo coste, con dos puntas que indican el valor de voltaje al conectarlas en un circuito. Esta medida puede ser exacta o aproximada, dependiendo del modelo de detector.



Figura 12.3. Detector de tensión de medida aproximada.

El multímetro

El multímetro, o polímetro, es un equipo portátil de medición que como mínimo será capaz de mostrar la intensidad de corriente, la tensión, la resistencia eléctrica y la continuidad eléctrica, mediante la correcta utilización de dos puntas de prueba. Algunos modelos más sofisticados también pueden realizar mediciones adicionales como frecuencia, comprobación de componentes electrónicos (transistores, diodos, condensadores), etc.



Figura 12.4. Multímetro digital y puntas de prueba.

Las mediciones pueden realizarse tanto en corriente continua como en corriente alterna y con varios **fondos de escala**. El parámetro de medición debe seleccionarse mediante una ruleta selectora, mientras que los fondos de escala se podrán seleccionar mediante ruleta selectora o botón de rango (*range*) dependiendo del fabricante. En los modelos más sofisticados la selección del fondo de escala la realiza el equipo de manera automática.



SABÍAS QUE

Si se desconoce el valor aproximado de la magnitud a medir **debe situarse el fondo de escala en el valor más elevado**, para evitar dañar el polímetro. Posteriormente se reduce poco a poco el fondo de escala hasta que en la pantalla se muestre un valor correcto.

Actividad propuesta 12.1

Observa la ruleta de selección de la Figura 12.5 y justifica cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera:

- En esa posición podemos medir intensidad en corriente continua por encima de 20 miliamperios.
- En esa posición podemos medir tensión en corriente alterna hasta un valor máximo de 2 voltios.
- En esa posición podemos medir cualquier valor de tensión en corriente continua.
- En esa posición podemos medir tensión en corriente continua hasta un valor máximo de 2 voltios.

Para realizar las mediciones también resulta fundamental la correcta **colocación de las puntas de prueba**. Una mala colocación de estas puntas o un error en la colocación de la ruleta de selección pueden romper el polímetro. Para evitar esto, los polímetros llevan incorporado un fusible en su interior.

En la página siguiente se muestra cómo conectar las puntas dependiendo de la magnitud a medir:

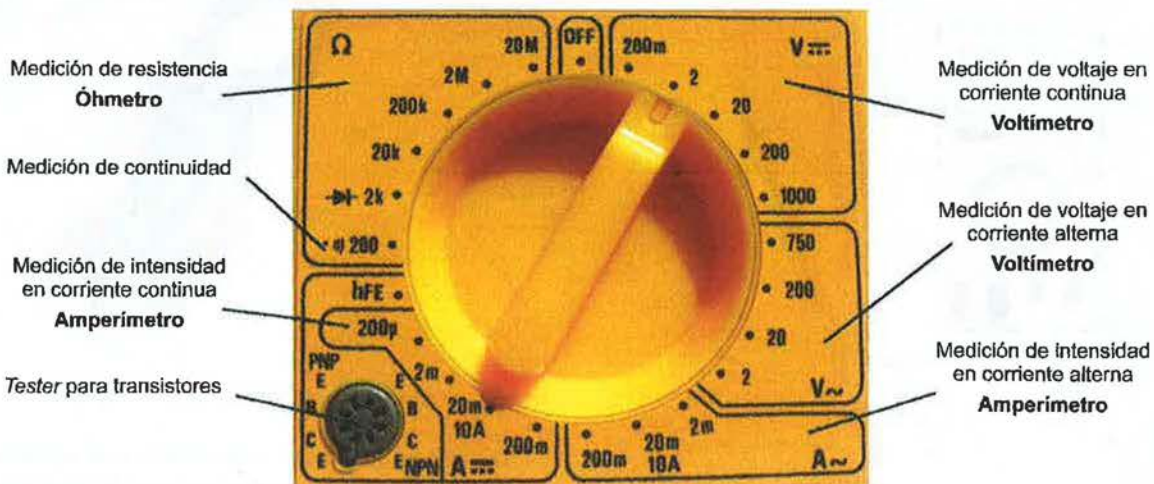


Figura 12.5. Ruleta de selección.

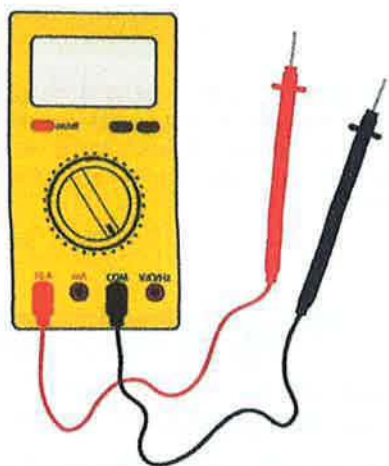


Figura 12.6. Conexión para medir intensidad (amperios).

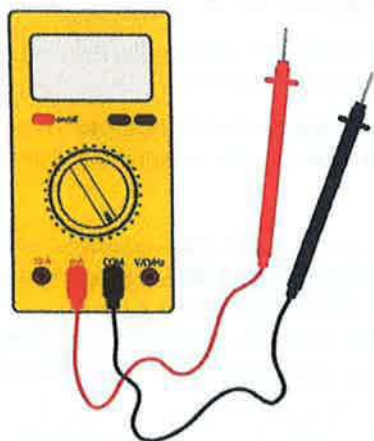


Figura 12.7. Conexión para medir intensidad (miliamperios).

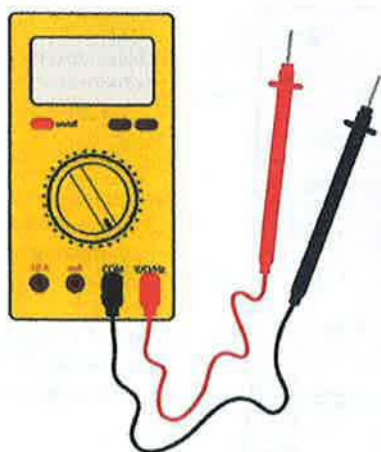


Figura 12.8. Conexión para medir voltaje, resistencia, continuidad y frecuencia.



Figura 12.9. Ejemplo de uso del polímetro para realizar medidas de continuidad sobre los devanados de un motor trifásico.

La pinza amperimétrica

Puesto que la conexión de un amperímetro se realiza en serie, si se desea medir la intensidad de un circuito eléctrico en funcionamiento mediante un polímetro o un amperímetro convencional, resultará necesario desconectar y abrir el circuito para intercalar el amperímetro y después volver a conectarlo. Esto supone un problema puesto que muchas veces no resulta posible dejar sin tensión una instalación eléctrica.

Para evitar esta situación puede utilizarse la **pinza o tenaza amperimétrica**, que permite medir la intensidad que circula por un conductor que pasa por su interior sin necesidad de entrar en contacto con él ni interrumpir el circuito, gracias a las propiedades de la corriente para generar campos magnéticos.



Figura 12.10. Pinza amperimétrica integrada en un multímetro.

Al utilizar una pinza amperimétrica es importante asegurarse de que **no pase por el interior de la pinza más de un conductor ni una manguera eléctrica**, puesto que la medida obtenida sería errónea.

El comprobador de instalaciones

Se trata de un completo equipo que permite comprobar el estado de la instalación eléctrica y de ciertos componentes de protección. Entre otras funciones, se utiliza para verificar la resistencia de puesta a tierra, tanto de bucle (tiene en cuenta todas las resistencias eléctricas en el circuito de tierra, y por tanto, este valor es más desfavorable, pero puede ser medido desde el cuadro eléctrico o una base de toma de corriente) como de resistencia de difusión a tierra (tiene en cuenta únicamente el elemento de puesta a tierra o de pica). También permite comprobar la sensibilidad y tiempo de disparo de los interruptores de corriente diferencial residual, el aislamiento de los conductores entre ellos y con respecto a tierra, continuidad, tensión, secuencia de fases, etc.



Figura 12.11. Comprobador de instalaciones eléctricas.

Al igual que ocurre con los multímetros, en estos dispositivos resulta necesario escoger, generalmente mediante una ruleta selectora, la magnitud a medir o verificar. La conexión de las puntas de prueba dependerá del modelo y del fabricante, por lo que será necesario consultar el manual de usuario del equipo.

A continuación, y a modo de ejemplo, se muestran las características asociadas al comprobador de instalaciones modelo 1654 del fabricante Fluke.

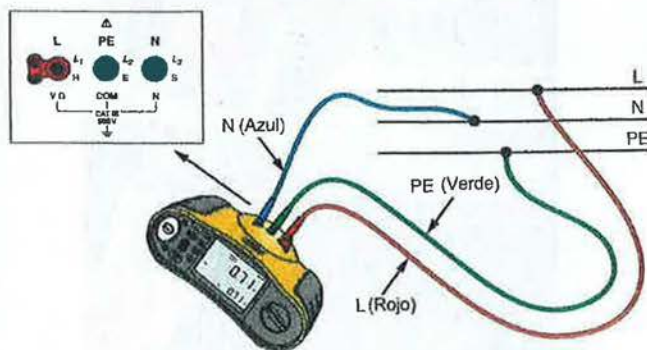
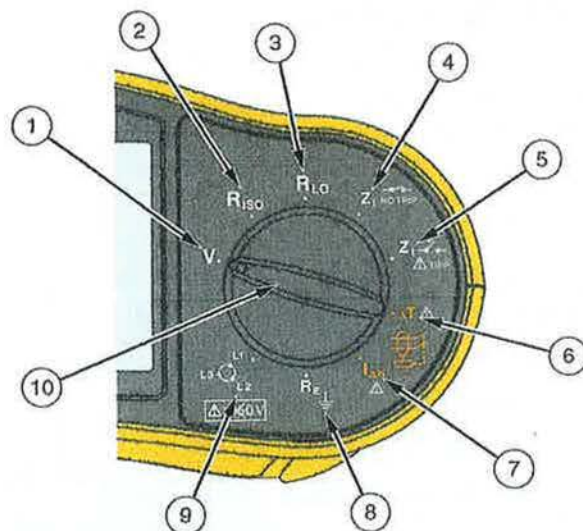
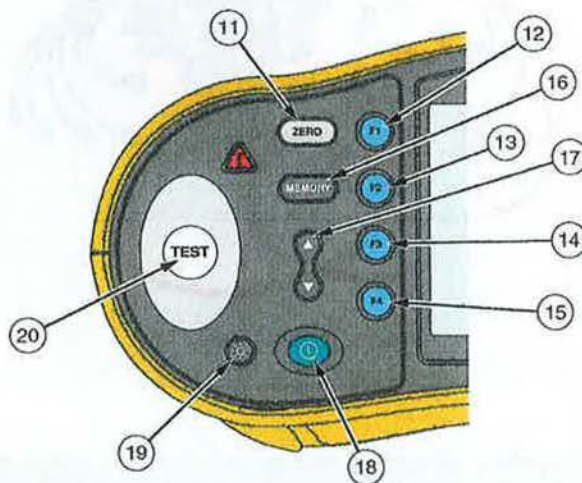


Figura 12.12. Detalle de conexión de las puntas de prueba para la medición de impedancia de bucle en el comprobador de instalaciones Fluke 1654, ofrecido por el manual de usuario del fabricante.



- 1) Medición de tensión (V).
- 2) Medición de la resistencia de aislamiento ($M\Omega$).
- 3) Medición de continuidad (Ω).
- 4 y 5) Medición del valor de la impedancia de bucle (Ω).
- 6) Medición del tiempo de disparo de los interruptores diferenciales (ms).
- 7) Medición de la sensibilidad de disparo de los interruptores diferenciales (mA).
- 8) Medida directa del valor de puesta a tierra (Ω).
- 9) Comprobación de la secuencia de fases.
- 10) Ruleta selectora.

Figura 12.13. Ruleta de selección de medidas del equipo comprobador de instalaciones Fluke 1654.



- 11) Medición independiente del valor de resistencia de los cables de prueba.
- 12 a 15) Teclas de función, para configurar las mediciones, visualizar y borrar la memoria, etc.
- 16) Tecla de memoria.
- 17) Teclas de desplazamiento.
- 18) Botón de encendido/apagado.
- 19) Luz interna del display.
- 20) Tecla TEST para realizar las mediciones.

Figura 12.14. Teclas de función del equipo comprobador de instalaciones Fluke 1654.

El analizador de redes

Se trata de un equipo que permite verificar todos los parámetros y perturbaciones características de una instalación eléctrica, tales como:

- Intensidades de fase.
- Tensiones de fase.
- Tensiones de línea.
- Potencias activas de fase y potencia activa total.
- Potencias reactivas de fase y potencia reactiva total.
- Factor de potencia ($\cos \varphi$).
- Diagramas fasoriales.
- Formas de onda de tensión e intensidad.
- Nivel de armónicos de tensión e intensidad.
- Tasa de distorsión armónica.
- Frecuencia de la red.



Figura 12.15. Analizador de redes portátil. (Cortesía de Fluke.)



RECUERDA

La energía activa es aquella que se consume por los equipos y es transformada en otro tipo de energía útil, mientras que la reactiva es propia de los equipos con inductancias y condensadores, de tal forma que la absorben para su funcionamiento, pero posteriormente la devuelven a la red. La energía reactiva es perjudicial porque obliga a disponer de secciones de conductor más grandes, por lo que resulta necesario compensarla y elevar el factor de potencia a un valor próximo a la unidad.

El luxómetro

Los luxómetros miden la **cantidad de luz o intensidad luminosa (lux)** presente en un determinado lugar. Son muy utilizados, por ejemplo, para comprobar la luz que emiten los puntos de alumbrado de emergencia y las luminarias de locales de pública concurrencia o para verificar la eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.



Figura 12.16. Luxómetro.

La cámara termográfica

Las cámaras termográficas ofrecen una **imagen térmica** de la zona sobre la que se enfoquen. De esta manera, se pueden detectar sobrecalentamientos en equipos eléctricos, cuadros, conductores, bornes de unión o máquinas eléctricas, permitiendo descubrir una posible avería antes de que se produzca.



Figura 12.17. Ejemplo de uso de una cámara termográfica.

Disponer de una cámara termográfica solo es obligatorio para los instaladores eléctricos de alta tensión. En baja tensión, a pesar de no ser un equipo de medición indispensable, resulta muy útil para llevar a cabo las tareas de mantenimiento.

12.1.4. Equipamiento específico para el mantenimiento de máquinas rotativas industriales

En las instalaciones de automatismos industriales que alimentan a motores, el responsable del mantenimiento debe contar con un equipamiento específico enfocado a realizar labores de diagnóstico de las máquinas eléctricas rotativas, sin llevar a cabo su desmontaje.

Para realizar esta función específica, resultará necesario disponer de:

- Pinzas voltiamperimétricas.
- Medidor de continuidad.
- Medidor de aislamiento.
- Medidor de temperatura.
- Tacómetro (medidor de velocidad rotativa).
- Equipo de engrase.
- Juego de llaves mecánicas adecuadas, destornilladores y otras herramientas para la reparación de conexiones eléctricas.

12.2. Mantenimiento de las instalaciones eléctricas

El correcto funcionamiento de una instalación eléctrica puede verse afectado por el envejecimiento de los equipos, el uso indebido o malintencionado de las instalaciones, los defectos de montaje en la instalación inicial o por cambios posteriores que afecten a la configuración del sistema.

Las tareas de mantenimiento comprenden al conjunto de acciones de inspección, control, comprobación, revisión, clasificación o reparación que tienen como objetivo restaurar o conservar los equipos y materiales en las condiciones apropiadas para que puedan cumplir con normalidad las funciones que tienen asignadas.



SABÍAS QUE

El mantenimiento puede definirse como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la total disponibilidad con el máximo rendimiento.

El adecuado mantenimiento de una instalación eléctrica resulta conveniente para lograr una gran fiabilidad y prevenir problemas de funcionamiento, lo que se hace especialmente relevante en las instalaciones industriales, ya que cualquier fallo eléctrico puede acarrear la parada, por ejemplo, de los procesos de producción, con el consiguiente perjuicio económico que ello conlleva.

La falta del mantenimiento en este tipo de instalaciones acarrea consecuencias negativas y problemas como el envejecimiento de los equipos, la reducción de su vida útil, el mal funcionamiento del conjunto del sistema, el incremento del número y la gravedad de las averías, etc.

12.2.1. Tipos de mantenimiento

Las labores de mantenimiento realizadas sobre cualquier tipo de instalación o sistema pueden ser básicamente de tres tipos:

Tabla 12.3. Tipos de mantenimiento.

Mantenimiento correctivo	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento predictivo
--------------------------	--------------------------	--------------------------

Mantenimiento correctivo o no programado

Consiste en subsanar un defecto o **reparar una avería** en la instalación que ha sido detectado previamente. El mantenimiento correctivo se basa, por tanto, en reparar o sustituir aquellos elementos deteriorados o que presenten un funcionamiento inadecuado.

Todas las acciones realizadas durante el mantenimiento correctivo son registradas y deben coincidir con el parte de averías.



Figura 12.18. Las sobrecargas en los circuitos eléctricos, así como los malos aprietes de tornillería, son una fuente de averías que generan el sobrecalentamiento y destrucción de los conductores.

■ ■ ■ Mantenimiento preventivo o de estado

Consiste en prever las posibles averías en el sistema antes de que se produzcan mediante la programación de revisiones periódicas (**plan de mantenimiento**) en las que se realizan tareas de análisis, limpieza y calibración de los equipos así como todo tipo de medidas y comprobaciones de los parámetros de funcionamiento de la instalación, utilizando los instrumentos de medida y el *software* adecuado.

Con el mantenimiento preventivo se pueden determinar los puntos débiles de un sistema, optimizando su funcionamiento y la vida útil de los dispositivos que los componen. En determinadas instalaciones es obligatorio realizar un mantenimiento preventivo trimestral, semestral o anual con el objetivo de garantizar la fiabilidad de los equipos en funcionamiento. (Véase Figura 12.20.)



El mantenimiento preventivo, con la limpieza, evita problemas

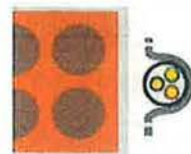


Figura 12.19. Ejemplo práctico de la utilidad del mantenimiento preventivo. (Cortesía de Schneider.)

Dentro del mantenimiento preventivo también se incluyen tareas como la modernización de los equipos y sistemas o la actualización y adecuación de las instalaciones obsoletas a las disposiciones legales actuales.

OPERACIONES Y COMPROBACIONES DE CARÁCTER GENERAL	
OPERACIONES A REALIZAR	Correcto/ Incorrecto/ No aplica
Revisión de terminales, limpieza de aquellos que lo precisen y apriete general de todos.	
Vigilar la aparición de óxido verdoso en los cables (cardenillo), originada por un apriete defectuoso.	
Apriete de tornillos de embarrado.	
Limpieza de fogueados de los contactos de todos los mecanismos.	
Comprobación de correcta identificación y etiquetado de las líneas.	
Comprobar correcta iluminación y correcta iluminación de emergencia.	
Comprobar presencia de elementos necesarios en cuadro general (banqueta aislante, extintor, documentación de aparata, esquema unifilar, señales de riesgo eléctrico, etc.).	
Comprobación de accesibilidad a los cuadros y armarios eléctricos.	
Comprobación de correcto cierre de puertas de los cuadros eléctricos.	
Comprobación y realización de test de fuga en diferenciales (correcto funcionamiento manual).	
Verificar que todas las partes metálicas de lugares húmedos están puestas a tierra (cocina, baños, vestuarios, bombas de achique, etc.).	
Comprobación de sistema de corte de climatización por disparo de alarma de central contra incendios.	
Comprobación de correcto funcionamiento de suministro secundario de reserva.	
Comprobación de correcto funcionamiento de conmutación automática.	
Comprobación de soportación de grupo electrógeno con funcionamiento de bomba eléctrica de protección contra incendios (PCI). Examinar deslastrado de cuadro si existiese.	

MEDICIONES Y COMPROBACIONES TÉCNICAS	
OPERACIONES A REALIZAR	Correcto/ Incorrecto/ No aplica
Medición de tierras en baja tensión (pica de tierra).	
Medición de tierras en baja tensión (impedancia de bucle de defecto).	
Medición del consumo por fase y tensiones comprobando que dicho valor coincide con los del analizador de red.	
Comprobar correcto equilibrio de fases. Medición de intensidad en neutro. Medición del nivel de THD por fase (%).	
Medición del consumo de todas las líneas secundarias. Relación porcentual respecto al amperaje del protector magnetotérmico.	
Termografía de cuadro general y secundarios.	
Comprobación de correcto factor de potencia de la instalación (diferencias del factor de potencia compensada y sin compensar).	

COMPROBACIÓN DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA	
OPERACIONES A REALIZAR	Correcto/ Incorrecto
Comprobación de emergencias en cuadro general.	
Comprobación de emergencias en cuadros secundarios.	
Comprobación de emergencias en cambio de distinto nivel.	
Comprobación de emergencias en habitaciones.	
Comprobación de emergencias en elementos de protección contra incendios.	
Medición de lux en accionamiento de pulsador BIE, extintor, etc. (mínimo 5 lux).	
Comprobación de control telemando (si existe).	

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES DEL TÉCNICO	
ELEMENTO	OBSERVACIONES
UBICACIÓN	OBSERVACIONES
CUADRO	OBSERVACIONES
EQUIPO/MÁQUINA/RECEPTOR	OBSERVACIONES

Figura 12.20. Ejemplo de un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales (continuación).

Mantenimiento predictivo

Consiste en realizar las intervenciones necesarias sobre los equipos y componentes con la finalidad de predecir el momento en el que se quedarán fuera de servicio o se producirá una avería.

Estas predicciones se basan en programas estadísticos de evolución y análisis de funcionamiento mediante ensayos no destructivos, utilizando los instrumentos de diagnóstico adecuados.



SABÍAS QUE

Análisis de lubricantes, mediciones de presión, temperatura, ruido, vibraciones o estudios de desgaste destacan entre las tareas de mantenimiento predictivo más comunes.

Las empresas de instalación y mantenimiento deberán disponer del servicio técnico adecuado y especializado que permita atender en todo momento las averías o fallos del sistema eléctrico (mantenimiento correctivo) y realizar las revisiones y comprobaciones necesarias correspondientes al mantenimiento preventivo.

Cabe destacar que las revisiones preventivas pueden ser realizadas directamente por las entidades titulares de las instalaciones cuando dispongan del personal con la cualificación requerida y de los medios técnicos necesarios.

