

BINVAC

ACCIDENTES DE TRABAJO INVESTIGADOS

La base **ACCIDENTES DE TRABAJO INVESTIGADOS. BINVAC** del portal SITUACIONES DE TRABAJO PELIGROSAS, en la que esta ficha está inscrita, está orientada a ofrecer información de situaciones de trabajo peligrosas con fines preventivos. En ella se describen situaciones de trabajo reales en las que se han producido o se pueden producir daños a la salud de los trabajadores, identificando los elementos más relevantes para su prevención, así como las medidas preventivas adecuadas.

La aplicación de estos contenidos a situaciones concretas de riesgo laboral debe ser evaluada previamente y llevada a cabo siempre por profesionales competentes en Prevención de Riesgos Laborales.

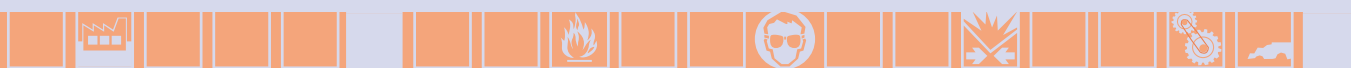
Uno de los objetivos de esta base es ayudar al cumplimiento de la legislación en Prevención de Riesgos Laborales, pero no debe presuponerse una automática conformidad de los contenidos con la legislación vigente.

En esta base se incluyen fichas de accidentes elaboradas y revisadas por un grupo de expertos de los organismos públicos dedicados a la seguridad y salud en el trabajo cuyos logotipos se muestran al final de esta página, que en el listado web figuran como “Grupo BINVAC”, así como otras elaboradas exclusivamente por alguno de estos organismos, y en ese caso en el listado web figura su nombre como autor de la ficha.

La información contenida en estas páginas proviene de diversas fuentes. El grupo de expertos en Prevención de Riesgos Laborales las ha seleccionado y ha considerado de utilidad su divulgación. Ni el INSHT ni los autores de los contenidos pueden asumir ninguna responsabilidad derivada de la utilización que terceras personas puedan dar a la información aquí presentada.

participan:





ACCIDENTES DE TRABAJO INVESTIGADOS

045. Electrificación de un trabajador por alta tensión en un centro de transformación

DATOS DEL ACCIDENTE

dato	código			texto
Actividad económica (CNAE)	4	3	2	Instalaciones eléctricas
Actividad física específica	4		1	Coger con la mano, agarrar, sujetar, poner - en un plano horizontal
Desviación	1		2	Problema eléctrico que da lugar a un contacto con un elemento anormalmente en tensión
Forma (contacto, modalidad de la lesión)	1		2	Contacto directo o indirecto con la electricidad, recibir una descarga eléctrica
Agente material de la actividad física	0	5	0 1 0 3 0 0	Transformadores eléctricos
Agente material de la desviación	0	5	0 1 0 3 0 0	Transformadores eléctricos
Agente material causante de la lesión	0	5	0 1 0 3 0 0	Transformadores eléctricos

DESCRIPCIÓN

Tarea

Dos trabajadores de una subcontrata del centro de transformación estaban realizando tareas de mantenimiento programado en el Transformador T2 de dicho centro.

Accidente

Terminadas las tareas de mantenimiento los trabajadores proceden a reponer la tensión siguiendo los pasos inversos del procedimiento para dejar sin tensión la instalación. Estando todavía el transformador aislado de las fuentes de alimentación de alta y baja tensión, se retiraron las conexiones a la tierra de protección de los bornes de baja tensión, y se conectaron a estos bornes los cables de baja tensión (desconectados en la celda del resto de la instalación). Posteriormente, el trabajador comprueba manualmente la conexión dando un tirón y en ese momento recibe una descarga eléctrica. La naturaleza de las lesiones (heridas de entrada y salida en mano y abdomen, y quemaduras de tercer grado) que presenta el trabajador demuestran una electrificación por alta tensión.

Datos complementarios

Descripción de la instalación eléctrica:

El centro de trabajo es una instalación de conversión de energía eléctrica de alta a baja tensión, compuesta de de un Centro de Seccionamiento y un Centro de Transformación (ver fotografía), unidos por una conexión subterránea.