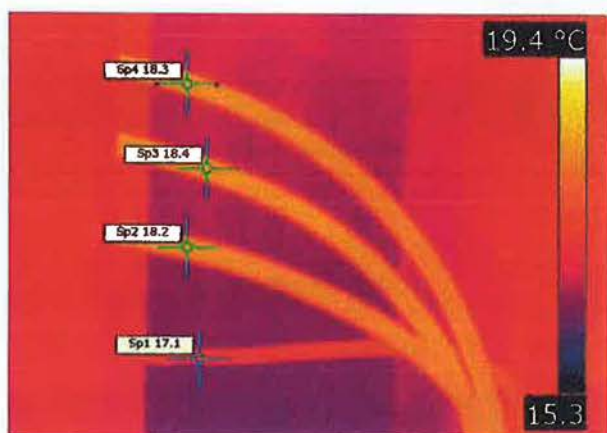


Figura 12.21. La medición de temperatura de los conductores y conexiones mediante cámaras termográficas es una técnica habitual en las tareas de mantenimiento.

En paralelo con la realización de las tareas relacionadas con el mantenimiento, es conveniente elaborar informes de las actividades desarrolladas y de los resultados obtenidos, inventarios técnicos, listados de trabajos periódicos, reportes de uso del sistema y partes históricos de averías en los

que consten las deficiencias observadas y su fecha de subsanación.

Actividad propuesta 12.2

En la actualidad resulta posible llevar a cabo tareas de mantenimiento a distancia a través de una conexión remota. Es lo que se conoce como **telemantenimiento**.

Conociendo esto, responde a las siguientes cuestiones:

- ¿Qué ventajas crees que puede ofrecer el telemantenimiento?
- ¿En qué tipo de instalaciones de automatismos industriales podría resultar más útil?
- ¿Qué equipos o sistemas de los estudiados a lo largo del libro crees que resultarían necesarios para poder dotar de un sistema de telemantenimiento a una instalación industrial?

12.2.2. El plan de mantenimiento

Los objetivos del mantenimiento se basan fundamentalmente en la optimización del funcionamiento de los sistemas eléctricos, obteniendo en consecuencia mayor seguridad y ahorro económico.

Es necesario llevar a cabo una inspección sistemática de todas las instalaciones, en intervalos de tiempo predefinidos y manteniendo los registros adecuados, para detectar a tiempo cualquier posible desgaste, rotura o sobrecalentamiento que pueda acarrear averías futuras, prolongando la vida útil de los equipos e instalaciones al máximo posible.

El **plan de mantenimiento** es un documento que define a un responsable de mantenimiento y los recursos asociados a esta actividad. En el plan de mantenimiento se incluye un inventario de infraestructuras, equipos y utensilios, se identifican los equipos críticos de la instalación y se definen los métodos de mantenimiento correctivo (cuyo objetivo será el de efectuar las reparaciones de emergencia lo más pronto posible, empleando métodos más fáciles de reparación), así como las tareas de mantenimiento preventivo, calibración y verificación que han de ser llevadas a cabo.

Las principales tareas de mantenimiento asociadas a las instalaciones eléctricas, y que deben ser incluidas y registradas en el correspondiente plan de mantenimiento, se exponen a continuación:

- Comprobación mensual de la instalación de puesta a tierra, tanto su valor óhmico como su buen estado de conservación.
- Verificar la adecuada rotulación de cuadros y circuitos eléctricos, así como el código de colores de los conductores.



Figura 12.22. Detalle del marcado manual de colores de las mangueras cuando no cumplen el código establecido.

- Verificar la existencia de etiquetas identificativas de riesgo eléctrico en los cuadros eléctricos.
- Comprobar la existencia de conexiones equipotenciales, cuando estas fueran requeridas, así como la continuidad de los conductores de protección.
- Verificar la existencia de medidas adecuadas de seguridad contra contactos indirectos.

- Comprobación mensual de los interruptores diferenciales (pulsador de test).
- Verificar el correcto nivel de aislamiento de la instalación y la inexistencia de riesgo de contactos directos.
- Contrastar la adecuada protección contra cortocircuitos y sobrecargas en los conductores en función de la intensidad máxima admisible en los mismos asociada a su sección.
- Contrastar que se respetan los límites de caída de tensión en los conductores.
- Verificar que los sistemas y máquinas trifásicas se encuentran equilibradas.
- Verificar que los materiales, aparatos o receptores se ajustan a las especificaciones vigentes.
- Revisar anualmente todos los circuitos y cuadros eléctricos de la instalación, comprobando su estado y corrigiendo las deficiencias detectadas. Se realizará una limpieza general del cuadro y el reapriete de las conexiones. En caso de modificar los circuitos eléctricos debe quedar reflejado en los esquemas eléctricos.

CUADRO: CUADRO GENERAL	TIERRA DE BUCLE: CORRECTO	MEDIDA: 2,04 Ω	ROTULACION: INCORRECTO
SITUACION: CUARTO CGBT - Semisótano	TIERRA DE CHASIS: CORRECTO	MEDIDA: 2,63 Ω	PLACA DE RIESGO ELECTRICO: INCORRECTO
ESTADO GENERAL: CORRECTO	ESQUEMA UNIFILAR: INCORRECTO		LIMPIEZA: OK
OBSERVACIONES: La línea de grupo de presión está mal protegida (sección insuficiente). Pendiente de ser realizado análisis termográfico			

POS.	MARCA/MODULO	DESCRIPCION	Nº POLOS	AMP.	AUTOMATICOS/CONDUCTORES				RELE DIFERENCIAL			DIFERENCIAL						GRUPO
					SECCION ENTRADA	SECCION SALIDA	SECCION A BROSQUE	CONTERAS	ANGULAR	SI NO	Regulacion BS	Regulacion MA	Ima	ma	UeV	Ma YAMERICA	TEST MAN	
1	SIEMENS	AUTOMATICO GENERAL	4	1600	240	240	240	OK	OK	SI	300	300	234	0.1	26	-	OK	SI
2	SIEMENS	SALON DE ACTOS	4	100	95	95	95	OK	OK	SI	300	300	240	0.2	20	-	OK	SI
3	SIEMENS	CUADRO SECUNDARIO NAVE 2	4	125	95	95	95	OK	OK	SI	300	300	222	0.1	27	-	OK	SI
4	SIEMENS	CUADRO SECUNDARIO NAVE 3	4	125	95	95	95	OK	OK	SI	300	300	240	0.2	29	-	OK	SI
5	SIEMENS	CAFETERIA CENTRAL	4	125	95	95	95	OK	OK	SI	300	300	222	0.1	27	-	OK	SI
14	SIEMENS	PLANTA BAJA CENTRAL	4	63	70	70	70	OK	OK	SI	300	300	234	0.1	26	-	OK	SI
15	SIEMENS	PLANTA 2º CENTRAL	4	63	70	70	70	OK	OK	SI	300	300	240	0.2	29	-	OK	SI
16	SIEMENS	PLANTA 3º CENTRAL	4	63	70	70	70	OK	OK	SI	300	300	222	0.1	27	-	OK	SI
17	SIEMENS	COMEDOR CENTRAL	4	63	70	70	70	OK	OK	SI	300	300	238	0.2	26	-	OK	SI
18	SIEMENS	ALUMBRADO C. TRANSFORMACION	4	50	50	50	50	OK	OK	SI	300	300	238	0.2	26	-	OK	SI
19	SIEMENS	CONTACTOR RED	2	10	1.5	1.5	1.5	OK	OK	-	-	-	-	-	-	-	OK	SI
20	SIEMENS	SOTANO CENTRAL	4	25	6	6	6	OK	OK	SI	300	300	222	0.1	27	-	OK	SI
21	SIEMENS	PLANTA 1º CENTRAL	4	25	6	6	6	OK	OK	SI	300	300	240	0.2	29	-	OK	SI
22	SIEMENS	COCINA CENTRAL	4	63	70	70	70	OK	OK	SI	300	300	222	0.1	27	-	OK	SI
23	SIEMENS	BATERIA DE CONDENSADORES	3	800	240(2)	240(2)	240(2)	OK	OK	SI	300	300	238	0.2	26	-	OK	NO
24	SIEMENS	VIGILANTE RED	3	16	2.5	2.5	2.5	OK	OK	-	-	-	-	-	-	-	-	NO
25	SIEMENS	CONTACTOR GRUPO	2	10	1.5	1.5	1.5	OK	OK	-	-	-	-	-	-	-	-	NO
26	SIEMENS	SERVICIOS AUXILIARES GRUPO	4	20	4	4	4	OK	OK	-	-	-	-	-	-	-	-	NO
27	SCHNEIDER	BOMBAS PCI	4	25	6	6	6	OK	OK	-	-	-	240	0.2	27	300	OK	NO
28	SCHNEIDER	CASETA OBRA	4	25	6	6	6	OK	OK	-	-	-	234	0.1	26	300	OK	NO
30	SIEMENS	BOMBAS SALA DE MAQUINAS	4	125	95	95	95	OK	OK	SI	300	300	222	0.1	27	-	OK	NO
32	SIEMENS	ASCENSOR CENTRAL	4	25	6	6	6	OK	OK	SI	300	300	240	0.2	27	-	OK	NO
35	SIEMENS	ZONA DE CARGA	4	400	185	185	185	OK	OK	SI	300	300	222	0.1	27	-	OK	NO
36	SIEMENS	CUADRO SECUNDARIO CLIMATIZACION	4	315	185	185	185	OK	OK	SI	300	300	238	0.2	26	-	OK	NO
37																		
38																		
39																		
40																		

Figura 12.23. Ejemplo de un parte de mantenimiento de una instalación industrial.



Figura 12.24. Detalle del pulsador de test de un interruptor diferencial doméstico.

12.2.3. Libro de mantenimiento

Es un documento en el cual se registrarán todas las operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo llevadas a cabo en la instalación, indicando la fecha y hora de ejecución en cada caso. En las instalaciones relacionadas con los automatismos industriales, debe contener la siguiente información:

- Listado de todas las instalaciones y equipos a revisar.
- Informes de las actividades desarrolladas y de los resultados obtenidos.
- Inventario técnico.
- Reportes de uso del sistema.
- Modificaciones llevadas a cabo.
- Datos generales de funcionamiento (temperatura, tensión, intensidad, consumo, presión, etc.).
- Características técnicas de todos los equipos y máquinas.
- Partes históricos de averías en los que consten las deficiencias observadas y su fecha de subsanación.



SABÍAS QUE

Siempre que sea necesario, en el libro de mantenimiento se incluirán hojas de características y de especificaciones técnicas de los elementos, el equipo y los materiales utilizados en la instalación. Por ejemplo para argumentar códigos IP, IK, justificaciones de material antideflagrante, etc.

Actividad propuesta 12.3

Elabora un manual de uso y mantenimiento para un cuadro de mando y protección de tu vivienda.

El contenido mínimo del manual debe ser el siguiente:

- Precauciones, prescripciones y prohibiciones asociadas.
- Mantenimiento a llevar a cabo por el usuario de la instalación.
- Mantenimiento a llevar a cabo por el profesional cualificado.



Figura 12.25. La verificación de los esquemas unifilares asociados a un cuadro eléctrico es una tarea de mantenimiento preventivo.

12.2.4. Manual de instrucciones

En determinados casos, una vez finalizada la ejecución del proyecto, la empresa instaladora encargada de su montaje y puesta en servicio hará entrega a la propiedad de una copia del manual de instrucciones para el usuario, que describirá de forma exhaustiva y didáctica las posibilidades y funcionalidades que ofrece la instalación, así como las recomendaciones en cuanto a uso y mantenimiento de la misma.

El objetivo general del manual de instrucciones es informar sobre las funcionalidades que la instalación dispone. Para ello es imprescindible que el lenguaje sea adaptado y asequible para el usuario y se plantee siempre con descripciones visuales que puedan incluir croquis, dibujos realizados y fotografías. Además se debe añadir, cuando proceda, documentación sobre los equipos y materiales utilizados, especificaciones técnicas de los elementos de las instalaciones, condiciones de servicio, información sobre mediciones y calibración de los instrumentos de verificación y medida, así como un listado de la normativa y legislación aplicable según el tipo de instalación.

12.3. Mantenimiento de las instalaciones de automatismos industriales

Las operaciones de mantenimiento del equipamiento, instalaciones y sistemas de las instalaciones industriales, pasan por realizar las tareas dispuestas en el plan de mantenimiento, saber interpretar las especificaciones técnicas de funcionamiento de cada componente, realizar evaluaciones continuas del estado de los equipos y dispositivos y proponer y planificar tareas de mantenimiento preventivo.

Es obligación del servicio de mantenimiento mantener la instalación eléctrica en condiciones óptimas, garantizar-

do lo máximo posible la total operatividad de los sistemas y procesos. Algunas tareas de mantenimiento preventivo asociadas a las instalaciones de automatismos industriales se exponen a continuación:

- Limpiar las superficies de los dispositivos.
- Comprobar de la tensión de la red de alimentación de los circuitos de mando y potencia.
- Verificar el desgaste de las partes móviles de los dispositivos de conexión.
- Comprobar diariamente el correcto estado y funcionamiento de todos los enclavamientos mecánicos y eléctricos.
- Verificar el funcionamiento de todas las señalizaciones de seguridad acústicas y luminosas.
- Comprobar el reglaje de los dispositivos de protección.
- Limpiar los laterales de la cámara apagachispas de los contactores (rascándolos).
- Revisar el apriete de toda la tornillería.

Resulta igualmente necesario respetar una serie de **normas y prescripciones** sobre lo que **nunca hay que hacer durante las tareas de mantenimiento**, como por ejemplo:

- Limar o engrasar los contactos de la aparamenta.
- Modificar una pieza o sustituirla por una pieza de recambio inadecuada.
- Rearmar un relé de protección sin averiguar antes la causa del disparo y subsanarla.
- En caso de enclavamiento de un relé térmico, este debe ser temporal y previamente debe haberse garantizado la imposibilidad de que se produzcan sobrecargas de larga duración.

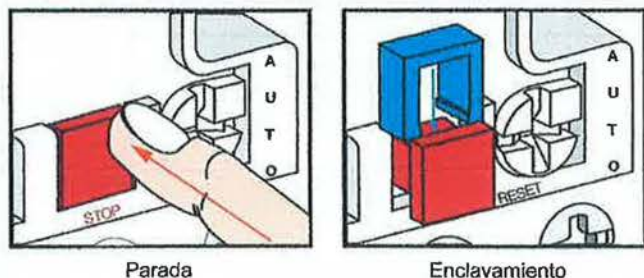


Figura 12.26. Ejemplo de enclavamiento de un relé térmico.

- Cambiar un fusible y volver a poner el equipo bajo tensión sin haber solucionado el defecto.
- Dejar abierto un cuadro eléctrico o un armario sin necesidad, especialmente en ambientes con riesgo de incendio o explosión.

Actividad propuesta 12.4

El fabricante de un contactor especifica en su hoja de características que el dispositivo tiene una endurancia mecánica equivalente a 2.500.000 de maniobras.

- ¿Qué es la endurancia mecánica? ¿Qué quiere expresar el fabricante ofreciendo este dato?
- ¿Para qué resulta útil este parámetro?
- Estima la vida útil del contactor citado, si se utiliza para alimentar a un compresor que arranca siete veces por hora y que trabaja 24 horas al día durante todo el año.



RECUERDA

Los trabajos de mantenimiento deben ser ejecutados sin interrumpir el suministro de alimentación a toda la instalación.

12.3.1. Mantenimiento específico de motores

Las máquinas eléctricas rotativas son los elementos más críticos de las instalaciones eléctricas industriales, debido a que ejercen en muchos casos ciclos de trabajos de varias horas de duración, en los que se ven sometidas a calentamientos y sobreesfuerzos que originan desgastes mecánicos y eléctricos.

Sin el adecuado mantenimiento preventivo, el desgaste de un motor se verá incrementado de manera exponencial, poniendo en riesgo tanto el funcionamiento del propio proceso industrial como la integridad de la instalación eléctrica.



RECUERDA

El desgaste de un equipo se acentúa cada vez más si no se corrigen los pequeños defectos que van surgiendo. A la corrección de estas pequeñas anomalías, antes de que se produzcan las averías, se le denomina mantenimiento preventivo.

El mantenimiento de los motores ha de realizarse de forma preventiva, y por tanto, sin necesidad de que presente ningún tipo de avería. Para llevar a cabo esta tarea se fijará una periodicidad de revisiones en función del número de **horas de trabajo de la máquina** (generalmente suele oscilar entre 1.500 y 2.500 horas).

Las tareas básicas de mantenimiento de motores eléctricos a llevar a cabo son las indicadas a continuación:

- Análisis del estado general de la máquina (conexiones, aspecto externo, zonas recalentadas o quemadas, estado de los conductores, etc.).

- Chequeo de las partes sometidas a más desgaste.
- Revisión de anclajes y elementos móviles (engrasado, rodamientos, aprietes, etc.).
- Verificar el correcto estado de los elementos refrigerantes (en caso de disponer de refrigerante líquido) y comprobar que las salidas de ventilación no se encuentran obstruidas.
- Realizar ensayos generales estáticos y dinámicos (ensayo de potencia, ensayo de frecuencia, posibles vibraciones, etc.).

- Comprobar tensión de red, carga del motor y corriente consumida.
- Verificar el correcto arranque y frenado de la máquina.

Todas las conclusiones serán anotadas en el parte de mantenimiento, que deberá ser almacenado a modo de historial, donde además se especificará si es necesario cambiar piezas y la fecha en que se hace la sustitución.

Un ejemplo de parte de mantenimiento para máquinas rotativas se muestra a continuación:

PARTE DE MANTENIMIENTO MÁQUINAS ROTATIVAS					
Fecha			Hora y lugar		
Empresa					
Técnico					
Identificación/Designación de la máquina					
Tipo			Fabricante		
Servicio en			Potencia		
Rotórico			Estatórico		
Conexión			Resistencia		
Medidas realizadas	Tensión				OBS.
	Intensidad				OBS.
	Temperatura				OBS.
	Aislamiento				OBS.
	Otros				OBS.
	Otros				OBS.
Comprobaciones mecánicas y visuales	Cojinetes				
	Fijación				
	Escobillas				
	Colector				
	Otros				
	Otros				
Elementos a sustituir					
Observaciones					
Comentarios del técnico					
Firma			Fecha próxima revisión		

12.4. Resolución de averías en las instalaciones de automatismos industriales

La resolución de los problemas y averías que se presentan durante el funcionamiento de un sistema eléctrico es una parte fundamental del **mantenimiento correctivo**.

Resulta muy frecuente que los fallos en el funcionamiento habitual de la instalación tengan un origen ajeno al propio sistema automático. La interrupción del suministro eléctrico en la instalación de baja tensión es una de las causas más frecuentes de mal funcionamiento de los componentes. Esta falta de energía se debe generalmente a los **disparos de las protecciones** magnetotérmicas o diferenciales, los **cortes voluntarios del suministro eléctrico** y el **deterioro de los conductores** por impactos accidentales o por sobrecalentamiento.

El procedimiento general de actuación para la localización de los defectos que producen estas averías es el que se muestra en el siguiente diagrama:

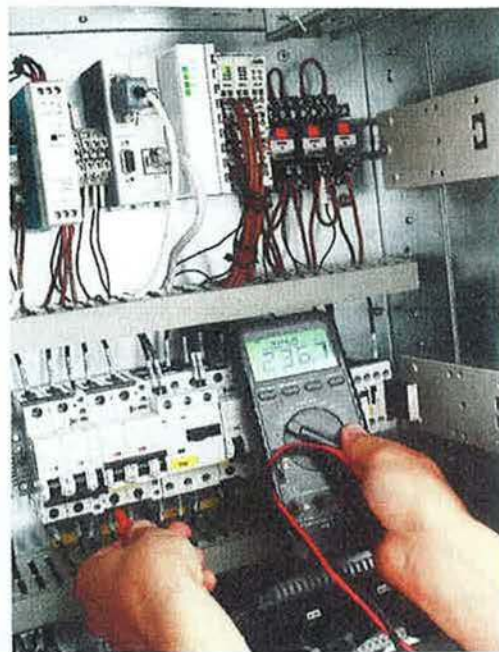


Figura 12.28. Comprobación del nivel de tensión en un circuito monofásico.

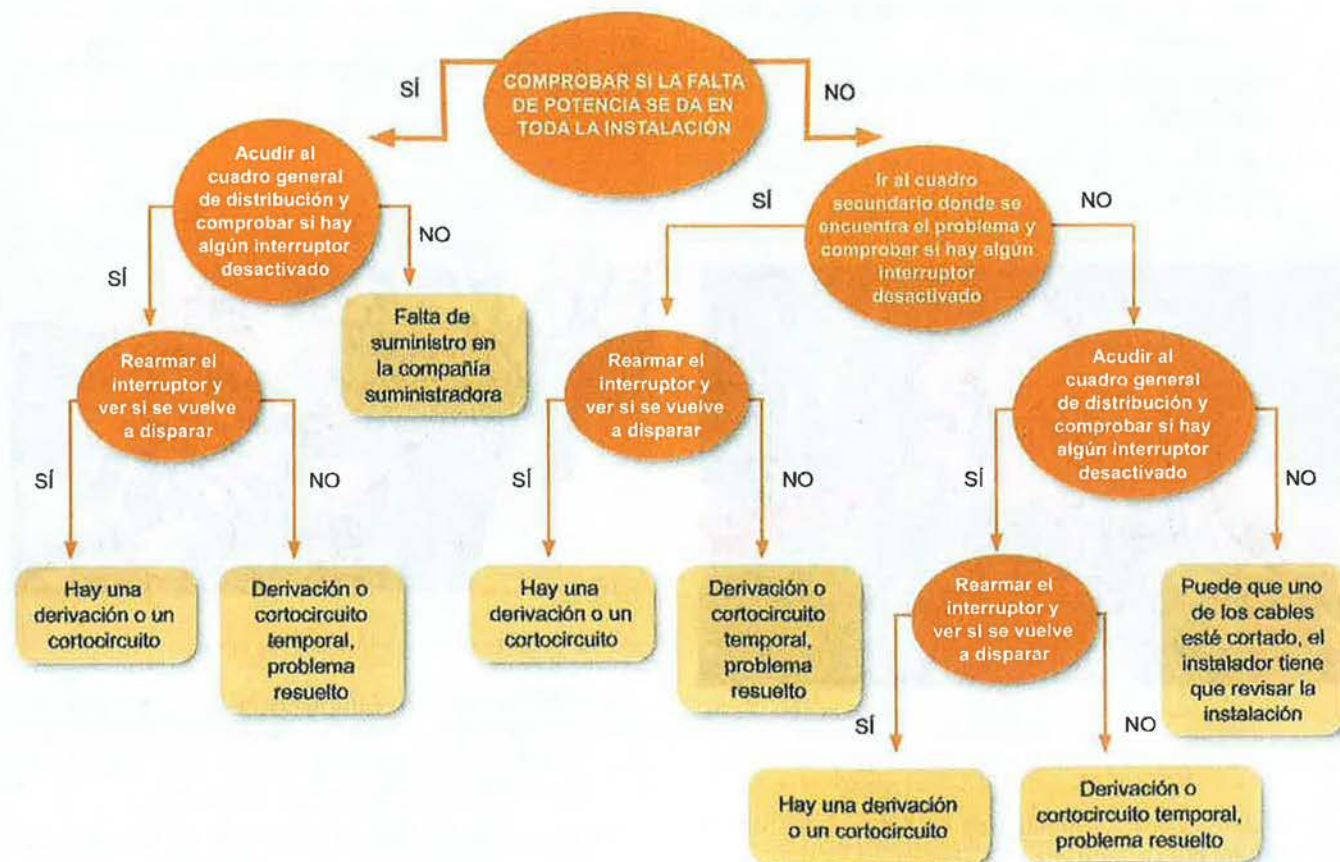


Figura 12.29. Pautas de actuación para la localización y reparación de averías en la instalación eléctrica.

Una vez detectado el origen de una avería y para proceder a la reparación, el técnico cualificado y autorizado debe actuar como se describe a continuación, teniendo siempre en cuenta los métodos de trabajo más adecuados en cada situación:

1. Comprobar visual o funcionalmente el defecto.
2. Desconectar el circuito afectado y verificar la ausencia de peligro para las personas o las instalaciones.
3. Reparar el elemento dañado o sustituirlo por otro de las mismas características.
4. Reponer la tensión y comprobar el normal funcionamiento de la instalación.

Respecto a las anomalías y averías tipo más frecuentes asociadas a los componentes y dispositivos característicos de las instalaciones de automatismos industriales, destacan las siguientes:

- Bloqueo del rotor en motores.
- Averías por desgaste en los elementos mecánicos rotativos.
- Sobrecargas de trabajo prolongadas.
- Aumento excesivo de la temperatura de un equipo o del cableado.
- Sobre tensiones, desequilibrios y perturbaciones electromagnéticas.
- Cortocircuitos o roturas en los devanados internos de un motor.



Figura 12.30. Comprobación de la continuidad en los devanados de un motor trifásico para conexión estrella-triángulo.

- Deterioro del aislamiento de las bobinas del rotor o estator por rozamiento.
- Conexiones erróneas (fundamentalmente en los circuitos de mando).

- Sobrecalentamiento de los contactores.
- Ruido mecánico o magnético en el contactor durante el funcionamiento.
- Fallos en el electroimán del contactor.
- Soldadura entre contactos de contactores u otros dispositivos de conexión y protección.
- Desgaste prematuro de los contactos en los dispositivos de aparamenta.
- Fallo de alimentación de los autómatas.
- Errores de comunicación entre el PLC y las entradas y salidas del sistema.
- Cableado del automático suelto o incorrecto.
- Errores en la programación y configuración de los equipos electrónicos.
- Puestas a tierra de los equipos mal conectadas o incorrectas.



SABÍAS QUE

Las bobinas de un motor con espiras en cortocircuito han de ser rebobinadas y aisladas de nuevo, bien haciéndolo de la bobina afectada solamente si esto es posible, o del conjunto del devanado.



Figura 12.31. Proceso de bobinado de motores trifásicos.

En caso de avería, resulta fundamental realizar el desmontaje, reparación y reemplazamiento de los componentes y equipos en el menor tiempo posible, pero cumpliendo siempre con las máximas garantías de calidad.

La rápida localización de las averías en las instalaciones industriales depende en gran medida de la posibilidad de realizar una monitorización de los procesos, controlando el sistema en tiempo real. En este sentido, existen equipos

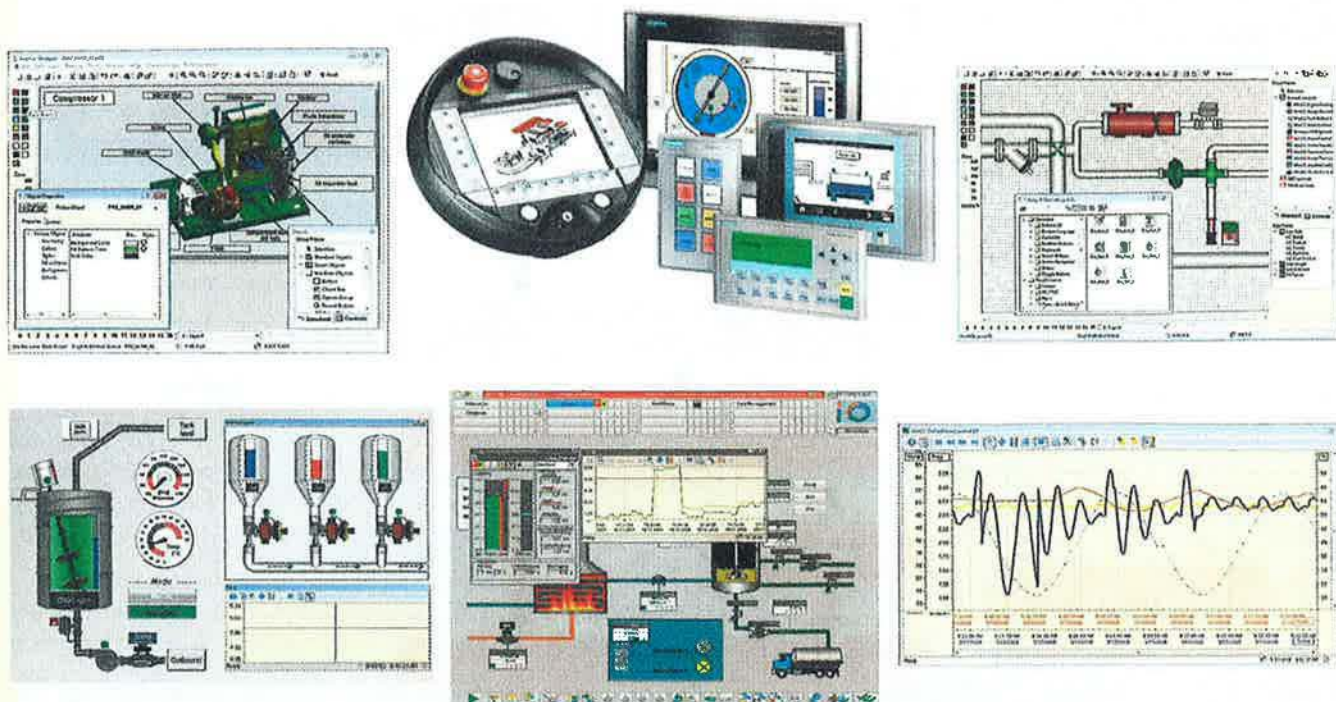


Figura 12.32. Ejemplos de software para la monitorización de procesos industriales en tiempo real. (Cortesía de Siemens.)

y programas informáticos específicos para la supervisión de las instalaciones de automatismos y sus procesos asociados, tanto las basadas en lógica cableada como en lógica digital.

Estos sistemas basan su funcionamiento en la comunicación continua y a tiempo real con la instalación, accediendo, leyendo y transmitiendo información de forma bidireccional, permitiendo visualizar en una pantalla los datos más significativos de los equipos y procesos.

12.5. Legalización y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas industriales

Tras ejecutar una instalación eléctrica, resulta necesario realizar un proceso de legalización que consiste básicamente en tramitar toda su documentación técnica de manera que quede debidamente inscrita y validada en el registro de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la comunidad autónoma a la que pertenece la instalación.

La legalización de una instalación eléctrica de baja tensión se realiza en base al siguiente procedimiento:

1. Elaboración previa a la ejecución de la instalación de la documentación técnica que defina las carac-

terísticas de dicha instalación. Esta documentación puede ser *proyecto* o *memoria técnica de diseño* en función del tipo de instalación.

2. Ejecución de la instalación, de manera acorde a las correspondientes disposiciones legales y normas vigentes.
3. Inspección y verificación previa de la instalación por parte de la empresa instaladora que la ha ejecutado y del jefe de obra en caso de ser necesario.
4. Emisión del certificado de instalación eléctrica en baja tensión. Este documento debe ser redactado y firmado por un instalador eléctrico autorizado, haciéndole responsable de todos los trabajos llevados a cabo en la instalación.
5. Trámites con la administración. La tramitación de las instalaciones eléctricas requiere unos procesos administrativos que pueden diferir en cierta medida dependiendo de cada comunidad autónoma. Dichos trámites son llevados a cabo por la DGIEM o por un organismo de control autorizado. A pesar de las diferencias existentes en cuanto a la metodología de legalización de las instalaciones, en todas ellas se siguen unas pautas similares que pasan por la recepción de la documentación, la revisión de la misma y la ejecución de la correspondiente inspección inicial de la instalación cuando así proceda.

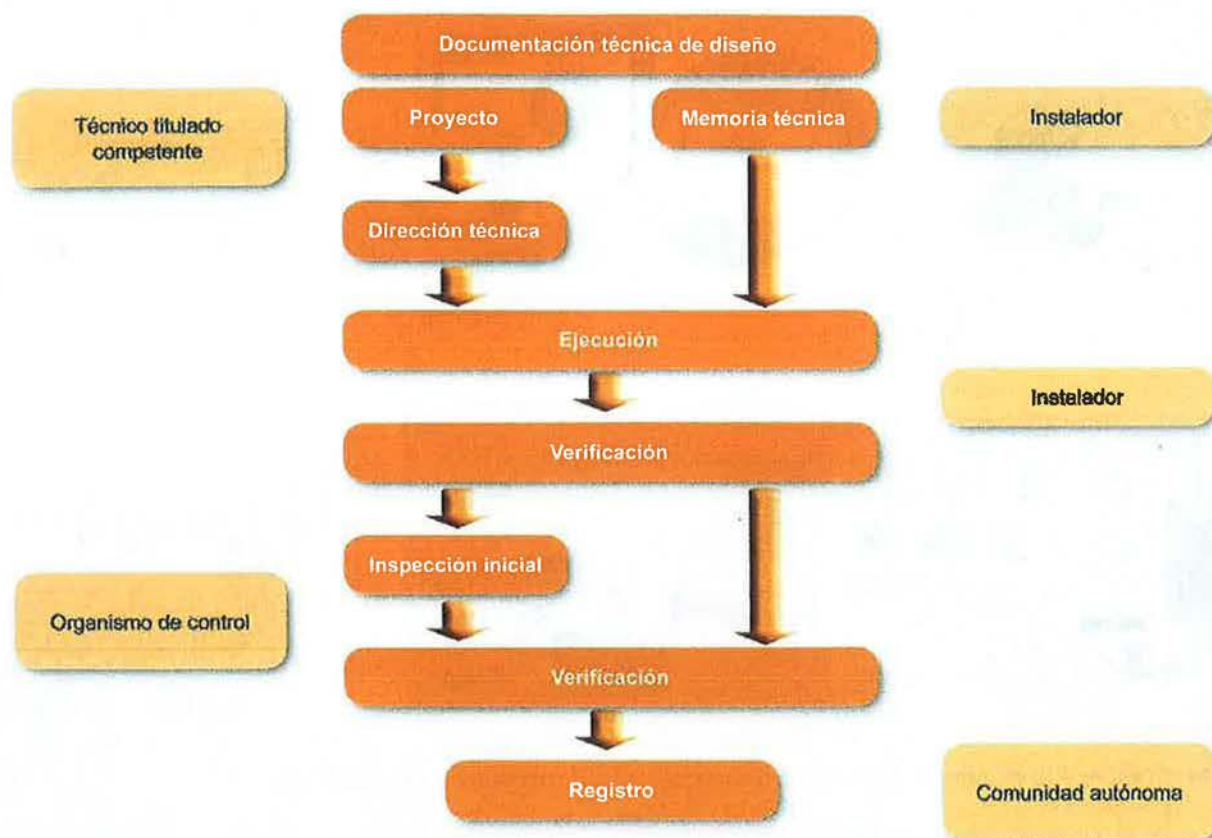


Figura 12.33. Proceso de legalización de las instalaciones eléctricas en baja tensión. En algunas comunidades autónomas es posible que las instalaciones documentadas con MTD pasen una inspección inicial a modo de muestreo.

12.5.1. Documentación asociada a las instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas de baja tensión deben ejecutarse sobre la base de una documentación técnica que, en función de su importancia, deberá adoptar una de las siguientes modalidades:

- Proyecto electrotécnico.
- Memoria técnica de diseño.

El **proyecto** de una instalación debe definir todas y cada una de las instalaciones de la edificación objeto. Un proyecto debe englobar todos sus documentos dentro de un mismo volumen.

Particularmente, el proyecto de una instalación eléctrica tiene como finalidad describir todas las características eléctricas definitivas de dicha instalación, adaptándose a lo solicitado por el cliente y respetando las normativas vigentes. El proyectista, un técnico cualificado con titulación universitaria, es el encargado de realizar esta tarea ayudándose de

programas informáticos u otros utensilios existentes para ejecutar la tarea de la forma más adecuada posible a la solución solicitada. El proyecto definitivo será consensuado entre proyectista y cliente en base al resultado final que se quiera obtener en lo que a calidades, precios y soluciones constructivas se refiere.

Para llevar a cabo un proyecto adecuado y completo técnicamente se establecen los siguientes documentos básicos imprescindibles que han de formarlo:

- Portada.
- Índice general de contenidos.
- Memoria descriptiva.
- Anexos de cálculos eléctricos.
- Pliego de condiciones.
- Presupuesto.
- Estudios con entidad propia, planes y manuales.
- Planos de proyecto de obra civil y edificación.
- Planos y esquemas de la instalación eléctrica.

Asimismo, en determinadas instalaciones industriales, también puede resultar necesario incluir en el proyecto electrotécnico uno o varios de los siguientes documentos o justificaciones, solo cuando corresponda:

- Plano del trazado de las vías de evacuación.
- Clasificación de zonas con riesgo de incendio o explosión.
- Descripción y características del segundo suministro.
- Descripción y cálculos justificativos del alumbrado de emergencia.

La **memoria técnica de diseño**, más conocida por su acrónimo MTD, es un documento que contiene las características eléctricas básicas imprescindibles para definir la instalación eléctrica objeto. Puede ser suscrita por un técnico competente o por el propio instalador eléctrico autorizado.

El formato puede variar en función de la comunidad autónoma en la que se registre la instalación, pero de manera genérica, puede establecerse que los contenidos mínimos que deben aparecer en una MTD son los siguientes:

- Datos referentes al propietario de la instalación.
- Emplazamiento de la instalación.
- Uso al que se destina la instalación.
- Relación nominal de los receptores que se prevea instalar y su potencia.
- Cálculos justificativos de las características de la línea general de alimentación, derivaciones individuales, líneas secundarias y circuitos interiores.
- Características de los elementos de corte y protección adoptados.
- Puntos de utilización y secciones de los conductores de cada uno de los circuitos.
- Pequeña memoria descriptiva de los trabajos realizados.
- Esquema unifilar de la instalación eléctrica.
- Croquis del trazado de las canalizaciones.
- Identificación de la persona que firma la memoria y justificación de su competencia.
- Fecha de elaboración de la memoria.

12.5.2. Documentación asociada a las instalaciones eléctricas industriales

Dependiendo del uso y características de una instalación eléctrica, será necesario que esta tenga asociada para su ejecución un proyecto electrotécnico o una memoria técnica de diseño. Concretamente, en el caso de las instalaciones eléctricas de automatismos industriales, al pertenecer al entorno de las instalaciones industriales, la ITC-BT-04 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión establece que para potencias instaladas superiores a 20 kW, será necesario realizar un proyecto.

Tabla 12.4. Documentación técnica asociada a las instalaciones eléctricas industriales.

$P \leq 20 \text{ kW}$	$P > 20 \text{ kW}$
MTD	Proyecto

12.5.3. Certificado de instalación eléctrica

Para dar de alta y dotar de suministro a una instalación eléctrica es necesario disponer de un *certificado de instalación eléctrica* debidamente cumplimentado, en el cual se especifican las características técnicas básicas de la instalación.

El encargado de realizar el boletín es el instalador eléctrico autorizado, este ha de firmar el boletín, en nombre de una empresa instaladora, con lo que se hace responsable de que la instalación eléctrica objeto definida en el proyecto o en la memoria técnica de diseño, según corresponda, cumple la normativa vigente. En definitiva, el instalador que firma el boletín acredita que dicha instalación eléctrica se adecua a las especificaciones indicadas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión vigente en el momento.

Se ha de realizar boletín eléctrico en los siguientes casos:

- En toda instalación eléctrica nueva.
- En cualquier ampliación de la instalación eléctrica.
- Cuando se realice una modificación de importancia en la instalación.




RECUERDA

Los procesos administrativos necesarios para la legalización de una instalación eléctrica pueden diferir en cierta medida dependiendo de cada comunidad autónoma.



SABÍAS QUE

Una empresa instaladora habilitada no podrá facilitar, ceder o enajenar certificados de instalación no realizados por ella misma.

 Dirección General de Industria, Energía y Minas CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA Comunidad de Madrid		N° exp. - Sello y fecha EICI	
CERTIFICADO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN			
TITULAR			
Apellidos y nombre o Razón Social -		D.N.I. - N.I.F.	
Civis Eventos y Comunicación		G-43567743	
Domicilio (calle o plaza y número) -		C.P.	
Calle Fundidores, S/N		28906	
Municipio	Provincia	Teléfono	Fax
Getafe	Madrid	-	-
Representante (si procede) -		D.N.I. -	
Carla Benítez Rodríguez		52996412-P	
DATOS DE LA INSTALACIÓN			
Emplazamiento de la instalación			
Tipo de vía (calle, plaza, ...)	Nombre de la vía	N°	Bis
Calle	Fundidores	S/N	
Municipio	Getafe	C.P. -	28906
Características técnicas de la instalación (*)			
Proyecto o MTD por (2) -	Uso de inst. (3) -	Superficie -	Temporalidad (1) -
N	INDUSTRIA (IMPRENTA)	1242 m²	N/A días
Pot. Max. Adm. (5) -	Pot. Amp./mod. (6) -	Pot. Original (7) -	Aforo (4) -
1732 kW	N/A kW	N/A kW	N/A pers.
Tensión -		400/230 V	
Acometida: Punto de conexión (8) -		C.G.P. (esq.) -	
CT		12	
Tipo (9) -		SUB.	
Línea General de Alimentación		Derivación Individual:	
Sección -		Sección -	
N/A mm²		300 mm²	
Contadores (Ubicación y sistema):		Situación (11) -	
Tipo (10) -		N/A	
Protecciones: Int. General -		Prot. Contra sobretensiones -	
4X2500 A		[X] Sí [] No	
		Int. Dif. In (A) / Sensib. (Ma) -	
		2500 A / 500 mA	
Sistemas de conexión del neutro y de las masas (Esquema de distribución) (12) -		TT	
Empresa distribuidora - IBERDROLA			
Observaciones (Descripción de los trabajos realizados y de la instalación si se elige Categoría Z para el Uso)			
INSTALACIÓN INDUSTRIAL NUEVA, CONFORME AL REBT RD 242/2002			
EMPRESA INSTALADORA			
Apellidos y nombre o razón social		N° certif. Empresa instaladora	
INSTALACIONES ELÉCTRICAS VEGA		30921	
Categoría y especialidad de la empresa instaladora		Cat. y especialidad del instalador	
[] Básica [X] Especialista		[] Básica [X] Especialista	
Nombre del instalador: FLORENTINA FERNANDEZ VEGA		N° certif. Instalador -	
		10858	
Domicilio (calle o plaza y número)		C. P.	
Avenida Ave del Paraíso, s/n		28660	
Municipio	Provincia	Teléfono	Fax
Boadilla del Monte	Madrid	-	-
CERTIFICACIÓN DE LA EMPRESA INSTALADORA			
El instalador autorizado que suscribe o la empresa instaladora referenciada y en su nombre el titular del certificado de cualificación individual con nombre y número arriba indicados, certifica haber ejecutado la instalación referenciada documentada en Memoria Técnica de Diseño [] / Proyecto [X] con n° de Visado 234236/14 y fecha 30/08/2014 correspondiente, de acuerdo al vigente R.E.B.T., sus I.T.C. y las normas particulares de la empresa distribuidora y haber realizado la verificación de las instalaciones, con resultado favorable, según consta en el presente certificado.			
[] Aplica y se incluye certificación sobre el cumplimiento del R.D.1890/2008, REAE. Pot. Instalada luminarias y aux. R.D. 1890/2008 N/A kW			
[X] No aplica el R.D. 1890/2008 [] Aplica ITC-BT 51 sobre inst. de sist. de autom., gestión técnica de la energía y seg. Para viviendas y edificios			
GETAFE, a 19 de SEPTIEMBRE de 2014			
D./Dª FLORENTINA FERNANDEZ VEGA			
(1) Para inst. temp. d.2. (terras, ...). (2) Instalación: N (Nueva), A (Ampliación y Ampliación-Modificación), M (Modificación). (3) Uso: Según Categorias del Reglamento. (4) Para potencias LPC sean < 6 > 50. (5) Pot. máxima de la instalación. En caso de A o M corresponde a la potencia final de la instalación. (6) En caso de A o M corresponde a lo ampliado y/o modificado. N/A si es nueva. (7) Para A y M. pot. original de la instalación. Para nueva N/A. (8) CT (Centro de transformación) o RBT (Red de baja tensión). (9) Aérea, Subterránea. (10) Armario, Local. (11) Fachada, planta sótano, ... (12) TT, TN, IT y descripción.			
VERIFICACIONES POR MEDIDAS Y ENSAYOS			
1. Resistencia de puesta a tierra:		5,04 Ω	
2. Resistencia de aislamiento de los conductores:		500 MΩ	
3. Otras:			
Firma y sello de la empresa instaladora			

(*) Se cumplimentarán todos los campos de "Características técnicas de la instalación" de este documento, independientemente de que se rellenen con N/A "no aplica" o una llamada al campo de observaciones o se elegirá entre las opciones que se proponen.

El presente boletín se expide exclusivamente a los efectos previstos en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y disposiciones complementarias, sin implicar el cumplimiento por parte del Titular de la instalación de todos los requisitos que pudiera imponer la normativa vigente para la puesta en servicio y suscripción de contrato de suministro eléctrico.

Los datos que se recogen se tratarán informáticamente o se archivarán con el consentimiento del ciudadano, quien tiene derecho a decidir quién puede tener sus datos, para qué los usa, solicitar que los mismos sean exactos y que se utilicen para el fin que se recogen, con las excepciones contempladas en la legislación vigente. Para cualquier información relacionada con esta materia puede dirigirse al teléfono de información administrativa 012. Si usted tiene alguna sugerencia que permita mejorar este impreso le rogamos nos la haga llegar a la Consejería de Presidencia, D.G. de Calidad de los Servicios y Atención al Ciudadano.

Existe una plantilla de certificado eléctrico publicado por el Boletín Oficial del Estado, pero cada comunidad autónoma tiene un modelo propio de certificado de instalación, aunque las características básicas que debe recoger son prácticamente las mismas, variando el formato y algún tipo de información adicional. De manera genérica, puede establecerse que el **contenido genérico de un certificado de instalación eléctrica** es el siguiente:

- Datos referentes al titular de la instalación o representante del mismo.
- Datos referentes a la empresa instaladora.
- Certificación de la empresa instaladora.
- Datos referentes al instalador autorizado.
- Datos de la empresa distribuidora de energía eléctrica.
- Características generales de la instalación.
- Características técnicas de la instalación.
- Verificaciones por medidas y ensayos.
- Firma del instalador autorizado.