Características de los centros	
Centro de seccionamiento (CS)	Centro de Transformación (CT)
Tipo de centro de seccionamiento: Prefabricado.	Tipo de centro de transformación: Interior de edificio
Tensión nominal: 20.000 voltios	2 Transformadores de potencia.- Potencia de transformación: 400 kVA Tensión nominal primario (alta): 20.000 voltios Tensión nominal secundario (baja): 400 voltios
Acometida subterránea	Acometida subterránea
Protecciones: Relés en el interior del CS y fusible tipo XS en el apoyo a la acometida	Conexión de neutro a tierra: Directa

Equipos de Alta y Baja Tensión

Este equipamiento incluye los órganos de accionamiento (Interruptores, seccionadores, seccionadores de puesta a tierra) y de protección (relés, ruptofusibles y térmicas). Las celdas de alta y baja tensión están alojadas en un mismo recinto, separado pero colindante a los recintos de los transformadores.

Celdas de Alta Tensión

Para cada transformador se dispone de una celda de Alta Tensión, cada celda dispone de interruptores de apertura y cierre y seccionadores, que permiten aislar los transformadores de la red de alta tensión, y seccionadores de puesta a tierra, que permiten conectar a la tierra de protección, los bornes de alta tensión del transformador.

El acceso a las celdas de Alta tensión está restringido por una jaula, que tiene una puerta en la que su llave de acceso, es la misma que la que se utiliza para acceder a cualquiera de los dos transformadores. Esta llave no se puede extraer de la puerta del recinto de los transformadores, si ésta no está cerrada. Al existir una única llave, este sistema impide el acceso a las celdas de operación de Alta Tensión, si alguna de las puertas de los cuartos de transformadores está abierta.

Equipos de Baja Tensión

Para cada transformador, se dispone de un interruptor de apertura y cierre de la conexión hacia los elementos de baja tensión. Existe un dispositivo de seguridad que impide la conexión simultánea de los dos transformadores hacia los elementos de baja tensión. Cada interruptor dispone de una llave de enclavamiento, que se puede extraer cuando el transformador correspondiente está desconectado del embarrado de baja tensión. Si una vez realizada la desconexión, el trabajador conserva la llave del interruptor, puede tener la seguridad de que no se podrá acceder a éste para restablecer la conexión.

Procedimientos de trabajo utilizados:

Supresión de la tensión

Desconexión, puesta a tierra y bloqueo de los elementos de Alta Tensión

Se aisló la conexión del primario del Transformador T2 con la red de Alta Tensión, mediante la apertura del interruptor y puesta a tierra de su celda de protección. Para el bloqueo se cerró con llave la jaula, y se trabajó en el recinto de transformadores con la puerta abierta. La llave es la misma y no se puede abrir la jaula mientras la puerta de los transformadores está abierta, ya que la llave única de ambas cerraduras, no se puede sacar de la puerta del transformador si está abierta.

Desconexión de los elementos de Baja Tensión y bloqueo del interruptor

Se aisló la conexión del secundario de transformador con la red de Baja Tensión, mediante la apertura del interruptor tetrapolar del cuadro de Baja Tensión y enclavamiento posterior con una llave, que llevaba el trabajador accidentado en el bolsillo en el momento del accidente, para asegurar que ninguna persona pueda reconectar los elementos de baja tensión.

Verificación de la ausencia de tensión

Se comprobó la ausencia de tensión en los bornes de Alta y Baja tensión del transformador

Puesta tierra de elementos de Baja Tensión

Para hacer las conexiones a tierra del secundario del transformador, se desconectaron primero los cables de Baja Tensión de los bornes del secundario y, posteriormente, se conectaron los cables de puesta a tierra en estos bornes.