12.5.4. Tramitación de las instalaciones

Una vez ejecutada la instalación será el propio instalador eléctrico autorizado el encargado de aportar la documentación necesaria ante el organismo competente de la provincia donde se encuentre ubicada la instalación, el cual tramitará y legalizará dicha instalación, de manera que el titular pueda posteriormente realizar la solicitud del suministro eléctrico a la correspondiente empresa suministradora de energía eléctrica.

La documentación a aportar varía en función de cada comunidad autónoma y de si la instalación requiere tener asociado un proyecto eléctrico o memoria técnica de diseño. De manera genérica, puede establecerse que, en caso de instalaciones que precisen una **memoria técnica de diseño** para su legalización, se deberá aportar la siguiente documentación:

- Cinco copias del certificado de instalación eléctrica.
- Dos copias de la memoria técnica de diseño (modelo oficial de cada comunidad, incluyendo los planos y esquemas necesarios).
- Fotocopia del certificado de empresa instaladora.
- Anexo de información al usuario.
- Autorización del titular al instalador para tramitación de expediente.
- Fotocopia de la documentación personal del instalador y/o del titular cuando proceda.
- Justificantes de pagos y tasas.

En el supuesto de que la instalación requiera un **proyecto** para su legalización, se aportará, además de la documentación anterior (exceptuando la MTD), lo siguiente:

- Dos copias del proyecto redactado y firmado por un técnico titulado competente.
- Dos copias del certificado final de obra.
- Declaración responsable del proyecto y declaración responsable del certificado final de obra (solo en el supuesto de que ambos documentos no hayan sido visados por el colegio oficial respectivo).

Asimismo, y si el tipo de instalación lo requiere, se debe adjuntar adicionalmente la siguiente documentación, en función de cada caso:

- Memoria o proyecto de eficiencia energética cuando la potencia del alumbrado exterior supere los límites establecidos.
- Clasificación de zonas con riesgo de incendio o explosión y equipos y materiales utilizados, o proyecto de ventilación forzada para desclasificación de los volúmenes, para locales o industrias con riesgo de incendio o explosión.
- Descripción y características del segundo suministro. Suministro de socorro, reserva o duplicado para las instalaciones que así lo requieran por su potencia, uso o características.

12.5.5. Inspecciones iniciales y periódicas

Las instalaciones eléctricas en baja tensión de especial relevancia, en función de su uso y características, deberán ser objeto de inspección por un organismo de control, a fin de asegurar, en la medida de lo posible, el cumplimiento reglamentario a lo largo de la vida de dichas instalaciones.

Concretamente, en el caso de los automatismos industriales, la ITC-BT-05 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión establece que serán objeto de **inspección inicial** las instalaciones industriales que precisen proyecto, con una **potencia instalada superior a 100 kW**. Estas instalaciones deberán, asimismo, someterse a una **inspección periódica cada 5 años**.



SABÍAS QUE

Las inspecciones periódicas de instalaciones eléctricas de baja tensión cuya fecha de legalización fuese anterior a la entrada en vigor del REBT 2002, se acogerán a las disposiciones establecidas en el anterior reglamento, a pesar de que ya ha sido derogado. Se trata del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de 1973, aprobado en el Decreto 2413/1973, de 20 de septiembre.

El procedimiento de inspección a seguir para cada tipo de inspección viene determinado por la comunidad autónoma en la que se realice la inspección y por el organismo encargado de realizarla.

Por lo general, las mediciones y comprobaciones realizadas en una inspección inicial son las mismas que las que se realizan durante la inspección periódica correspondiente, llegado el momento de realizarla. Las diferencias se encuentran en el formato del acta que se emite una vez realizada la inspección.

El organismo de control realizará la inspección de las instalaciones en base a las prescripciones que establece la reglamentación en vigor y de lo especificado en la documentación técnica. La inspección puede tener tres posibles resultados:

- **Favorable:** cuando no se determine la existencia de ningún defecto muy grave o grave. Los posibles defectos leves se anotarán para constancia del titular, con la indicación de que deberá poner los medios para subsanarlos antes de la próxima inspección periódica.

En caso de inspecciones favorables iniciales se entrega al instalador el certificado de instalación eléctrica correspondiente a la instalación, con el cual se podrá contratar suministro eléctrico en la compañía eléctrica correspondiente. En el caso de inspecciones periódicas favorables se emite un certificado de inspección periódica con la validez establecida para los siguientes cinco años.

- **Condicionado:** cuando se detecte la existencia de, al menos, un defecto grave o defecto leve procedente de otra inspección anterior que no se haya corregido. En este caso, las instalaciones nuevas no podrán ser suministradas de energía eléctrica hasta que corrijan las deficiencias y puedan obtener la calificación de favorable.

A las instalaciones ya en servicio se les dará un plazo máximo de seis meses para subsanar los defectos.

- **Negativo:** cuando se observe uno o varios defectos muy graves. En este caso, las instalaciones nuevas no podrán entrar en servicio hasta que corrijan las deficiencias y puedan obtener la calificación de favorable. A las instalaciones ya en servicio se les emitirá un certificado negativo, que se remitirá inmediatamente al órgano competente de la comunidad autónoma.

12.5.6. Puesta en servicio de las instalaciones

Una vez legalizada la instalación, el instalador autorizado hará entrega de dos copias de certificado eléctrico de baja tensión al titular de la instalación, uno para sí mismo y otro para la compañía suministradora de energía eléctrica, tal como queda reflejado en el diagrama de la Figura 12.35.

Posteriormente, el encargado de solicitar el suministro energético lo hará mediante la presentación del certificado de instalación eléctrica debidamente legalizado en la correspondiente empresa suministradora.

Posteriormente, y para formalizar la solicitud del suministro eléctrico (véase Figura 12.36), será el titular de la instalación el encargado de presentar el certificado correspondiente a la compañía suministradora de energía eléctrica, que realizará las verificaciones, medidas y ensayos oportunos en cada caso, y en caso favorable, conectará la instalación a la red eléctrica de distribución.

En instalaciones de grandes dimensiones, además, resultará necesario que el instalador autorizado entregue a la compañía documentación adicional, como por ejemplo el esquema de la instalación de enlace.





IBERDROLA

SOLICITUD DE SUMINISTRO

Solicitante			
NOMBRE/RAZÓN SOCIAL		DNI/CIF	
Dirección del Solicitante			
MUNICIPIO		CP	
Calle/Plaza		Nº	
TFNO. FIJO		TFNO. MÓVIL	
		E-MAIL	

Representante			
NOMBRE/RAZÓN SOCIAL		DNI/CIF	
¿Actúa como Instalador?	Sí	No	
Dirección del Representante			
MUNICIPIO		CP	
Calle/Plaza		Nº	
TFNO. FIJO		TFNO. MÓVIL	
		E-MAIL	

Desco que toda la información relativa a este expediente se remita al:

Solicitante ☐ Representante ☐

DATOS DE LA SOLICITUD

INDIVIDUAL			
AUX. DE OBRAS		NUEVO SUMINISTRO	
MUNICIPIO		AMPLIACIÓN	
Calle/Plaza		CP	
POTENCIA		TENSIÓN	
OBSERVACIONES			

* Con el fin de cumplir con el Art. 12 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en las solicitudes de auxiliar de obra, y para cursar las mismas, se deberá aportar la siguiente información relativa al suministro definitivo: número de viviendas, grado de electrificación y planos y superficies de los locales comerciales definitivos de la edificación.

COLECTIVO	
VIVIENDAS EN FINCA	NÚMERO DE PORTALES (1)
VIVIENDAS UNIFAMILIARES (2)	
NAVES INDUSTRIALES (3)	

- (1) Se acompañará un ANEXO I por cada uno de los portales
 (2) Se acompañará un ANEXO II o ANEXO II - a
 (3) Se acompañará un ANEXO III o ANEXO III - a

** Se informa que, según legislación vigente, caso que su petición supere los 100 kW en casco urbano, tiene la obligación de reservar un local para posible ubicación de centro de transformación.

*** En documento aparte se indica la documentación necesaria e imprescindible para realizar el alta efectiva de la solicitud.

**** Se indica la documentación necesaria para la contratación final del suministro.

El presente Impreso cumplimentado, junto con la documentación a aportar, se puede entregar por las siguientes vías:

- 1) Dirección de mail - acometidascaceres@iberdrola.es
acometidastadajoz@iberdrola.es
- 2) Direcciones postales IBERDROLA, S.A. - CPD C/ PERIODISTA SANCHEZ ASENSIO, 1, 10002 - CACERES
- 3) O entrega física en Punto IBERDROLA de Cáceres, Plasencia o Navalmoral de la Mata

Firma Solicitante:

Teléfono Cliente 901-20 20 20

Actividades de comprobación

- 12.1. La reparación de una avería forma parte del
 - a) Mantenimiento preventivo.
 - b) Mantenimiento correctivo.
 - c) Mantenimiento preventivo.
- 12.2. ¿Cómo debe conectarse un amperímetro?
 - a) En serie.
 - b) En paralelo.
 - c) Depende del circuito.
- 12.3. ¿Cómo debe conectarse un polímetro?
 - a) En serie.
 - b) En paralelo.
 - c) Depende de la magnitud eléctrica que se desee medir.
- 12.4. ¿Cuál de las siguientes magnitudes no es capaz de medir un polímetro o multímetro convencional?
 - a) Tensión.
 - b) Continuidad.
 - c) Potencia.
- 12.5. ¿Qué instrumento podemos utilizar para medir la potencia eléctrica en un circuito?
 - a) Un vatímetro.
 - b) Un luxómetro.
 - c) Una pinza amperimétrica.
- 12.6. Existe un aparato de medida que permite verificar de forma rápida si un componente de la instalación eléctrica se encuentra en tensión. ¿Cómo se denomina?
 - a) Analizador de redes.
 - b) Osciloscopio.
 - c) Buscapolos.
- 12.7. El proceso de tramitación y legalización de las instalaciones eléctricas, ¿es idéntico en todas las comunidades autónomas?
 - a) Sí, ya que lo establece el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
 - b) Sí, pero solo en el territorio peninsular.
 - c) No, depende de cada comunidad autónoma.
- 12.8. ¿Cuál de los siguientes equipos o herramientas no le resultaría necesario a un instalador o mantenedor de instalaciones eléctricas de baja tensión?
 - a) Telurómetro.
 - b) Simulador de frecuencia intermedia.
 - c) Medidor de resistencias de bucle.
- 12.9. De entre las siguientes opciones, selecciona lo que nunca habría que hacer durante las tareas de mantenimiento en una instalación de automatismos industriales:
 - a) Limar o engrasar los contactos de la aparamenta.
 - b) Limpiar los laterales de la cámara apagachispas de los contactores (rascándolos).
 - c) Comprobar el estado y funcionamiento de todos los enclavamientos mecánicos y eléctricos.
- 12.10. Una vez detectado el origen de una avería, ¿cómo debe actuar el técnico encargado de proceder a la reparación de la misma?
 - a) Comprobar visual o funcionalmente el defecto, reparar el elemento dañado o sustituirlo por otro de las mismas características, desconectar el circuito afectado y verificar la ausencia de peligro para las personas o las instalaciones y reponer la tensión y comprobar el normal funcionamiento de la instalación.
 - b) Comprobar visual o funcionalmente el defecto, desconectar el circuito afectado y verificar la ausencia de peligro para las personas o las instalaciones, reparar el elemento dañado o sustituirlo por otro de las mismas características y reponer la tensión y comprobar el normal funcionamiento de la instalación.
 - c) Desconectar el circuito afectado y verificar la ausencia de peligro para las personas o las instalaciones, comprobar visual o funcionalmente el defecto, reparar el elemento dañado o sustituirlo por otro de las mismas características y reponer la tensión y comprobar el normal funcionamiento de la instalación.

Actividades de aplicación

- 12.1. Enumera las obligaciones de los instaladores autorizados en baja tensión.
- 12.2. Enumera brevemente los pasos o requisitos a llevar a cabo para poder trabajar como instalador electricista autorizado de categoría especialista.
- 12.3. ¿Qué ocurriría si el interior de una pinza amperimétrica es atravesado por más de un conductor o por una manguera eléctrica?
- 12.4. ¿Qué es un multímetro? ¿Qué es un comprobador de instalaciones? ¿Qué es un analizador de redes? Explica brevemente las mediciones que es posible llevar a cabo con cada uno de ellos.
- 12.5. ¿Para qué tipo de labores de mantenimiento resulta muy útil una cámara termográfica? ¿Es obligatorio que un instalador o mantenedor de baja tensión disponga de este equipo?
- 12.6. Define brevemente los posibles tipos de mantenimiento existentes, poniendo un ejemplo de tareas desempeñadas en cada uno de ellos.
- 12.7. Enumera tres tareas de mantenimiento preventivo y tres tareas de mantenimiento correctivo que asociarías con las instalaciones de automatismos industriales.
- 12.8. Enumera las tareas básicas de mantenimiento a llevar a cabo en instalaciones de automatismos industriales.
- 12.9. Explica las tareas básicas de mantenimiento a llevar a cabo en motores eléctricos.
- 12.10. Enumera las anomalías y averías tipo más frecuentes asociadas a los componentes y dispositivos característicos de las instalaciones de automatismos industriales.
- 12.11. Expón brevemente todos los trámites necesarios para legalizar la instalación eléctrica de una industria de 170 kW de potencia en tu localidad, indicando en qué grupo se encontraría clasificada la instalación, así como toda la documentación técnica que deberías aportar.
- 12.12. Resume brevemente el proceso de distribución de las cinco copias de un certificado de instalación eléctrica.

Casos prácticos

- 12.1. Para llevar a cabo las labores de montaje y mantenimiento de las instalaciones eléctricas, es necesario saber realizar adecuadamente mediciones con el polímetro. A continuación vamos a analizar los pasos necesarios para llevar a cabo correctamente mediciones de resistencia y tensión con este dispositivo.

Medición de continuidad y resistencia en bornes de un motor

- a) Coloca las puntas de prueba del polímetro tal y como se muestra en la siguiente imagen:



- b) Selecciona en la ruleta la opción de *medición de continuidad*.
- c) Une las puntas de prueba. Debe sonar un pitido y el polímetro marcará un valor de resistencia muy bajo. Acabas de comprobar la continuidad entre las puntas de prueba.
- d) Selecciona en la ruleta la opción de *resistencia*.
- e) Comprueba el valor de resistencia de un fusible, un trozo de cable, una clema de conexión, la bobina de un contactor y varios contactos auxiliares de tipo NO y NC, reduciendo o aumentando el fondo de escala hasta que se muestre un valor válido.
- f) A continuación, realiza la medición de la resistencia entre los bornes de un motor trifásico para la conexión estrella-triángulo. Anota los resultados obtenidos.

Bornes medidos	Valor de la resistencia
U1-V1	
U1-W1	
U1-U2	
U1-V2	
U1-W2	
V1-W1	
V1-U2	
V1-V2	
V1-W2	
W1-U2	
W1-V2	
W1-W2	

- g) Analiza los resultados obtenidos y compáralos con el resto de tus compañeros. ¿Encontráis alguna variación entre todas las medidas obtenidas?
- h) Explica los resultados obtenidos al medir en bornes del motor. ¿Has obtenido los valores que esperabas?

Medición de tensión

- a) Coloca las puntas de prueba del polímetro tal y como se muestra en la siguiente imagen:



- b) Selecciona en la ruleta la opción de *tensión en corriente alterna*, ubicando el fondo de escala en el **valor más elevado**, para evitar dañar el instrumento de medida.
- c) Comprueba el valor de tensión de la base de toma de corriente, reduciendo el fondo de escala hasta que se muestre un valor válido. Recuerda que para realizar mediciones de circuitos en tensión debes extremar las medidas de seguridad.

- d) Anota los resultados obtenidos y compáralos con el resto de tus compañeros. ¿Encontráis alguna variación entre todas las medidas obtenidas?

- 12.2. Analiza la siguiente imagen y responde a las preguntas que se exponen a continuación:



- a) ¿Qué tipo de equipo de medida se muestra en la imagen?
- b) ¿Cuál es su principio de funcionamiento?
- c) ¿Para qué se utiliza?
- d) ¿En qué labores de mantenimiento puede resultar de utilidad?
- e) ¿Qué ocurriría si por el interior del equipo de medida expuesto discurren dos cables?

- 12.3. Elabora un manual de mantenimiento referente a una instalación de puesta a tierra en un edificio de viviendas. El contenido mínimo del manual debe ser el siguiente:

- Precauciones, prescripciones y prohibiciones asociadas.
- Mantenimiento a llevar a cabo por el usuario de la instalación.
- Mantenimiento a llevar a cabo por el profesional cualificado.

- 12.4. Busca en Internet información acerca de si la delegación provincial de industria correspondiente a tu lugar de residencia permite realizar tramitaciones telemáticas de las instalaciones eléctricas, y en caso afirmativo, qué requisitos y documentos deben presentarse.

Seguridad, prevención de riesgos y protección ambiental



Las instalaciones eléctricas, y más específicamente las relacionadas con los automatismos industriales, suponen un riesgo potencial para las personas que las utilizan o trabajan en ellas.

En esta unidad se estudiarán los criterios, técnicas, materiales y equipos que es necesario conocer para garantizar la seguridad y prevención de riesgos laborales en los trabajos de montaje, mantenimiento y uso de las instalaciones eléctricas industriales, asegurando, en todo momento, que se cumplen los requisitos de protección del entorno medioambiental.

13

Contenidos

- 13.1. Prevención de riesgos laborales
- 13.2. El riesgo eléctrico
- 13.3. Equipos, materiales y dispositivos de seguridad
- 13.4. Métodos de trabajo en las instalaciones eléctricas
- 13.5. Medidas de protección ambiental

Objetivos

- Dar a conocer el concepto de prevención de riesgos laborales.
- Definir las situaciones de riesgo más importantes a las que pueden verse expuestos los usuarios de las instalaciones eléctricas.
- Analizar e identificar los equipos, materiales y dispositivos de seguridad presentes en las instalaciones eléctricas industriales.
- Dar a conocer la prevención de riesgos laborales, así como los métodos de trabajo en instalaciones eléctricas y en altura.
- Establecer las medidas y pautas básicas de protección ambiental.

13.1. Prevención de riesgos laborales

El marco general en materia de prevención de riesgos laborales conlleva la necesidad de desarrollar una política de protección de la salud mediante actuaciones dirigidas a la promoción de la mejora de las condiciones de trabajo, para elevar así el nivel de seguridad de los trabajadores.

El artículo 40.2 de la Constitución Española encomienda a los poderes públicos velar por la seguridad e higiene en el trabajo. Este mandato constitucional unido a los compromisos contraídos por el Estado con la Organización Internacional del Trabajo sobre seguridad y salud de los trabajadores y las Directivas desarrolladas por la Unión Europea sobre el estudio y tratamiento de la prevención de los riesgos derivados del trabajo, siendo la más significativa la *Directiva 89/391/CEE, relativa a la aplicación de las medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo*, promovieron la creación de una serie de disposiciones legales de entre las que destacan fundamentalmente las siguientes:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de **Prevención de Riesgos Laborales** (LPRL), que define el marco en el que habrán de desarrollarse las distintas acciones preventivas cuyo objetivo es el de mejorar progresivamente las condiciones de trabajo.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el **Reglamento de los Servicios de Prevención**, que aborda los planes de prevención de riesgos laborales y la evaluación de los riesgos laborales en función del tamaño de cada empresa y de la peligrosidad de las actividades desarrolladas en la misma.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los **lugares de trabajo**.
- Real Decreto 487/1997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas.

- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las **obras de construcción**.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al **riesgo eléctrico**.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifica el Reglamento de los servicios de prevención.

En lo referente al entorno normativo relacionado con la prevención de riesgos laborales, destacan las **guías técnicas** desarrolladas por el **Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo** (INSHT), a través de las cuales se pretende ofrecer una interpretación adecuada, orientativa y no vinculante de todos los reglamentos derivados de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

13.1.1. Obligaciones generales del empresario

El empresario adoptará las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores o, si ello no fuera posible, para que tales riesgos se reduzcan al mínimo, transmitiendo a su personal el contenido de estas medidas en todo aquello que les pueda afectar.

En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas, en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

El empresario debe elaborar y conservar la documentación específica referente a prevención de riesgos laborales, que se estructura en:

- a) Plan de prevención de riesgos laborales.
- b) Evaluación de los riesgos para la seguridad y la salud en el trabajo, incluido el resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores.



Figura 13.1. Estructura del sistema de prevención de riesgos laborales.

- c) Planificación de la actividad preventiva, incluidas las medidas de protección y de prevención a adoptar y, en su caso, material de protección que deba utilizarse.
- d) Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores y conclusiones obtenidas de los mismos.
- e) Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

13.1.2. Derechos y obligaciones de los trabajadores

Cada trabajador debe velar tanto por su propia seguridad y salud en el trabajo, como por la de aquellas personas a las que pueda afectar su actividad profesional, de acuerdo con su formación y con las instrucciones del empresario. Concretamente, a los trabajadores les corresponden los siguientes **deberes**:

- Usar adecuadamente las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y cualquier otro medio con el que desarrolla su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección entregados de forma correcta.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad relacionados con su actividad.
- Informar de inmediato a su superior y a los trabajadores designados para realizar las actividades de protección y prevención acerca de cualquier situación que entrañe un riesgo para la seguridad, pudiendo interrumpir la actividad si esta constituyera un peligro para la salud y la seguridad de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente con el fin de proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Cooperar con el empresario para que pueda garantizar unas condiciones de trabajo que sean seguras y exentas de riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores.

Los empleados tienen también derechos en materia de prevención laboral que el empresario debe garantizar, asegurando que el trabajo se realice en un entorno seguro y saludable. Concretamente, a los trabajadores les corresponden los siguientes **derechos**:

- Ser informado sobre los riesgos para la seguridad y salud derivados de su puesto de trabajo, las medidas

de protección y prevención asociadas a dichos riesgos así como las medidas a adoptar ante situaciones de emergencia.

- Disponer de los equipos de trabajo y medios de protección individual adecuados a su puesto de trabajo.
- Disponer de las medidas de emergencia acordes al tamaño y actividad de la empresa.
- Paralizar su actividad e incluso abandonar su lugar de trabajo en caso de riesgo grave e inminente.
- Disponer de las medidas de vigilancia y control de la salud en función de los riesgos, con la realización de reconocimientos médicos periódicos
- Ser consultados y participar en aquellas cuestiones en materia de prevención de riesgos laborales que afecten a la seguridad y la salud.
- Protección de la maternidad.
- Protección de los trabajadores que por sus propias características personales sean especialmente sensibles a determinados riesgos derivados del trabajo.

13.1.3. Prevención de riesgos laborales en los procesos de montaje y mantenimiento

Un riesgo potencial queda definido como la severidad de los daños vinculados a un peligro determinado multiplicada por su probabilidad de ocurrencia.



Figura 13.2. Definición genérica de riesgo.

Para valorar los riesgos asociados a una determinada actividad y dar cumplimiento a toda la legislación vigente referida a seguridad, salud y riesgos laborales, resulta necesario elaborar un **plan de prevención de riesgos laborales** en el que se analicen las normas de seguridad aplicables, se identifiquen los riesgos laborales que pueden ser evitados (especificando las medidas técnicas necesarias para evitar dichos riesgos) y se elabore una relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse, indicando su probabilidad y gravedad así como las medidas preventivas y protecciones técnicas para controlarlos, evaluando finalmente la eficacia de las soluciones propuestas.

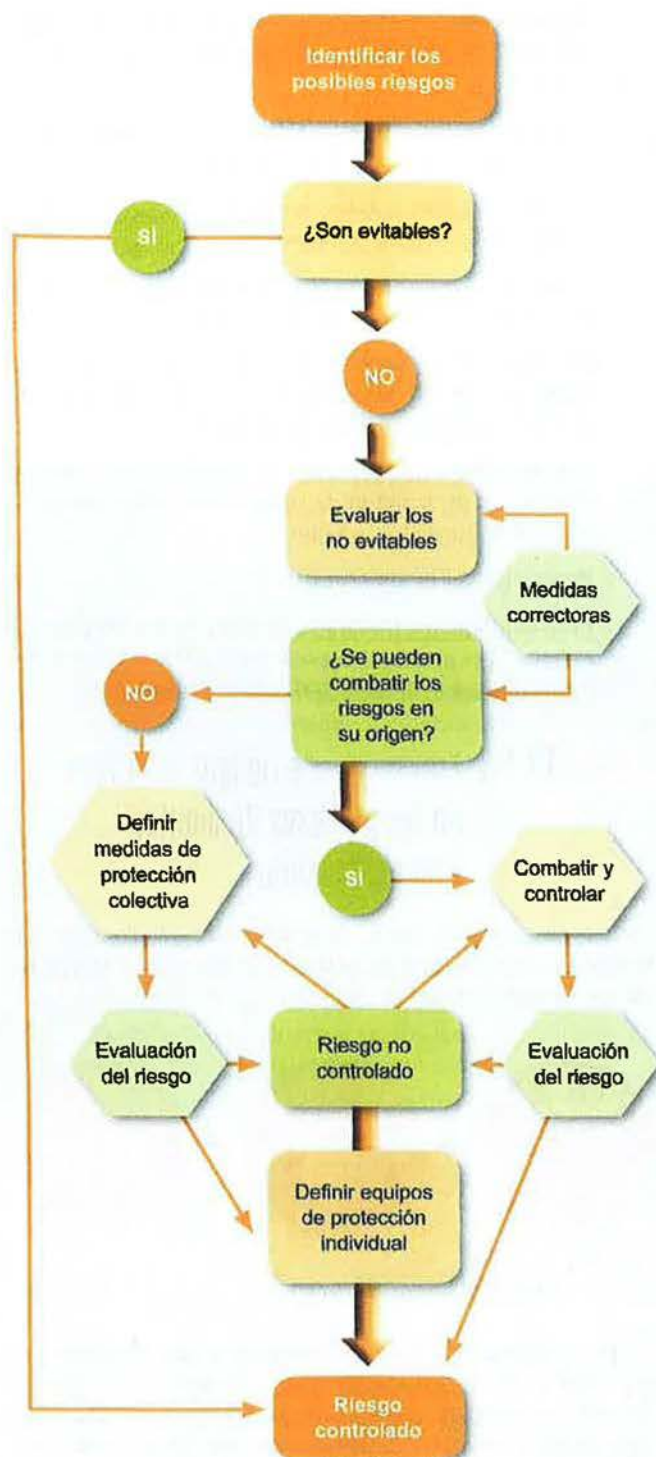


Figura 13.3. Proceso de análisis e identificación de riesgos.

Los principales riesgos laborales asociados a las tareas de montaje y mantenimiento de instalaciones eléctricas en entornos industriales que pueden afectar a la seguridad y salud de los trabajadores se muestran en la Tabla 13.1:

Tabla 13.1. Riesgos laborales derivados de los procesos de montaje y mantenimiento en instalaciones de automatismos industriales.

Tipo de riesgo	Causa más probable
Riesgo de caídas a distinto nivel	Uso de escaleras manuales y trabajos en azoteas y tejados
Riesgo de caídas al mismo nivel	Cables y materiales diversos en zonas de paso, rachas de viento o superficies mojadas
Riesgo de caídas de objetos suspendidos o desprendidos	Uso de herramientas manuales, materiales y equipos eléctricos portátiles
Riesgo de corte	Uso de herramientas manuales, materiales y equipos eléctricos portátiles
Riesgo de exposición a contactos eléctricos en baja tensión	Utilización de corriente eléctrica para diferentes aplicaciones
Riesgo de exposición a contactos eléctricos en alta tensión	Utilización de corriente eléctrica o proximidad a instalaciones eléctricas
Riesgo de incendios	Utilización de corriente eléctrica o materiales inflamables
Riesgo de pisada sobre objetos	Desplazamiento en las zonas en obras o donde se está realizando la instalación
Golpes y choques contra objetos inmóviles	Desplazamiento en las zonas en obras o donde se está realizando la instalación
Riesgo de atrapamiento	Acceso a zonas en mal estado
Riesgo de atropellos o golpes con vehículos	Desplazamientos hacia las instalaciones o almacenes de material
Riesgo de sobreesfuerzos	Manejo manual de cargas
Proyección de fragmentos o partículas	Corte de cables metálicos, perfiles, tubos con radial o realización de taladros
Exposición a condiciones atmosféricas adversas	Montaje de instalaciones en el exterior
Exposición a radiaciones no ionizantes	Existencia de radiofrecuencias en las instalaciones de antenas
Inhalación, ingestión o contacto con sustancias químicas nocivas utilizadas en los procesos de instalación	

Las reglas generales de actuación para la prevención de los riesgos laborales expuestos en la tabla anterior son las siguientes:

- Identificar los posibles riesgos y el nivel de peligrosidad del puesto de trabajo.
- Identificar las causas más frecuentes de accidente en la manipulación de materiales y herramientas.
- Determinar las medidas de seguridad y protección que se deben adoptar en la ejecución de tareas de montaje y mantenimiento.
- Hacer uso de los materiales y equipos de protección individual adecuados en función del tipo de trabajo.
- Utilizar los equipos y máquinas eléctricas respetando las normas de seguridad.
- Respetar las medidas preventivas, señalización, recomendaciones y prohibiciones de uso.
- Mantener el orden y limpieza de instalaciones y equipos.
- Llevar a cabo un adecuado mantenimiento de los equipos y materiales.



Figura 13.4. Respetar las prohibiciones de uso es una medida de prevención de riesgos laborales.

13.1.4. El plan de prevención de riesgos laborales

El plan de prevención de riesgos laborales es aquel documento que debe dar cumplimiento a toda la legislación vigente referente a seguridad, salud y riesgos laborales.

Dicho documento debe especificar los siguientes aspectos:

- Normas de seguridad aplicables en la obra.
- Identificación de los riesgos laborales que pueden ser evitados.
- Medidas técnicas necesarias para evitar dichos riesgos.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse, indicando su probabilidad y gravedad.

- Medidas preventivas, medidas de organización y protecciones técnicas para controlar y reducir riesgos.
- Valoración de la eficacia de las medidas propuestas.
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar los previsibles trabajos posteriores.



SABÍAS QUE

El objetivo básico de todo plan de prevención de riesgos laborales es certificar que se cumplan los supuestos mínimos de la ley de prevención de riesgos laborales.

Para llevar a cabo una adecuada **identificación de riesgos y prevención de los mismos**, todo plan de prevención laboral estará basado en un método de análisis que estime los niveles de riesgo con respecto a su probabilidad estimada en relación con la severidad de las consecuencias esperadas.

Tabla 13.2. Relación estimada de probabilidad-severidad.

	Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
Probabilidad baja	Trivial	Riesgo tolerable	Riesgo moderado
Probabilidad media	Riesgo tolerable	Riesgo moderado	Riesgo importante
Probabilidad alta	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable

Tal como puede apreciarse en la tabla anterior, las probabilidades de riesgo pueden clasificarse en tres niveles distintos (alta, media o baja) que dependerán del propio riesgo así como de la tarea a desempeñar y de la zona de trabajo. En lo que respecta al posible daño producido como consecuencia de la severidad del riesgo, estos pueden clasificarse en ligeramente dañinos (cuando son **leves**), dañinos (cuando son **graves**) o extremadamente dañinos (cuando son **muy graves**).

De esta evaluación probabilidad-severidad se deducirá si cada uno de los riesgos puede ser considerado como trivial, tolerable, moderado, importante o intolerable, definiéndose las medidas de organización y protección necesarias para evitarlos o disminuir su severidad.

A continuación, en la Tabla 13.3, se muestra un ejemplo de plan de prevención de riesgos laborales para instaladores electricistas de baja tensión en el que se analiza, estudia y desarrolla los aspectos fundamentales de un estudio básico de seguridad y salud en función del grado de riesgo y su posible prevención.

Tabla 13.3 Estudio de prevención de riesgos laborales para instaladores electricistas en baja tensión.

Riesgo	Val. prob.	Val. grav.	Medidas de organización y sistemas colectivos	EPI
Caídas a distinto nivel	Probabilidad media	Grave	<ul style="list-style-type: none"> Retirar todos los elementos, usados como apoyo para subir, que no reúnan suficiente estabilidad (sillas, cajas...) Las escaleras de mano estarán provistas de zapatas, puntas de hierro, grapas u otro mecanismo antideslizante, o de ganchos de sujeción en la parte superior, que aseguren la estabilidad Suba y baje de la escalera de frente a ella, nunca de espaldas, y utilice calzado antideslizante homologado (con marcado CE) Las herramientas o materiales que están utilizando durante el trabajo en una escalera manual nunca se dejarán sobre los peldaños, sino que se colocarán en una bolsa sujeta a la escalera, colgada en un hombro o sujeta a la cintura. No transporte ni manipule cargas por o desde escaleras de mano cuando su peso o dimensiones puedan comprometer su seguridad. No se incline para alcanzar lugares apartados lateralmente, ni mueva la escalera estando subido/a a ella. Baje y coloque nuevamente la escalera en lugar apropiado Nunca pase de un lado a otro de una escalera de tijera por su parte superior, ni trabaje sobre ella a "caballo". Nunca mueva la escalera de mano con un trabajador/a sobre ella y no la utilice conjuntamente con un segundo operario/a Antes de utilizar una escalera, revise que los peldaños y sus zapatos estén limpios, en especial de grasas, aceite, ceras o cualquier otra sustancia resbaladiza 	
Caídas al mismo nivel	Probabilidad baja	Leve	<ul style="list-style-type: none"> Mantener la limpieza y el orden dentro de la obra Utilizar los pasos y vías existentes 	<ul style="list-style-type: none"> Calzado con suela antideslizante
Golpes, cortes y pinchazos con herramientas o materiales	Probabilidad alta	Leve	<ul style="list-style-type: none"> Utilizar para cada trabajo la herramienta adecuada Mantener las herramientas limpias y en perfecto estado de uso, revisar que los mangos no estén flojos ni mal ajustados, desechar las defectuosas Las que sean cortantes y punzantes se guardarán en fundas adecuadas, nunca en los bolsillos Mantener los bancos de trabajo limpios y ordenados y las herramientas alojadas en fundas adecuadas 	<ul style="list-style-type: none"> Guantes de cuero Calzado de seguridad
Sobreesfuerzos	Probabilidad media	Leve	<ul style="list-style-type: none"> Cuando haya que manipular cargas elevadas, se utilizarán los equipos auxiliares adecuados Si no es posible, se manipularán las cargas entre varias personas Se instruirá al personal sobre los métodos correctos de manipulación de cargas 	<ul style="list-style-type: none"> Fajas antilumbago
Caídas de objetos	Probabilidad media	Leve	<ul style="list-style-type: none"> Evitar dejar objetos abandonados por el suelo Utilizar cinturones portaherramientas Instalar plataformas que limiten la caída de objetos y que protejan los tajos inferiores 	<ul style="list-style-type: none"> Casco de protección

Riesgo	Val. prob.	Val. grav.	Medidas de organización y sistemas colectivos	EPI
Electrocución durante las pruebas de la instalación	Probabilidad media	Muy grave	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar como último cableado el que vaya del cuadro general al de la compañía suministradora y mantener los mecanismos necesarios para esta instalación en lugar seguro hasta su montaje, evitando así conexiones accidentales de la red • Antes de hacer entrar en carga la instalación, realizar una inspección de las conexiones de los mecanismos, protecciones y empalmes • Antes de hacer entrar en carga la instalación, comprobar la existencia de la banqueta de maniobras, extintores de polvo químico seco y botiquín • Se efectuará la prueba para comprobar si los automáticos (disyuntores) funcionan y "cortan" con la intensidad prevista. Esta prueba se llevará a cabo estando bajo tensión pero sin carga • Los electricistas encargados de la instalación, montaje y pruebas estarán en posesión del correspondiente carné profesional 	<ul style="list-style-type: none"> • Guantes aislantes • Calzado de protección con suela aislante
Electrocución durante los trabajos	Probabilidad baja	Muy grave	<ul style="list-style-type: none"> • Durante las reparaciones se debe colocar en el interruptor principal un cartel "NO TOCAR-PELIGRO-PERSONAS TRABAJANDO". Si es posible, se cerrará con un candado el interruptor o se quitarán los fusibles • Antes de utilizar cualquier aparato o instalación eléctrica, hay que asegurarse de su perfecto estado (cables, clavijas, carcasas de protección, etc.). Trabajar con cuidado de no dañar estos elementos • Los cuadros de protección serán normalizados. Los cuadros eléctricos metálicos tendrán las carcasas puestas a tierra, estarán señalizados con "Peligro. Electricidad" o aviso similar • La toma de corriente de los cuadros se hará mediante clavijas normalizadas, tanto en la clavija "hembra" como en la «macho» • La tensión siempre estará en la clavija "hembra" • El neutro de la instalación o grupo estará puesto a tierra • Los cables de colores amarillos y verdes solo se emplearán para la toma de tierra • Seguir las instrucciones de uso dictadas por el fabricante • El circuito al cual se conecten las herramientas debe estar protegido por un interruptor diferencial de 0,03 A de sensibilidad • Si se usan cables de extensión, las conexiones se harán comenzando por la máquina y siguiendo hacia la toma de corriente • No utilizar máquinas eléctricas si se tienen las manos o los pies mojados, o si la propia máquina está mojada • Proteger con material aislante normalizado todas las herramientas que vayan a utilizar los instaladores • Si se trabaja en ambientes húmedos, asegurarse de que se utilizan aparatos con las condiciones de protección indicadas para estos casos en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión 	<ul style="list-style-type: none"> • Guantes aislantes • Calzado de protección con suela aislante

13.1.5. Coordinador en materia de seguridad y salud

El plan de prevención de riesgos laborales deberá ser aprobado, antes del inicio de cualquier obra, por el coordinador en materia de seguridad y salud. Asimismo, y durante la ejecución de la obra, el coordinador en materia de seguridad y salud deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y los trabajadores apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

Quienes intervienen en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas.

13.2. El riesgo eléctrico

El riesgo eléctrico ha quedado definido en unidades previas como la posibilidad de que una persona o animal sufra una determinada lesión producida por el efecto nocivo de la energía eléctrica.

Dado que las instalaciones de automatismos industriales utilizan la electricidad para el correcto funcionamiento de todos sus componentes, es necesario tener en cuenta este factor de riesgo así como conocer y aplicar las medidas de seguridad necesarias a la hora de realizar trabajos de montaje y mantenimiento.



Figura 13.5. Señal de advertencia de riesgo eléctrico.

Las situaciones de peligro asociadas a las instalaciones eléctricas pueden desencadenarse como consecuencia de:

- **Contactos eléctricos** en personas y animales, que pueden ser de tipo directo o indirecto:
 - **Contacto directo:** contactos con los conductores activos (fases o neutro) o piezas metálicas de la instalación normalmente en tensión.
 - **Contacto indirecto:** contactos de las personas con partes metálicas que accidentalmente se han puesto bajo tensión (*masas*) como consecuencia de un defecto de aislamiento.

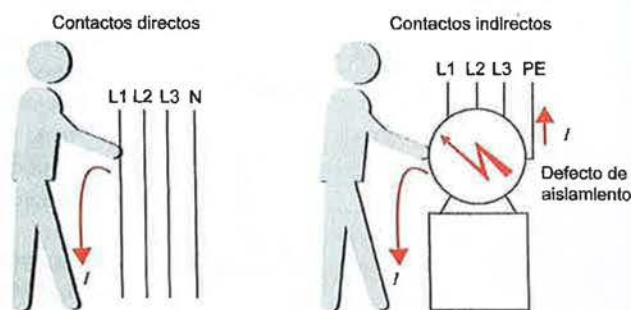


Figura 13.6. Contactos directos e indirectos.

- **Incendios y explosiones** en materiales y equipos producidos por cortocircuitos, chispas por malos contactos, sobrecargas muy elevadas en los dispositivos eléctricos y conductores que acaban quemando el aislante o cualquier material inflamable cercano, sobretensiones, contactos defectuosos o derivaciones.



SABÍAS QUE

Una corriente eléctrica de tan solo 5 mA, aplicada durante más de 2 segundos, es suficiente para producir contracciones musculares en el cuerpo de un adulto.

De los principales motivos que exponen a los usuarios de las instalaciones eléctricas a los diferentes riesgos, destacan los siguientes:

- Falta de mantenimiento adecuado.
- Imprudencia, falta de atención.
- Desgaste y rotura del aislamiento.
- Flexión excesiva o abrasión de los cables de conexión.
- Contacto accidental.
- Condiciones de temperatura o humedad nocivas para los equipos.

13.2.1. Efectos de la electricidad sobre el organismo

Un **choque eléctrico** es el efecto resultante del paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano o de un animal, tras producirse un contacto eléctrico directo o indirecto. Las consecuencias que un choque eléctrico puede provocar en el organismo dependen del valor de la **intensidad** de corriente, del valor de la **tensión** y del **tiempo** de exposición o de contacto. También influye la trayectoria que sigue la corriente por el cuerpo y si es de tipo alterna o continua.

Dependiendo de estos factores, los efectos que puede sufrir una persona tras un choque eléctrico son los siguientes:

- Pequeña percepción, cosquilleo y ligeros calambres.
- Enrojecimiento de la piel.
- Contracciones musculares que dificultan la respiración.
- Alteración del ritmo cardíaco.
- Caídas y golpes.
- Fibrilación ventricular y parada cardíaca.
- Parada respiratoria.
- Quemaduras y hemorragias.
- Fallecimiento.

El gráfico de la Figura 13.7 proporciona información sobre los efectos que produce en el cuerpo humano la circulación de una corriente eléctrica, en función de su magnitud y del tiempo de exposición.

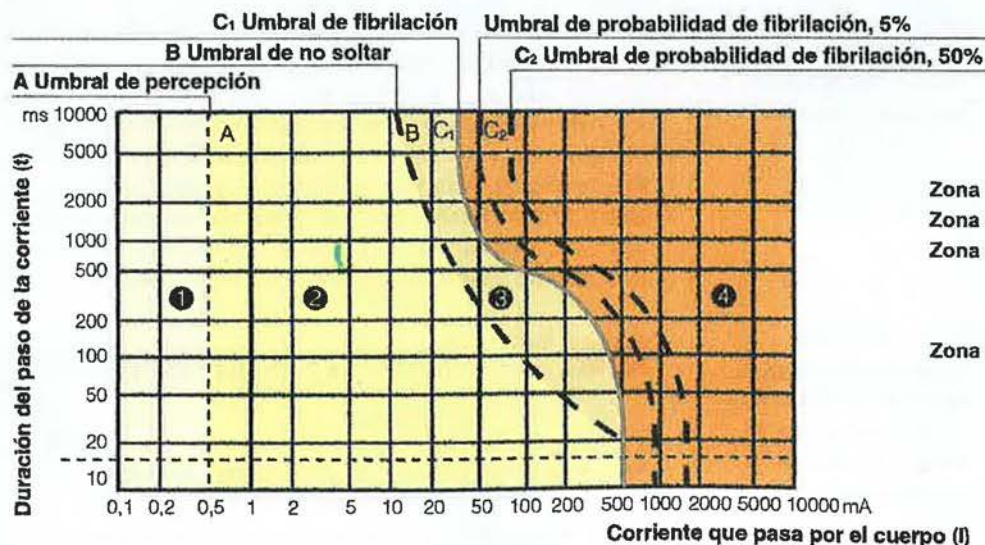


Figura 13.7. Efectos de la electricidad en el organismo. (Cortesía de Schneider Electric.)



RECUERDA

El valor de la intensidad eléctrica que se considera umbral de seguridad para una persona es igual a 30 mA (0,03 A).

Actividad propuesta 13.1

Analiza el gráfico mostrado en la Figura 13.7 y establece la **zona segura** o valor límite de intensidad a partir de la cual podrían producirse daños irreversibles en una persona como consecuencia de una descarga eléctrica.

¿Crees que esta zona segura tiene algo que ver con que la normativa actual referente a instalaciones eléctricas establezca un tiempo límite de actuación de 310 milisegundos para los interruptores diferenciales de 30 mA?

13.2.2. Respuesta ante un accidente eléctrico: primeros auxilios

Para socorrer a una persona que está sufriendo una descarga eléctrica es necesario conocer las pautas básicas de actuación, que aplicadas adecuadamente, pueden llegar a salvar vidas. Estas son:

- **Nunca hay que tocar a una persona que está sufriendo una descarga eléctrica.**
- Debe desconectarse la fuente de tensión o el interruptor automático que alimenta al circuito donde se ha producido el accidente.

- Zona 1:** Ninguna reacción.
- Zona 2:** Efectos no peligrosos.
- Zona 3:** Daños reversibles (contracción muscular, fibrilación, dificultad para respirar, parada cardíaca temporal, etc.).
- Zona 4:** Daños muy graves o irreversibles (parada cardíaca, parada respiratoria, quemaduras severas, etc.).

- Si no es posible desconectar la alimentación se separará a la persona de la instalación eléctrica mediante un material aislante (madera, cuerda, etc.).
- Tras comprobar que el accidentado ya no se encuentra bajo contacto eléctrico, hay que avisar a los servicios de emergencia (médico, policía y bomberos) informando de que se trata de un accidente eléctrico.
- En caso de electrocución por alta tensión, es necesario contactar con un especialista que cuente con los medios de protección adecuados.

Los choques eléctricos pueden producir una parada cardíaca o la asfixia, en cuyo caso habría que proceder a realizar la **respiración de salvamento**, tal como se indica a continuación, hasta que la víctima sea atendida por personal sanitario.

Tabla 13.4. Respiración de salvamento.

	<p>1. Colocar a la víctima tumbada, en posición horizontal y reclinar su cabeza hacia atrás comprobando que la lengua no obstruya el paso del aire.</p>
	<p>2. Tras liberar las vías respiratorias, si la víctima no mejora, debe realizarse la respiración boca a boca.</p>
	<p>3. Aplicar, junto con la respiración boca a boca, la técnica del masaje cardíaco comprimiendo el tórax del afectado a un ritmo de 60 veces por minuto.</p>

13.2.3. Accidentado en llamas

Es posible que se produzcan incendios en las instalaciones eléctricas como consecuencia de un defecto de aislamiento o una descarga eléctrica.

En caso de que alguna persona resulte afectada por las llamas es necesario seguir las siguientes indicaciones:

1. Cubrir al accidentado con una manta o chaqueta.
2. Enfriar con agua el cuerpo de la víctima.
3. No retirar la ropa del cuerpo en las zonas afectadas por las llamas.
4. Avisar a los servicios de emergencia (médico, policía y bomberos) y trasladar a la víctima con urgencia.



RECUERDA

No se debe tocar a una persona que está sufriendo una descarga eléctrica, pues la electricidad nos afectaría a nosotros también.

13.3. Equipos, materiales y dispositivos de seguridad

Los elementos, equipos y dispositivos de seguridad asociados al entorno de trabajo tienen el objetivo de prevenir o evitar las consecuencias de una situación de peligro que pueda afectar a las personas o a las instalaciones. Las medidas y dispositivos de seguridad asociados al ámbito laboral son, por ejemplo, la señalización de riesgos, las alarmas acústicas y luminosas, el uso de equipamiento adecuado, etc.

Para garantizar el máximo nivel de seguridad a la hora de realizar trabajos en instalaciones de automatismos industriales, todos los operarios deben utilizar una serie de materiales, herramientas y equipos de protección individual con el objetivo de minimizar los riesgos laborales. Además, para cumplir este objetivo de seguridad, será también conveniente (y en algunos casos obligatorio) el uso de dispositivos electrónicos de seguridad asociados a la propia instalación eléctrica.

13.3.1. Materiales y equipos de protección individual

Se define como **Equipo de Protección Individual (EPI)** el destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

A continuación se muestran algunos de los equipos y materiales de protección individual más utilizados durante los trabajos de montaje y mantenimiento:

- **Guantes de protección:** protegen las manos frente a las posibles agresiones mecánicas, eléctricas, térmicas o químicas, dependiendo del tipo de trabajo a desarrollar. Los guantes aislantes para instalaciones de baja tensión serán generalmente de **clase 00** (aislamiento hasta 500 V_{CA}) o de **clase 0** (aislamiento hasta 1000 V_{CA}).



Figura 13.8. Guantes de protección mecánica.



Figura 13.9. Guantes de protección eléctrica de clase 00.

- **Casco:** protege la cabeza y el cráneo frente a los riesgos de golpes, caídas, proyección de objetos y descargas eléctricas.



Figura 13.10. Casco de protección.

- **Gafas de seguridad:** protegen los ojos frente a impactos y frente a radiaciones ultravioletas e infrarrojas que pueden producirse por un resplandor generado como consecuencia de un cortocircuito.



Figura 13.11. Gafas de seguridad.

- **Calzado de seguridad:** protege los pies frente al riesgo de caída de objetos, golpes, aplastamiento o aprisionamiento, etc. Dependiendo del tipo de trabajo eléctrico a realizar, será necesario utilizar calzado aislante, calzado antiestático, calzado conductor o de alta resistencia eléctrica.



Figura 13.12. Botas de seguridad.

- **Ropa de trabajo:** la indumentaria de trabajo debe ser cómoda, no inflamable y no ofrecer peligro de enganche.



Figura 13.13. Mono de trabajo.

- **Pantallas faciales:** permiten proteger la cara y los ojos contra arcos eléctricos provocados por cortocircuitos.



Figura 13.14. Pantalla facial y casco.

- **Cascos de protección auditiva:** no es muy común su uso por el instalador electricista, pero en determinados entornos industriales puede llegar a resultar necesario, ya que protege los oídos frente a sonidos potencialmente dañinos (generalmente por encima de 85 dB), atenuándolos.



Figura 13.15. Casco antiruido.

Todos los equipos de protección individual deben cumplir las exigencias expuestas en el Real Decreto 773/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. También será de obligado cumplimiento el Real Decreto 1215/1997, sobre utilización de equipos de trabajo.

Asimismo, dependiendo del uso y función para el que vayan a ser destinados los EPI, han de tenerse en consideración otras normas específicas, como por ejemplo las que se exponen a continuación:

- Norma UNE-EN 50365, sobre cascos eléctricamente aislantes para utilización en instalaciones de baja tensión.
- Norma UNE-EN 166, sobre protección individual de los ojos, incluyendo arco eléctrico.
- Norma UNE-EN 50286, sobre ropa aislante de protección para trabajos en instalaciones de baja tensión.
- Norma UNE-EN 60903, sobre guantes y manoplas de material aislante para trabajos eléctricos.
- Norma UNE-EN ISO 20345/6/7, sobre calzado de trabajo aislante.

En lo que respecta a los **elementos y materiales de seguridad** asociados a las tareas propias de los instaladores y mantenedores electricistas, tienen el objetivo de prevenir o evitar las consecuencias de una situación de peligro que pueda afectar a las personas o a las instalaciones. Los elementos de seguridad más utilizados en las instalaciones de automatismos industriales son los siguientes:

- **Herramientas de empuñadura aislante:** todas las herramientas del instalador electricista deben tener un aislamiento mínimo de 1.000 voltios.

- **Capuchones, vainas y cinta aislante:** se utilizan para aislar *provisionalmente* conductores o empalmes desnudos o dañados.
- **Material de señalización:** necesario para indicar o advertir a otras personas que se está trabajando, por ejemplo, sobre un circuito eléctrico.



Figura 13.16. Material de señalización.

- **Pértigas aislantes:** sirven para maniobrar a distancia con elementos que se encuentran en tensión.
- **Banquetas y alfombrillas aislantes:** se utilizan para aislar a los operarios del suelo, garantizando un aislamiento eléctrico adicional.



Figura 13.17. Banqueta aislante, de uso obligatorio en centros de transformación.



RECUERDA

Las conexiones entre conductores por retorcimiento y cinta aislante en las instalaciones eléctricas están prohibidas. Únicamente pueden realizarse de manera provisional durante las labores de instalación y mantenimiento.

13.3.2. Señalización de seguridad

Para prevenir las consecuencias de una situación de peligro potencial se utilizan señales de seguridad en forma de panel, cuyo objetivo es advertir a las personas que se encuentran en las proximidades de una zona de riesgo que deben evitarla, extremar las precauciones o tomar las medidas de protección adecuadas. Estas señales se clasifican por su función en los siguientes grupos:

- Advertencia.
- Prohibición.
- Obligación.
- Salvamento.
- Socorro.
- Lucha contra incendios.



Figura 13.18. Diferentes modelos de señales de seguridad.

La señalización de seguridad debe estar justificada y ser creíble, sin resultar excesiva. La instalación se realizará a una altura y posición apropiadas teniendo en cuenta posibles obstáculos en la proximidad del riesgo u objeto que deba señalizarse y en el acceso a la zona de peligro.

Todas las señales de seguridad se mantendrán en perfectas condiciones, debiendo revisarse periódicamente y sustituirse siempre que presenten deterioros que comprometan su localización, identificación, interpretación o puedan provocar situaciones de riesgo.

La combinación de los colores de seguridad y de contraste asociados a este tipo de elementos, posee un significado determinado, que se resume en la siguiente figura:

Rojo	Señal de prohibido	→ Comportamiento peligroso
	Peligro-alarma	→ Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia. Evacuación
	Material y equipo de lucha contra incendios	→ Identificación y localización
Amarillo o amarillo anaranjado	Material y equipo advertencia incendios	→ Atención, precaución, verificación
Azul	Señal de obligación	→ Comportamiento o acción específica
		→ Obligación de utilizar un equipo de protección visual
Verde	Señal de salvamento o auxilio	→ Puertas, salidas, pasajes, material, puestos de salvamento o socorro, iniciales
	Situación de seguridad	→ Vuelta a la normalidad

Figura 13.19. Significado del código de colores utilizado en las señales de seguridad.



SABÍAS QUE

La señalización de seguridad está pensada para poder ser entendida por cualquier persona, independientemente del idioma.

También influye en el significado e interpretación de las señales la forma geométrica y la combinación interna de los colores, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 13.5. Geometría y color asociados a las señales de seguridad.

Tipo de señal de seguridad	Forma geométrica	Color			
		Pictograma	Fondo	Borde	Banda
Advertencia	Triangular	Negro	Amarillo	Negro	—
Prohibición	Redonda	Negro	Blanco	Rojo	Rojo
Obligación	Redonda	Blanco	Azul	Blanco o azul	—
Lucha contra incendios	Rectangular o cuadrada	Blanco	Rojo	—	—
Salvamento o socorro	Rectangular o cuadrada	Blanco	Verde	Blanco o verde	—



Figura 13.20. Tipología de las señales de advertencia.



Figura 13.21. Tipología de las señales de prohibición.

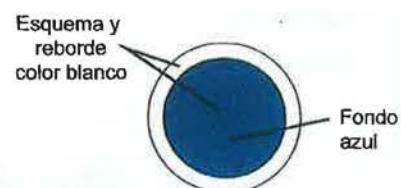


Figura 13.22. Tipología de las señales de obligación.

Actividad resuelta 13.1

Identifica en la siguiente tabla qué tipo de señales son las representadas (prohibición, advertencia u obligación) y el significado que crees que pueden tener:

Señal A	Señal B	Señal C	Señal D	Señal E	Señal F
Señal G	Señal H	Señal I	Señal J	Señal K	Señal L
Señal M	Señal N	Señal O	Señal P	Señal Q	Señal R
Señal S	Señal T	Señal U	Señal V	Señal W	Señal X

Solución:

- A. Advertencia. Riesgo indeterminado.
- B. Prohibición. Entrada prohibida a personas no autorizadas.
- C. Obligación. Uso obligatorio de guantes.
- D. Advertencia. Peligro por materias explosivas.
- E. Prohibición. Prohibido apagar con agua.
- F. Obligación. Uso obligatorio de arnés de seguridad.
- G. Prohibición. Prohibido conectar sin autorización.
- H. Advertencia. Riesgo de choque eléctrico.
- I. Obligación. Obligatorio mantener cerrado.
- J. Advertencia. Peligro de corte/Bordes afilados.
- K. Obligación. Uso obligatorio de casco, protectores oculares y auditivos.
- L. Advertencia. Atmósferas explosivas.

- M. Prohibición. No tocar.
- N. Prohibición. No conectar.
- O. Obligación. Uso obligatorio de calzado antielectrostático.
- P. Advertencia. Zona de campo magnético intenso.
- Q. Prohibición. No tocar, cubierta bajo tensión.
- R. Advertencia. Alta tensión.
- S. Obligación. Uso obligatorio de guantes aislantes.
- T. Advertencia. Dispositivos sensibles a cargas electrostáticas.
- U. Prohibición. Prohibición general.
- V. Advertencia. Radiación óptica.
- W. Advertencia. Riesgo de caídas al mismo nivel.
- X. Prohibición. Prohibido rociar con agua.

13.3.3. Alarmas acústicas y luminosas

Las alarmas acústicas y luminosas son un método alternativo de señalización o advertencia de situaciones anómalas o de peligro en el entorno laboral, mucho más efectivo que los pictogramas.

Este tipo de elementos de seguridad deben ser audibles y visibles de manera que cualquier persona que se encuentre en la zona de recepción pueda reconocerlas y reaccionar adecuadamente.

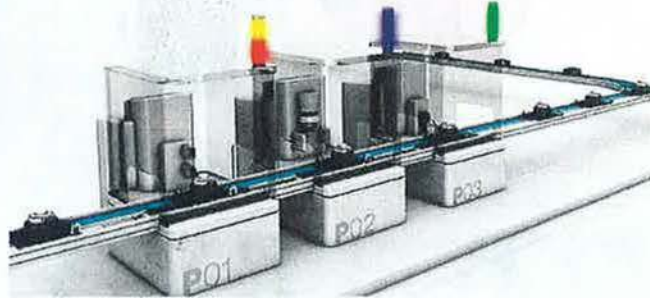


Figura 13.23. Columnas luminosas modulares de LED. (Cortesía de Balluff.)



Figura 13.24. Difusores sonoros de alarma. (Cortesía de Banner.)

13.3.4. Dispositivos y aparataje de seguridad integrada y colectiva

A diferencia de los equipos de protección individual, existen dispositivos de seguridad que podrían ser denominados como *de protección colectiva*, ya que tienen la finalidad de proteger a varios trabajadores o minimizar los riesgos a los que se exponen.



Figura 13.25. Las vallas de resguardo de la maquinaria son un tipo de medida de seguridad colectiva pasiva.

La mayoría de las protecciones colectivas están diseñadas para evitar el riesgo, otras sin embargo, solo lo controlan, evitando una posible lesión después de materializarse el riesgo.

Algunos ejemplos de protecciones colectivas pasivas son los resguardos de las máquinas, las barandillas, las redes de seguridad, las líneas de vida, las barras de protección, etc.

También existe un tipo de aparamenta específica que cumple la función de garantizar la seguridad colectiva de manera activa, aumentando la fiabilidad en los procesos industriales. Es lo que se conoce como **dispositivos de seguridad integrada**.



SABÍAS QUE

La norma EN ISO 13849-1 establece cinco categorías relativas a la seguridad en la maquinaria, que van desde la categoría B (cuando se produce un fallo, se puede perder la función de seguridad), hasta la categoría 4 (una acumulación de fallos sin detectar no debe producir la pérdida de la función de seguridad), pasando por las categorías intermedias 1, 2 y 3.

La maquinaria utilizada en el entorno de los automatismos industriales es una fuente de riesgo potencial. El funcionamiento seguro de las máquinas y sistemas utilizados en los procesos industriales se basa en dos principios fundamentales: mantener el riesgo dentro de unos límites aceptables y garantizar su fiabilidad de trabajo.

Los principales riesgos potenciales asociados a una máquina se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 13.6. Riesgos potenciales de una máquina industrial.

Riesgos mecánicos	Perforaciones
	Cortes
	Pinchazos
	Amputaciones
	Cizallamiento
	Atrapamiento
	Succión
Riesgos eléctricos	Impactos
	Aplastamiento
Riesgos físicos	Electrocución
	Quemaduras
	Descarga de sustancias nocivas o corrosivas

Una adecuada protección debe evitar que las personas entren en contacto con estos peligros potenciales, o bien

reducirlos hasta un nivel seguro. Las diferentes protecciones podrán ser fijas, para cercar o distanciar el peligro, o móviles para que puedan accionarse automáticamente o enclavarse eléctricamente.

De entre los dispositivos de protección más utilizados como parte del sistema de protección de los procesos y la maquinaria, destacan los siguientes:

La parada de emergencia

La parada de emergencia está diseñada para reducir los posibles efectos de un peligro de tipo eléctrico o mecánico, tanto para las personas como para las instalaciones.

Mediante la **activación manual** de un dispositivo eléctrico de paro de emergencia, se desconecta inmediatamente el suministro eléctrico de un circuito, deteniendo el funcionamiento de la máquina que ha provocado la situación de peligro. Dicho dispositivo puede ser de dos tipos:

- Pulsador manual de paro de emergencia (también conocido como *seta*).
- Interruptor de tiro de emergencia por cable.



Figura 13.26. Pulsador de paro de emergencia. (Cortesía de Siemens.)



Figura 13.27. Pulsador de paro de emergencia integrado en un cuadro de control industrial.



Figura 13.28. Interruptor de emergencia por cable.

Los sistemas de paro de emergencia actúan generalmente sobre el circuito de maniobra o sobre el controlador electrónico (PLC). Deben estar diseñados y ubicados para ser accesibles en cualquier circunstancia y estar disponibles sea cual sea el modo de funcionamiento.

Estos dispositivos basan su funcionamiento en el principio de **activación positiva**, es decir, una apertura de circuito directa donde los contactos son separados como resultado del movimiento del interruptor o pulsador.

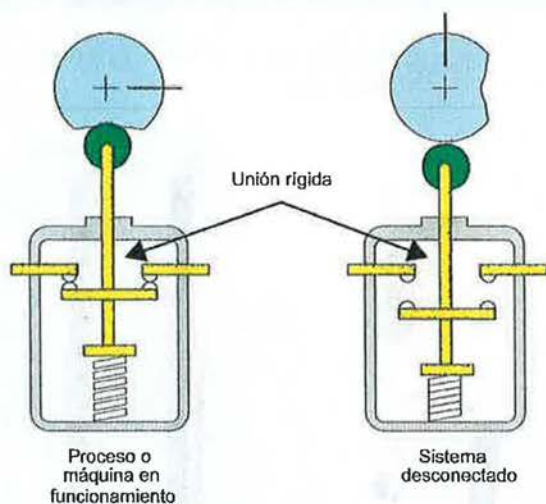
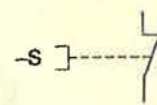


Figura 13.29. Principio de funcionamiento de la activación positiva.

Tabla 13.7. Simbología asociada a los sistemas de paro de emergencia.

Seta de emergencia	
Seta de emergencia con enclavamiento mecánico	

Interruptor de tiro de emergencia por cable



Símbolo genérico del contacto con apertura directa



Interruptores de enclavamiento

Estos dispositivos se utilizan para controlar la posición de las protecciones móviles de la maquinaria. Se protege, por tanto, a los operarios que interactúan con el proceso al detener el sistema en el momento que el interruptor se activa, ya sea al retirar el cabezal, al accionar la palanca, al accionar el pulsador, al abrir una tapa de protección, al girar una bisagra de protección, etc.



Figura 13.30. Interruptores electromecánicos de seguridad. (Cortesía de Honeywell.)



Figura 13.31. Interruptores de enclavamiento con lengüeta. (Cortesía de Banner.)



Figura 13.32. Interruptor de seguridad tipo bisagra 180°.
(Cortesía de Banner.)

Tabla 13.8. Simbología asociada a los interruptores de enclavamiento.

Interruptor de enclavamiento mecánico (ejemplo con contacto tripolar NC+NC+NA)	
Interruptor de enclavamiento magnético	

Dispositivos de doble o triple accionamiento

Se trata de una medida de seguridad basada en mandos bimanuales e interruptores de pedal, que tienen el objetivo de garantizar que el operario se encuentra alejado del área de riesgo de la maquinaria.



Figura 13.33. Mando bimanual con pulsador de paro de emergencia integrado. (Cortesía de Siemens.)



Figura 13.34. Pedal doble de seguridad. (Cortesía de Siemens.)

Barreras inmateriales y tapices de seguridad

Las barreras inmateriales se basan en un haz de luz infrarroja utilizado para detectar la aproximación de los operarios a áreas de riesgo potencial. Dependiendo del tipo de barrera, estará diseñada para activarse por la aproximación de los dedos, de la mano, o de todo el cuerpo.



Figura 13.35. Barrera inmateral, también conocida como cortina óptica de seguridad. (Cortesía de Leuze Electronic.)



Figura 13.36. Dispositivos de generación de barrera inmateral. (Cortesía de SCHMERSAL.)

Los tapices, o alfombrillas, de seguridad siguen el mismo principio de funcionamiento que las barreras inmateriales, pero consisten en un sensor táctil que se activa por presión. Ubicados en el suelo, frente o alrededor de máquinas o robots potencialmente peligrosos, se activan al aproximarse, permanecer, o subir hasta un área de peligro.

En el momento que la barrera o el tapiz se activa, se detienen los movimientos peligrosos de la máquina o se desconecta íntegramente del sistema.



Figura 13.37. Barrera inmaterial de dedos y manos. (Cortesía de Banner.)

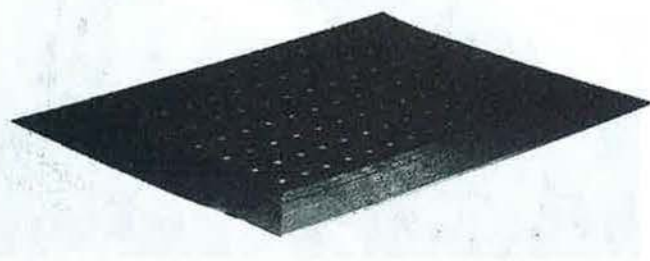


Figura 13.38. Alfombrilla de seguridad. (Cortesía de ABB.)

■ ■ ■ Bordes sensibles

Consisten en un perfil, generalmente de aluminio, con una sección convexa de plástico blando en la parte frontal, en la cual se ubica el sensor de seguridad que se activa al ejercer presión y deformar el borde. Mediante estos dispositivos se reduce el riesgo de cortes o golpes en aplicaciones y maquinaria con puertas o cubiertas móviles.



Figura 13.39. Bordes sensibles. (Cortesía de ABB.)

■ ■ ■ Interruptores y mandos de validación

Se utilizan como medida de seguridad para permitir el acceso de los operarios en condiciones específicas de riesgo reducido, desactivando total o parcialmente las protecciones de la maquinaria en modos de funcionamiento especiales.

Son muy utilizados para realizar labores de mantenimiento, puesta en marcha y ajuste de la maquinaria.



Figura 13.40. Mando de validación. (Cortesía de ABB.)



SABÍAS QUE

Para evitar la apertura intempestiva de las protecciones se utilizan dispositivos de enclavamiento eléctrico por electroimán, reduciendo al mínimo la posibilidad de fallo del sistema de seguridad.

13.3.5. Sistemas de control y supervisión de señales de seguridad

La seguridad en la maquinaria industrial no solo viene definida por los diferentes dispositivos de protección utilizados, sino por la garantía que estos sistemas ofrecen en caso de fallo.

A modo de ejemplo, si en un automatismo industrial se conecta el pulsador de paro de emergencia directamente en el circuito de maniobra y este dispositivo se estropea en algún momento de su ciclo de vida útil, se perderá completamente la función de seguridad que cumple, poniendo en grave riesgo a los usuarios de las instalaciones. Sin embargo, si el mismo pulsador es conectado a un dispositivo capaz de monitorizar su estado y actuar automáticamente en caso de anomalía, desconectando, por ejemplo, la alimentación del circuito de potencia, se garantiza que esa instalación no va a perder la función de seguridad.

El uso combinado de estos dispositivos deriva en los denominados sistemas de monitorización, control y supervisión de las señales de seguridad, y tienen como objetivo reducir hasta un grado aceptable el riesgo derivado de una situación de peligro mediante la ejecución de las medidas adecuadas.

De entre todos los dispositivos que realizan funciones de supervisión de la seguridad, los más destacables son:

- Monitores de seguridad.
- Relés de seguridad.
- Controladores de seguridad.

Estos componentes controlan una función específica y aseguran la supervisión completa de una máquina, proceso o instalación a través de la interconexión con otros dispositivos de seguridad. La estructura de los dispositivos de control y supervisión de señales de seguridad debe ser tal que un fallo del propio dispositivo o un fallo externo causado por un sensor o un actuador no pueda provocar la pérdida de la función de seguridad.



Figura 13.41. Relés y monitores de seguridad. (Cortesía de Siemens.)

Podría decirse que estos sistemas son el paso intermedio entre los dispositivos de seguridad clásicos asociados a la lógica cableada y los sistemas de control electrónico programables. Los dispositivos de control y supervisión de señales pueden ser configurables para ser conectados a diferentes componentes de seguridad, o tener una única configuración posible, como es el caso, por ejemplo, de los relés de seguridad para mando bimanual, muy frecuentes en determinados entornos industriales.

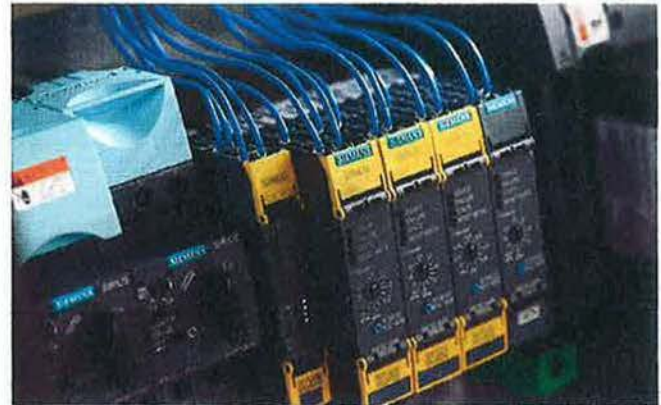


Figura 13.42. Relés de seguridad integrados en un cuadro eléctrico. (Cortesía de Siemens.)

Los esquemas de conexión de estos dispositivos dependerán del modelo y del fabricante. También esto influirá en la cantidad de entradas externas de seguridad que son capaces de leer y controlar.

A continuación se muestran algunos ejemplos simplificados de conexionado de relés de monitoreo de seguridad:

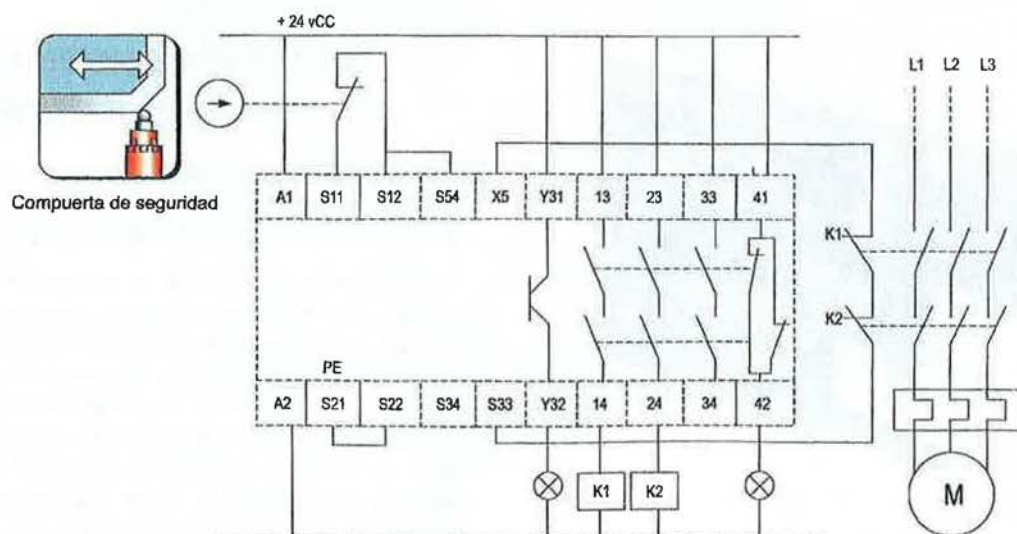


Figura 13.43. Supervisión de una compuerta de seguridad con interruptor de enclavamiento a través de un relé de seguridad.

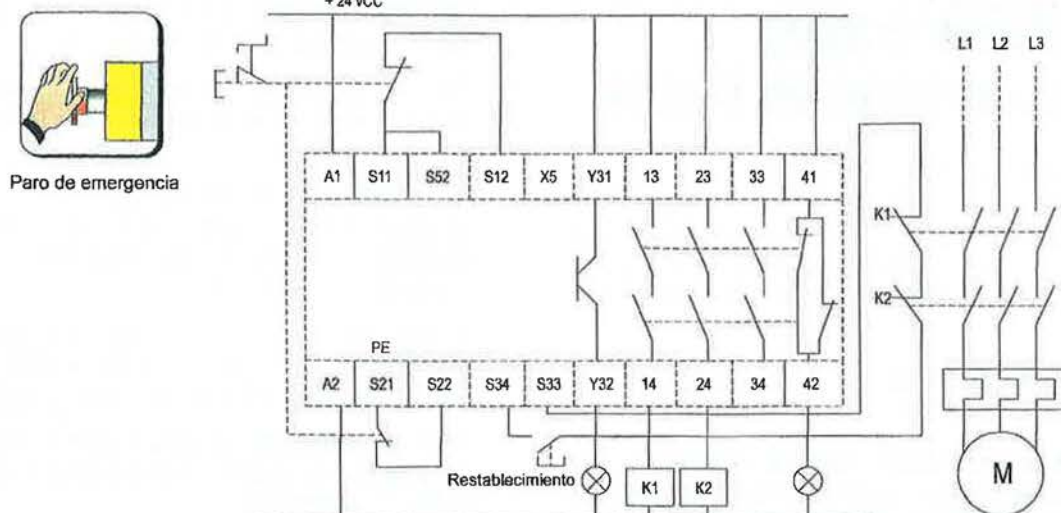


Figura 13.44. Supervisión de un pulsador de paro de emergencia a través de un relé de seguridad, con restablecimiento manual.

El restablecimiento del proceso tras la entrada en funcionamiento del sistema de control y supervisión de señales de seguridad puede ser **automático, manual, temporizado o monitoreado**.



SABÍAS QUE

En los circuitos de automatismos en los que se desea aumentar la seguridad es muy común utilizar determinados elementos de manera duplicada, como por ejemplo los contactores conectados en serie (tal como se aprecia en los esquemas anteriores), de manera que si uno falla el otro pueda seguir operando con normalidad, garantizando la integridad del sistema.

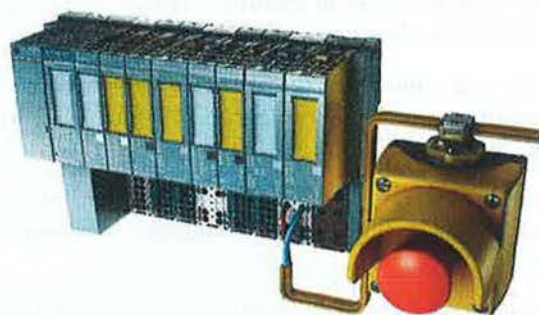


Figura 13.45. Autómata de seguridad modular. (Cortesía de Siemens.)

La configuración y programación de estos dispositivos se lleva a cabo con la ayuda de *software* gráfico, pudiendo enlazarse fácilmente con sistemas PLC tradicionales. En caso de requerimientos de seguridad muy sofisticados, es posible extender el sistema mediante módulos E/S funcionales de seguridad.

Mediante el uso de autómatas de seguridad en instalaciones eléctricas, se simplifica el diseño y resulta posible alcanzar el **máximo grado de seguridad** del sistema, denominado *categoría 4/PL, e/SIL 3*.

La mayoría de los dispositivos de seguridad estudiados previamente pueden ser conectados de manera directa a un autómata de seguridad, lo cual permite que se simplifiquen los costes (tanto en sistemas e instalaciones sencillas como en las más complejas) y se amplíen las soluciones de automatización, desde la supervisión de funciones orientadas a la seguridad hasta el control completo de máquinas, instalaciones y secuencias de procesos.

13.4. Métodos de trabajo en las instalaciones eléctricas

Una vez conocidas las principales herramientas, equipos y riesgos asociados a las instalaciones eléctricas, a continuación se muestran las medidas y criterios necesarios para aumentar la seguridad y prevenir accidentes al realizar trabajos de montaje y mantenimiento relacionados con la electricidad:

- Los operarios deben trabajar en pareja cuando exista riesgo de electrocución.
- Antes de utilizar equipos o máquinas eléctricas hay que informarse sobre las precauciones a adoptar para su empleo y respetarlas en todo momento.
- Hay que mantener una distancia de seguridad frente a elementos en tensión, a menos que se garantice una protección con las medidas adecuadas.
- No se debe alterar ni modificar la regulación de los dispositivos de seguridad.
- Hay que comprobar que el cuadro eléctrico se encuentra dotado de interruptores diferenciales y toma de puesta a tierra.
- Nunca se debe puentear un elemento de protección, por ejemplo, un interruptor automático o un interruptor diferencial.
- Antes de utilizar un dispositivo conectado a una instalación eléctrica hay que verificar que se encuentra en perfecto estado.
- Nunca deben manipularse aparatos o instalaciones eléctricas en condiciones de humedad o con los pies descalzos.

- No deben utilizarse cables pelados o que no dispongan de la clavija de enchufe adecuada.
- Hay que evitar que los conductores de alimentación de equipos eléctricos atraviesen zonas húmedas o superficies metálicas.
- Si un equipo o herramienta emite chispas, humo, o produce un leve cosquilleo al manipularlo, debe interrumpirse inmediatamente el suministro eléctrico y comunicar el problema.
- Deben comprobarse las canalizaciones eléctricas empotradas antes de realizar un taladro sobre una pared o techo, para evitar averías o electrocuciones.
- Si el aislamiento de un equipo eléctrico o cable presenta signos de deterioro hay que desconectarlo y solicitar su sustitución.
- Al desconectar un aparato eléctrico hay que tirar de la clavija del enchufe y nunca del cable de alimentación.
- No deben sobrecargarse los enchufes utilizando regletas de manera masiva.
- Al finalizar un trabajo deben desconectarse todos los cables de alimentación y los prolongadores.

Todas las actividades, técnicas y procedimientos para trabajar en las instalaciones eléctricas o en sus proximidades deben cumplir las exigencias expuestas en el Real Decreto 614/2001, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Dado que existen numerosos factores de riesgo asociados a los trabajos en las instalaciones eléctricas de baja tensión que es necesario conocer y dominar para evitar accidentes, los trabajos eléctricos no puede realizarlos cualquier persona. Dependiendo del tipo de tarea a realizar, el operario debe tener una formación mínima, que se resume en la siguiente tabla:

Tabla 13.9. Nivel formativo mínimo requerido en función del trabajo a realizar en baja tensión.

Tipo de trabajo		Formación mínima
Trabajos sin tensión	Supresión y reposición de la tensión	Trabajador autorizado
	Ejecución de los trabajos sin tensión	Cualquier trabajador
Trabajos con tensión	Realización	Trabajador cualificado
	Reponer fusibles	Trabajador autorizado
Maniobras, mediciones y ensayos		Trabajador autorizado
Trabajos en proximidad de elementos en tensión	Preparación	Cualquier trabajador
	Realización	Trabajador autorizado

13.4.1. Trabajos sin tensión: las cinco reglas de oro

Las operaciones necesarias para realizar trabajos en instalaciones eléctricas en ausencia de tensión quedan definidas por las cinco reglas de oro.

Tabla 13.10. Las cinco reglas de oro.

	<p>1. Apertura, con corte visible, de todas las fuentes de tensión</p> <p>Consiste en cortar la corriente mediante el interruptor automático general si es posible, o mediante el interruptor automático del circuito en el que se va a trabajar.</p>
	<p>2. Bloqueo, siempre que sea posible, de los elementos de corte</p> <p>Algunos dispositivos de corte pueden ser bloqueados mediante llaves o candados específicos.</p> <p>Si esto no resulta posible debe bloquearse el acceso al cuadro para evitar su manipulación mientras se realiza el trabajo.</p>
	<p>3. Comprobación de la ausencia de tensión</p> <p>Debe verificarse, mediante un instrumento de medida adecuado, la ausencia de tensión en el circuito antes de empezar a trabajar en él.</p>
	<p>4. Puesta a tierra y en cortocircuito</p> <p>Es recomendable conectar todos los conductores de fase y el neutro entre sí y unirlos a la instalación de puesta a tierra para aumentar la seguridad.</p> <p>Esta regla no es obligatoria en instalaciones de baja tensión.</p>
	<p>5. Señalización y delimitación de la zona de trabajo</p> <p>Para evitar que terceras personas reconecten la tensión mientras se está ejecutando los trabajos, es recomendable colocar elementos de señalización o carteles informativos en el cuadro eléctrico.</p>

Las cinco reglas de oro están enfocadas fundamentalmente para instalaciones de alta y media tensión. En instalaciones de baja tensión solo es obligatoria la aplicación de las tres primeras normas, aunque es conveniente realizar el proceso completo.

Tabla 13.11. Criterios de cumplimiento de las cinco reglas de oro.

"5 reglas de oro"	Tipo de instalación	
	Baja tensión	Alta tensión
1. ^a	Obligatorio	Obligatorio
2. ^a	Obligatorio, si es posible	Obligatorio, si es posible
3. ^a	Obligatorio	Obligatorio
4. ^a	Recomendable	Obligatorio
5. ^a	Recomendable	Obligatorio

Una vez finalizado el trabajo, para la reposición de la tensión deben retirarse, en este orden, las señalizaciones, la puesta a tierra y por último, los elementos de bloqueo.



RECUERDA

Los trabajos sin tensión son aquellos que se ejecutan tras haber desconectado todas las fuentes de alimentación de la instalación.

Es importante destacar que la ejecución de trabajos sin tensión puede ser realizada por cualquier trabajador, mientras que la supresión de la tensión previa a los trabajos, así como la reposición de la tensión posterior a los trabajos solo puede ser llevada a cabo por trabajadores autorizados.

En este sentido, durante los trabajos en ausencia de tensión, resulta posible (aunque no recomendable) no hacer uso de determinados equipos de protección individual de protección eléctrica, siempre que haya sido verificado el cumplimiento de las citadas cinco reglas de oro. Sin embargo, durante la supresión y reposición de la tensión el operario debe disponer de todos los medios y equipos que garanticen su protección frente al riesgo eléctrico.



Figura 13.46. Operario realizando un trabajo en ausencia de tensión sin hacer uso de guantes de protección eléctrica.

13.4.2. Trabajos en presencia de tensión

En general, los trabajos en las instalaciones eléctricas de baja tensión deben realizarse en ausencia de tensión, es decir, con los circuitos desconectados. Sin embargo, hay situaciones en las que resulta imposible cortar el suministro y es necesario **trabajar en tensión**. Esta es una situación de máximo riesgo que hay que conocer y dominar para evitar accidentes.

Existen tres métodos de trabajo en tensión:

- Método de trabajo a potencial, utilizado generalmente en líneas eléctricas de alta tensión.
- Método de trabajo a distancia, utilizado generalmente en instalaciones de media tensión.
- Método de trabajo en contacto, utilizado principalmente en baja tensión.

El método de trabajo en contacto requiere la utilización de guantes aislantes en las manos y la utilización de herramientas manuales que dispongan del aislamiento adecuado.

Dado el peligro que suponen los trabajos en tensión, **deberán ser realizados exclusivamente por operarios que tengan la formación adecuada** y estando presente, al menos, otro trabajador con conocimientos de primeros auxilios.

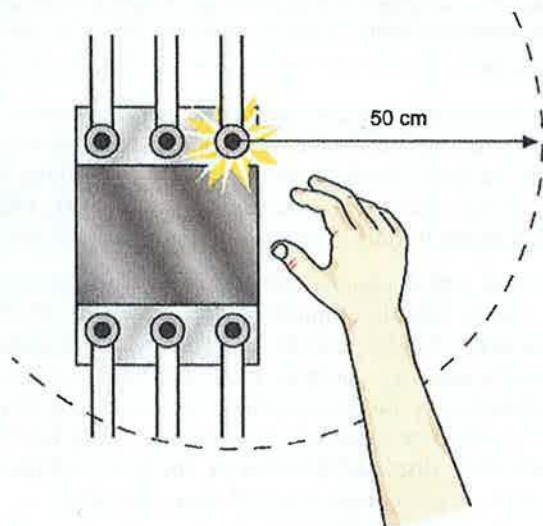


Figura 13.47. Distancia mínima de seguridad para trabajos en instalaciones de baja tensión. (Cortesía de Cewiss.)



RECUERDA

A simple vista no se puede saber si un componente de la instalación eléctrica se encuentra en tensión, por lo que debes asegurar la ausencia de tensión antes de comenzar a realizar cualquier trabajo, utilizando los elementos de medida adecuados.

Actividad resuelta 13.2

Observa la siguiente imagen en la que se muestra a un operario realizando un trabajo eléctrico en tensión y responde a las siguientes preguntas:

- ¿Lo está realizando correctamente?
- ¿Qué medidas de seguridad le recomendarías?



Solución:

El trabajo no lo está realizando correctamente, puesto que se expone a un riesgo muy alto de sufrir una descarga eléctrica por contacto directo.

Sería recomendable desconectar la alimentación de esa base de corriente antes de trabajar en ella. Si esto no fuera posible, debería utilizar guantes y herramientas aislantes para aumentar la seguridad.

13.4.3. Trabajos en altura

Otro de los factores de riesgo más importantes a tener en cuenta durante la ejecución de las tareas de montaje y mantenimiento en las instalaciones de automatismos industriales, es el de los trabajos en altura.



Figura 13.48. Operario realizando adecuadamente un trabajo en altura.

Se define como trabajo en altura toda tarea que se realiza a una **altura superior a dos metros** y en la cual puede resultar necesario utilizar elementos como escaleras, plataformas o andamios. Este riesgo laboral aparece como consecuencia de que gran parte de los dispositivos que componen las instalaciones eléctricas se localizan en zonas elevadas e inaccesibles desde el nivel del suelo, por lo que su manipulación tendrá la consideración de trabajo en altura.

Para realizar este tipo de trabajos con seguridad, deben tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- No se realizarán trabajos en altura sobre cajas, sillas, mesas, bidones o elementos similares.
- Deben utilizarse siempre cinturones especiales porta-herramientas, bolsas o bandoleras para tener las manos libres.
- No utilizar escaleras metálicas cerca de equipos eléctricos con tensión.
- Comprobar que todos los peldaños de la escalera a utilizar se encuentran en buen estado y que no hay evidencia de empalmes.
- En las escaleras no debe haber más de una persona subida simultáneamente.
- Las posturas adoptadas sobre una escalera deben garantizar el equilibrio en todo momento.
- Las escaleras simples deben estar provistas de ganchos o sistemas antideslizantes y se colocarán formando un ángulo aproximado de 75° respecto del suelo.



Figura 13.49. Escaleras y andamios válidos para realizar trabajos en altura.

- Las escaleras de tijera deben estar completamente abiertas para poder trabajar en ellas.
- El montaje de los andamios se realizará exclusivamente por personal autorizado.
- No se utilizarán escaleras sobre la superficie de los andamios.
- Para los trabajos que se realicen a una altura superior a 4 metros, deberán utilizarse medidas de seguridad complementarias como cinturones de seguridad, arneses o líneas de vida.



Figura 13.50. Arnés de seguridad para trabajos en altura superiores a 4 metros.

Todas las actividades, técnicas y procedimientos para realizar trabajos en altura deben cumplir las exigencias expuestas en el Real Decreto 1215/1997 y en el Real Decreto 2177/2004, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.

Actividad propuesta 13.2

Analiza las frases mostradas a continuación y razona si son verdaderas o falsas, justificando la respuesta:

- Los trabajos en tensión son los más arriesgados y peligrosos y solo deben llevarse a cabo cuando por las características de la instalación no quede otra alternativa.
- Un trabajo en altura que sea fácil de ejecutar puede realizarse desde lo alto de una silla, siempre que sea robusta.
- Únicamente podrán realizar la preparación de trabajos en proximidad de elementos en tensión los operarios altamente cualificados.
- En las escaleras puede haber más de una persona subida simultáneamente, siempre que sea para garantizar la estabilidad.

13.5. Medidas de protección ambiental

Las medidas de protección ambiental tienen como objetivo regular, organizar y controlar las actividades de una empresa que puedan afectar al medio ambiente, dentro del ámbito de aplicación del desarrollo sostenible.

La legislación estatal sobre las medidas de protección ambiental establece fundamentalmente los requisitos aplicables a la **evaluación de impacto ambiental** de proyectos consistentes en la realización de obras, instalaciones o cualquier otra actividad similar. Las medidas de protección a adoptar para el resto de actividades profesionales deben acogerse a los denominados **sistemas de gestión ambiental**.

13.5.1. Evaluación del impacto ambiental

Los estudios de evaluación del impacto ambiental tendrán en cuenta todas las disposiciones legales vigentes aplicables en función de cada tipo de instalación, con el objetivo de preservar al máximo el medio ambiente antes, durante y después de la ejecución de la misma.

La evaluación del impacto ambiental que supone una determinada actividad puede establecerse a partir de uno o varios de los siguientes documentos:

- **Estudio de viabilidad.** Analiza si realmente la utilidad social de la instalación justifica el impacto previsto. Si el resultado de un estudio de viabilidad determina que el impacto final es demasiado elevado, este no podría ser llevado a cabo en las condiciones propuestas.
- **Estudio de impacto ambiental.** Introduce la variable medioambiental en la toma de decisiones. Debe garantizar que en caso de llevarse a cabo la ejecución de las obras, se tendrán en cuenta sus efectos proponiendo medidas de actuación y alternativas eficaces para evitar o disminuir los posibles daños en el entorno.
- **Procedimiento de trazabilidad de materiales y residuos.** Establece cómo depositar, almacenar y tratar cada uno de los residuos generados. Los residuos peligrosos se identificarán mediante los pictogramas correspondientes y se depositarán únicamente en los contenedores dispuestos para ellos.
- **Conservación y restauración ambiental.** Plantea las medidas de mantenimiento y rehabilitación de los ambientes o zonas que han sido afectadas, suponiendo que dicho impacto haya sido aprobado por el estudio de viabilidad.



Figura 13.51. El reciclaje y el ahorro de energía son medidas básicas de protección ambiental.

En lo que respecta a la normativa y legislación vigentes sobre los planes y estudios de impacto y gestión medioambiental, a pesar de ser una materia muy amplia, cabe hacer una especial mención a las siguientes disposiciones legales aplicables a nivel nacional:

- Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos.

Al dimensionar una instalación eléctrica, debe ser tenido en cuenta el artículo 3 del Real Decreto Legislativo 1/2008, que especifica qué tipo de proyectos son los que deben ser sometidos a la evaluación del impacto ambiental, dependiendo de las características de la instalación y de la actividad económica implicada.

Así, los proyectos de instalaciones que hayan de someterse a evaluación de impacto ambiental deberán incluir el correspondiente **estudio de impacto ambiental** que contendrá, como mínimo, los siguientes datos:

1. Descripción general del proyecto y exigencias previsibles en el tiempo, en relación con la utilización del suelo y de otros recursos naturales.
2. Estimación de los tipos y cantidades de residuos vertidos y emisiones de materia o energía resultantes.
3. Exposición de las alternativas estudiadas y justificación de las razones de la solución adoptada teniendo en cuenta los efectos ambientales.

4. Evaluación de los efectos previsibles directos e indirectos del proyecto sobre la población, la flora, la fauna, el suelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el paisaje y los bienes materiales, incluido el patrimonio histórico artístico y el arqueológico.
5. Medidas previstas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales significativos.
6. Programa de vigilancia ambiental.
7. Resumen del estudio y conclusiones en términos fácilmente comprensibles.
8. Informe de las dificultades informativas o técnicas encontradas en la elaboración del mismo.

13.5.2. Sistemas de gestión ambiental

Para lograr llevar a cabo las medidas de protección ambiental oportunas, toda empresa puede acogerse a los denominados **sistemas de gestión ambiental**. Estos sistemas, que pretenden prevenir o mitigar el impacto ambiental de una determinada actividad profesional, quedan regulados por los siguientes textos legales:

- Norma UNE-EN ISO 14001:2004, que establece las condiciones para implantar un sistema de gestión ambiental efectivo.
- Reglamento (CE) 761/2001, por el que se permite que las organizaciones se adhieran con carácter voluntario a un sistema de gestión y auditoría medioambientales.
- Reglamento (CEE) 1836/1993 por el que se permite que las empresas del sector industrial se adhieran con carácter voluntario a un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales.

Una determinada empresa que desee acogerse a un plan de gestión ambiental efectivo y reconocido a nivel europeo, debe llevar a cabo una serie de auditorías internas, así como realizar análisis medioambientales e informes al respecto, presentando finalmente la información al organismo autorizado correspondiente.



SABÍAS QUE

Los sistemas de gestión ambiental son más conocidos por sus siglas, SGA.

En cualquier caso, una adecuada política medioambiental debe garantizar una gestión sostenible, optimizando el consumo de recursos naturales, energéticos y de materias primas, minimizando el impacto de las actividades en el medio ambiente y haciendo uso de las medidas preventivas necesarias para evitar cualquier tipo de contaminación.

13.5.3. Fuentes de contaminación del entorno ambiental

La legislación actual pretende fomentar la clasificación de residuos y la retirada selectiva de los mismos, que es en definitiva lo que se conoce como reciclaje. En particular, la Orden MAM/304/2002 publica las operaciones de valorización y eliminación de residuos y establece la Lista Europea de Residuos (LER).

De estas y otras disposiciones pueden obtenerse las principales fuentes de contaminación del entorno ambiental generadas por las empresas dedicadas al ámbito de las instalaciones eléctricas, que se resumen en:

- Residuos orgánicos.
- Embalajes y otros residuos de envases.
- Residuos químicos:
 - Pilas, baterías y acumuladores.
- Residuos generados en la construcción y obra nueva:
 - Escombros, hormigón, ladrillos, cerámica y materiales de aislamiento.
 - Madera, vidrio y plástico.
 - Residuos metálicos.
- Residuos generados en los trabajos de mantenimiento:
 - Cables, papel, cartón, plásticos y madera.
 - Equipos eléctricos y electrónicos sin componentes peligrosos.
 - Equipos eléctricos y electrónicos con componentes peligrosos.
- Contaminantes físicos derivados del uso de vehículos.
- Contaminantes físicos derivados del uso de dispositivos y equipos electromagnéticos.
- Almacenamiento de equipos y materiales tóxicos.



Figura 13.52. Productos de absorción universal para vertidos de sustancias peligrosas. (Cortesía de 3M.)

- Incendio de materiales.
- Contaminación atmosférica:
 - Ruidos.
 - Polvo.
- Vertidos sólidos, líquidos o gaseosos en el suelo, aire o agua.

Actividad propuesta 13.3

Confecciona un plan de gestión de residuos de obra para un proyecto eléctrico de baja tensión que trate sobre la ejecución de cuatro instalaciones solares fotovoltaicas. Cada una de las instalaciones fotovoltaicas se instalará sobre la cubierta de una nave industrial, contará con un acceso a red independiente y su potencia nominal será de 20 kW.

El contenido mínimo del plan de gestión de residuos que se debe elaborar es el siguiente:

- a) Clasificación y descripción de los residuos.
- b) Estimación del volumen de residuos generados.
- c) Medidas de prevención de los residuos y operaciones de clasificación y recogida de los mismos.
- d) Evaluación de los costes asociados.

13.5.4. Reciclaje de componentes y materiales

La regulación, a nivel nacional, de las medidas adoptadas para la correcta clasificación y retirada de residuos trata de fomentar y mejorar el control y la gestión ambiental, reduciendo el consumo de recursos naturales y potenciando el uso de recursos más respetuosos con el medio ambiente. Los textos legales más relevantes en este sentido son los siguientes:

- Ley 11/1997, de envases y residuos de envases.
- Ley 10/1998, de residuos.

- Real Decreto 208/2005, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.
- Real Decreto 106/2008, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos.
- Directiva 75/442/CEE, relativa a los residuos y sus modificaciones posteriores.
- Directiva 91/156/CEE, por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE relativa a los residuos.
- Ordenanzas generales de protección del medio ambiente urbano.

La normativa establece que cada residuo debe depositarse en su correspondiente contenedor o zona identificada para ello.

Respecto a los considerados como **residuos peligrosos**, tal como se ha comentado, se identificarán mediante los pictogramas correspondientes y se depositarán únicamente en los contenedores dispuestos para ello. El plazo máximo legal permitido para su almacenamiento es de 6 meses.



Figura 13.53. Contenedores para el reciclaje selectivo de residuos.

Todos los miembros de una empresa tienen el derecho de recibir formación específica sobre reciclaje y separación de desechos y el deber de asegurar el correcto cumplimiento de la normativa de protección ambiental y fomentar una **adecuada gestión, clasificación y retirada de residuos**.

Actividades de comprobación

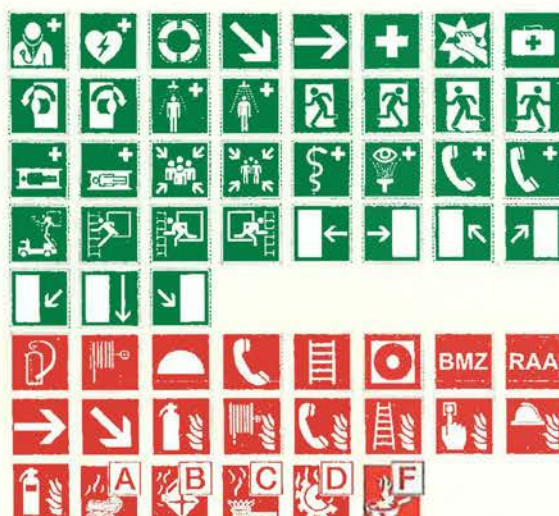
- 13.1.** Si un determinado incidente extremadamente dañino tiene una probabilidad media de producirse, se considera que es un tipo de riesgo:
- a) Intolerable.
 - b) Importante.
 - c) Moderado.
- 13.2.** El valor de la intensidad eléctrica que se considera umbral de seguridad para una persona es el correspondiente a:
- a) 3 mA.
 - b) 0,03 A.
 - c) 300 mA.
- 13.3.** Se define como trabajo en altura toda tarea en la cual puede resultar necesario utilizar elementos como escaleras, plataformas o andamios y que se realiza a una altura superior a:
- a) Dos metros.
 - b) Tres metros.
 - c) Cuatro metros.
- 13.4.** El efecto resultante del paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano o de un animal, tras producirse un contacto eléctrico directo o indirecto, se denomina:
- a) Choque eléctrico.
 - b) Descarga eléctrica.
 - c) Impacto eléctrico.
- 13.5.** ¿Cuál es el plazo máximo legal permitido para el almacenamiento de residuos peligrosos?
- a) 3 meses.
 - b) 6 meses.
 - c) 9 meses.
- 13.6.** Indica cuál de las siguientes afirmaciones, referentes a métodos de trabajo en instalaciones eléctricas de baja tensión, es correcta:
- a) Todas las bases de toma de corriente que se utilizan para la conexión de receptores eléctricos deben carecer de toma de tierra.
 - b) Deben utilizarse cables pelados o que no dispongan de la clavija de enchufe adecuada.
 - c) No es recomendable abrir las carcasas de protección de los equipos eléctricos.
- 13.7.** ¿Qué tipo de trabajador podrá realizar trabajos en ausencia de tensión?
- a) Trabajador autorizado.
 - b) Cualquier trabajador.
 - c) Trabajador cualificado.
- 13.8.** El documento que analiza si realmente la utilidad social del proyecto justifica el impacto previsto se denomina:
- a) Procedimiento de trazabilidad de materiales y residuos.
 - b) Estudio de conservación y restauración ambiental.
 - c) Estudio de viabilidad.
- 13.9.** Las siglas EPI hacen referencia a:
- a) Un equipo de protección independiente.
 - b) Un estudio propio interno.
 - c) Ninguna opción es correcta.
- 13.10.** ¿Cuál de los siguientes dispositivos no puede ser considerado como un equipo de control y supervisión de señales de seguridad?
- a) Relé de seguridad.
 - b) Autómata de seguridad.
 - c) Barreras inmateriales y tapices de seguridad.
- 13.11.** Una señal de seguridad de forma geométrica redonda y pictograma interno de color blanco es de tipo:
- a) Prohibición.
 - b) Obligación.
 - c) Salvamento o socorro.
- 13.12.** Los componentes de una instalación de automatismos industriales que se utilizan para controlar la posición de las protecciones móviles de la maquinaria, con el objetivo de asegurar la seguridad colectiva, se denominan:
- a) Dispositivos de doble o triple accionamiento.
 - b) Interruptores de enclavamiento.
 - c) Interruptores y mandos de validación.

Actividades de aplicación

- 13.1. Enumera los riesgos potenciales asociados a una máquina industrial.
- 13.2. Indica tres derechos y tres deberes que les corresponden a los trabajadores.
- 13.3. Indica tres deberes del empresario.
- 13.4. Responde a las siguientes cuestiones:
 - a) ¿Qué es un choque eléctrico?
 - b) ¿Qué es un contacto eléctrico?
 - c) ¿Qué tipos de contactos eléctricos conoces? ¿En qué se diferencian?
- 13.5. Enumera cuatro posibles efectos que puede sufrir una persona tras un choque eléctrico.
- 13.6. Resume los pasos que deben ser llevados a cabo para proceder adecuadamente en la respiración de salvamento.
- 13.7. Realiza un listado de las posibles fuentes de contaminación del entorno ambiental derivadas del montaje y puesta en servicio de una instalación de automatismos industriales.
- 13.8. ¿Qué es un sistema de gestión ambiental?
- 13.9. Enumera seis medidas necesarias para aumentar la seguridad y prevenir accidentes al realizar trabajos de montaje y mantenimiento relacionados con la electricidad y tres medidas de seguridad a tener en cuenta en los trabajos en altura.
- 13.10. ¿Qué son los interruptores de enclavamiento? Cita algunos ejemplos de su utilización en entornos industriales.
- 13.11. Define brevemente en qué consisten los sistemas de control y supervisión de señales de seguridad, relacionándolos con los posibles niveles de seguridad en las instalaciones de automatismos.
- 13.12. Explica brevemente qué son y en qué consisten las cinco reglas de oro para trabajos eléctricos en ausencia de tensión.
- 13.13. ¿Cada cuánto tiempo debe realizarse la prueba de funcionamiento (pulsador de test) de los interruptores diferenciales que protegen un circuito eléctrico?
- 13.14. Razona en cuál de los siguientes supuestos puede trabajar un empleado sin cualificación ni autorización para realizar trabajos eléctricos.
 - a) Ejecución de los trabajos sin tensión.
 - b) Reponer fusibles en tensión.
 - c) Maniobras, mediciones y ensayos en los equipos de la instalación.
 - d) Preparación de trabajos en proximidad de elementos en tensión.
- 13.15. Razona en cuál de los siguientes supuestos puede trabajar un empleado autorizado para realizar trabajos eléctricos.
 - a) Ejecución de los trabajos sin tensión.
 - b) Reponer fusibles en tensión.
 - c) Maniobras, mediciones y ensayos en los equipos de la instalación.
 - d) Preparación de trabajos en proximidad de elementos en tensión.
- 13.16. Explica qué es un autómata de seguridad, cuál es su función, qué características fundamentales tiene y en qué tipo de instalaciones se utiliza.
- 13.17. Cita al menos cinco ejemplos de equipos, dispositivos o aparataje de seguridad integrada y colectiva.

Casos prácticos

- 13.1. Identifica cada una de las señales expuestas a continuación, razonando su significado. Indica, asimismo, en qué lugares o junto a qué equipamiento deberían ser ubicadas.



- 13.2. Completa la siguiente tabla indicando cuáles de las acciones expuestas son correctas o incorrectas a la hora de realizar trabajos en instalaciones eléctricas y de automatismos industriales.

Acción	Correcta	Incorrecta
Desconectar un circuito eléctrico antes de reparar una avería en un receptor		
Manipular conductores eléctricos en estado defectuoso		
Puentear un interruptor automático para que no actúe por exceso de potencia		
Conectar la lavadora en una base de toma de corriente sin toma de tierra		
Desconectar una carga eléctrica si se detectan síntomas de sobrecalentamiento		
Tirar del cable para desconectar un receptor eléctrico		

Utilizar una escalera sobre la superficie de un andamio

Realizar un trabajo en tensión sin utilizar guantes aislantes

Manipular un receptor eléctrico con las manos mojadas

Separar de un circuito eléctrico con una pértiga aislante a una persona que se está electrocutando

Organizar el material eléctrico de recambio y depositarlo en lugares húmedos

- 13.3. Observa las siguientes imágenes, en las que se muestran a diferentes personas efectuando trabajos relacionados con las instalaciones eléctricas.



Para cada una de las imágenes mostradas, responde a las siguientes preguntas:

- ¿El operario está realizando el trabajo adecuadamente?
- ¿Qué equipos o materiales de protección individual identificas en la imagen?
- ¿Qué medidas alternativas de seguridad recomendarías al trabajador?

The first part of the paper
 describes the general situation
 and the results of the
 investigation. The second part
 contains the detailed description
 of the experimental method
 and the results of the
 measurements. The third part
 contains the discussion of the
 results and the conclusions.

The first part of the paper
 describes the general situation
 and the results of the
 investigation.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

The first part of the paper
 describes the general situation
 and the results of the
 investigation.

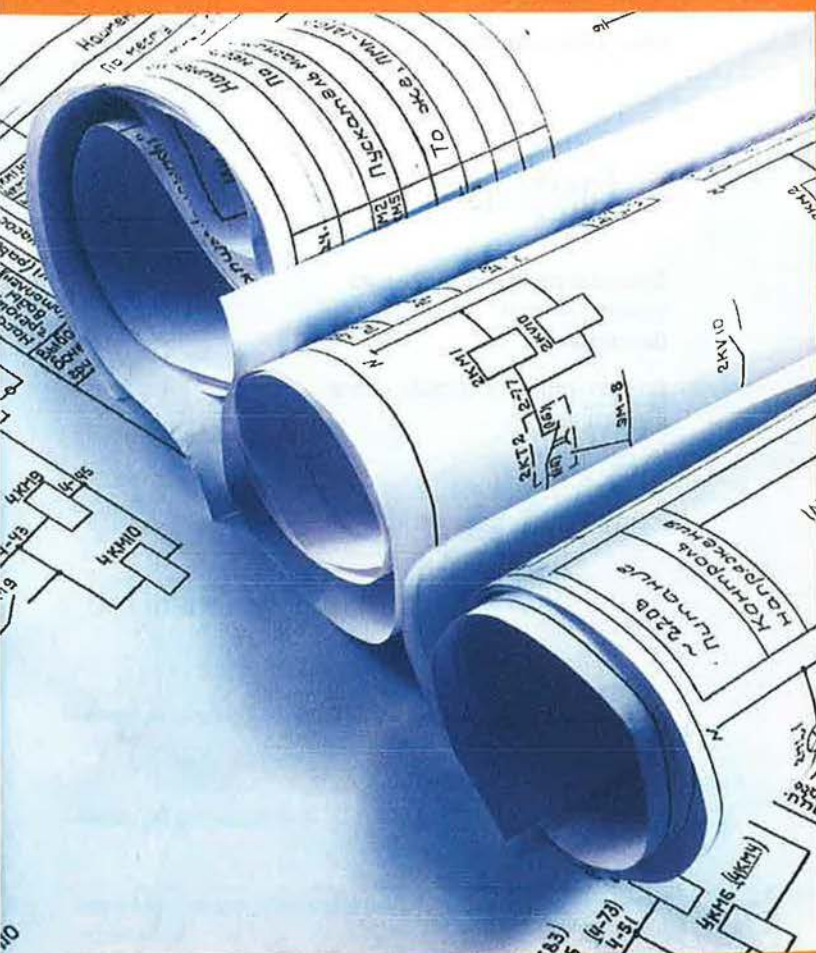
The first part of the paper
 describes the general situation
 and the results of the
 investigation. The second part
 contains the detailed description
 of the experimental method
 and the results of the
 measurements. The third part
 contains the discussion of the
 results and the conclusions.

The first part of the paper
 describes the general situation
 and the results of the
 investigation.



The first part of the paper
 describes the general situation
 and the results of the
 investigation. The second part
 contains the detailed description
 of the experimental method
 and the results of the
 measurements. The third part
 contains the discussion of the
 results and the conclusions.

Anexo. Simbología normalizada



A continuación se ofrece un listado de toda la simbología normalizada relacionada con el entorno de la electricidad y los automatismos industriales, en consonancia con la norma UNE-EN 60617.

Este anexo, por tanto, pretende ser una guía de consulta para facilitar las labores de representación e interpretación de esquemas y planos

Contenidos

- Electricidad general
- Designación de los conductores
- Bornes y conexiones
- Contactos
- Elementos de mando y medida
- Elementos acústicos y de señalización
- Elementos y materiales diversos
- Máquinas eléctricas rotativas
- Elementos y mandos mecánicos

Electricidad general

Corriente alterna	
Corriente continua	
Corriente ondulada o rectificada	
Corriente alterna trifásica a 50 Hz	3 50 Hz
Puesta a tierra	
Puesta a masa	
Tierra de protección	

Designación de los conductores

Conductor, circuito auxiliar	
Conductor, circuito principal	
Haz de 3 conductores	
Representación unifilar	
Conductor neutro	N
Conductor de protección	PE
Conductores blindados (apantallados)	
Conductores trenzados	

Bornes y conexiones



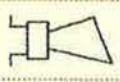



Derivación	
Doble derivación	
Cruce sin conexión	

Borne de conexión móvil	
Borne de conexión fija	
Bornero de conexión	
Conexiones por contacto deslizante	
Clavija macho	
Toma hembra	
Clavija y toma asociada	















Contactos

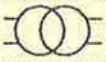













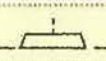
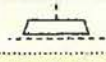
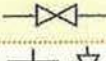






Contacto cierre NA (símbolo general) Izquierda: principal Derecha: auxiliar	
Contacto apertura NC (símbolo general) Izquierda: principal Derecha: auxiliar	
Interruptor (símbolo general)	
Seccionador	
Contactador	
Disyuntor	
Guardamotor	
Interruptor seccionador	
Interruptor seccionador con apertura automática	
Seccionador fusible	

Elementos acústicos y de señalización

Piloto de señalización o lámpara de alumbrado	
Dispositivo luminoso intermitente	
Bocina	
Timbre	
Sirena	
Zumbador	

Elementos y materiales diversos

Fusible	
Fusible con percutor	
Rectificador	
Puente rectificador	
Tiristor	
Condensador	
Pila o acumulador	
Resistencia	
Inductancia	
Potenciómetro	
Varistancia	
Fotorresistencia	
Fotodiodo	
Fototransistor (tipo PNP)	

Transformador de tensión	
Autotransformador	
Transformador de intensidad	
Limitador de sobretensiones	
Pararrayos	
Arrancador	
Arrancador estrella-triángulo	
Aparato indicador o equipo de medida (símbolo general)	
Amperímetro	
Aparato registrador (símbolo general)	
Amperímetro registrador	
Contador	
Contador de amperios/hora	
Freno (símbolo general)	
Freno bloqueado	
Freno liberado	
Válvula	
Electroválvula	
Reloj	
Contador de impulsos	
Detector sensible al contacto	
Detector de proximidad (símbolo general)	
Detector de proximidad inductivo	

Detector de proximidad capacitivo	
Detector fotoelectrónico	

Máquinas eléctricas rotativas

Motor asíncrono trifásico de jaula	
Motor asíncrono trifásico de 2 arrollamientos estáticos separados	
Motor asíncrono trifásico de 6 bornas de salida (acoplamiento estrella-triángulo)	
Motor asíncrono trifásico de polos conmutables (motor de 2 velocidades tipo Dahlander)	
Motor asíncrono trifásico, motor de anillos	
Motor de imán permanente	
Generador de corriente alterna	
Generador de corriente continua	
Motor de corriente continua con excitación independiente	
Motor de corriente continua con excitación compuesta	
Motor de corriente continua con excitación en serie	

Elementos y mandos mecánicos

1) Enlace mecánico largo	
2) Enlace mecánico corto	
Dispositivo de enganche	

Dispositivo de enganche retenido	
Dispositivo de enganche liberado	
Retorno automático	
Retorno no automático	
Retorno enganchado	
Enclavamiento mecánico	
Bloqueo	
Mando mecánico manual (símbolo general)	
Mando mecánico por pulsador (retorno automático)	
Mando mecánico por tirador (retorno automático)	
Mando mecánico rotativo (de enganche)	
Mando mecánico de seta	
Mando mecánico por volante	
Mando mecánico por pedal	
Mando mecánico de acceso restringido	
Mando mecánico por palanca	
Mando mecánico por palanca con maneta	
Mando mecánico por llave	
Mando mecánico por manivela	
Mando mecánico por pulsador con desenganche automático	
Mando mecánico por roldana	
Mando mecánico por palanca y roldana	
Mando mecánico por motor eléctrico	
Traslación hacia la derecha	
Traslación hacia la izquierda	
Traslación en ambos sentidos	
Rotación de sentido directo	
Rotación de sentido inverso	
Rotación en ambos sentidos	
Rotación limitada en ambos sentidos	