Trabajos de mantenimiento

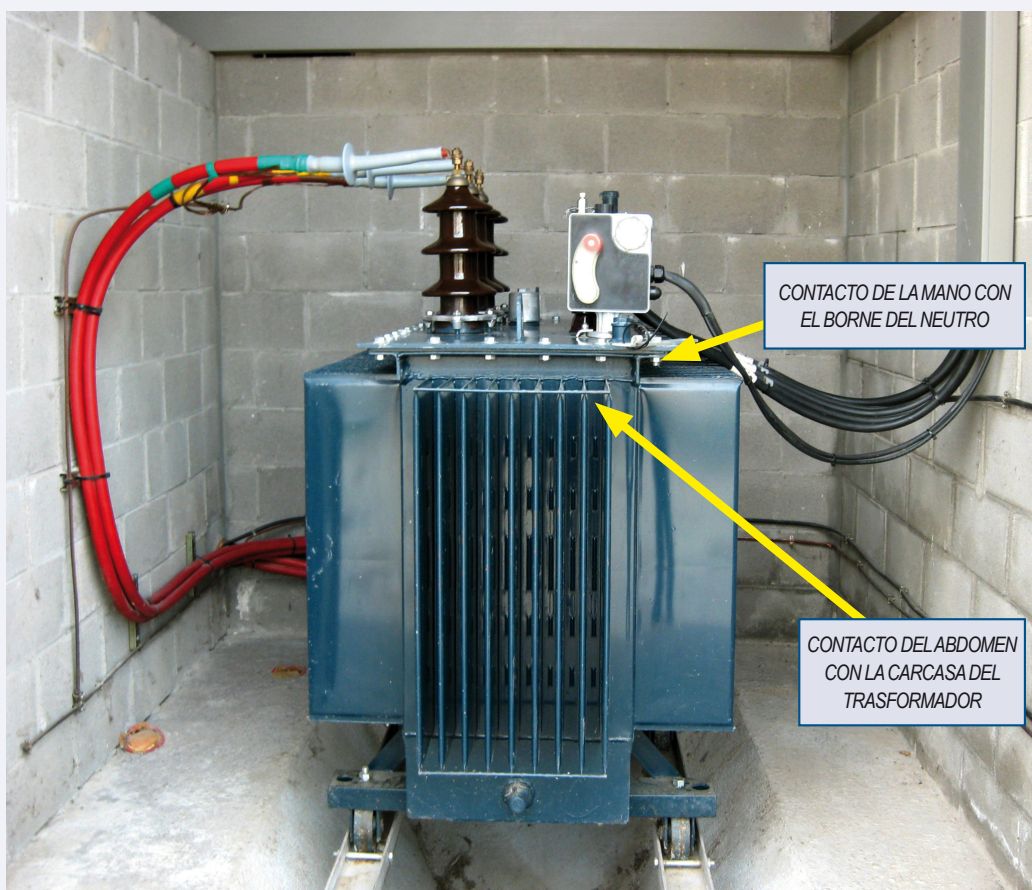
Los trabajos de mantenimiento se realizaron con la instalación “sin tensión”, al aplicar el procedimiento anterior. Los trabajadores disponían de EPIS para trabajos eléctricos y de EPIS para trabajos donde se requería protección mecánica.

Para los trabajos de mantenimiento los trabajadores utilizaron guantes de protección mecánica. El trabajador accidentado estaba autorizado por la empresa como trabajador cualificado conforme a lo establecido en el [RD 614/2001](#).

Reposición de la tensión

Finalizados los trabajos de mantenimiento se procedió a reponer la tensión siguiendo el procedimiento inverso al descrito para la supresión de la tensión. El transformador donde se estaba trabajando todavía estaba aislado de las fuentes de alimentación de Alta y Baja Tensión. Los pasos que se realizaron fueron los siguientes:

- Se retiraron, del secundario del transformador, las conexiones de protección a tierra de los bornes de baja tensión.
- Se conectaron los cables de Baja Tensión (desconectados en el cuadro del resto de la instalación, por lo que no estaban en tensión) a los bornes del secundario del transformador.
- Posteriormente se comprobó el apriete de todos los terminales de Baja Tensión, tirando del cable de cada fase con la mano enfundada en guantes de protección mecánica, pero no eléctrica. **El momento en que sucedió el accidente fue cuando el trabajador accidentado estaba comprobando el apriete del cable del neutro.**



Otros datos de relevancia

Informe de un Organismo de Control Autorizado (OCA)

Posteriormente al accidente, el titular del centro de trabajo solicitó un informe técnico sobre el estado de las instalaciones. El informe concluye que los elementos de protección de la instalación están en correcto estado:

- El suelo de hormigón tiene un aislamiento de tierra suficiente y no ofrece peligro.
- La tensión de contacto (diferencia de potencial que se podría producir, entre el pie y la mano de un trabajador que tocara en ese momento el electrodo de tierra), y la tensión de paso (diferencia de potencial que se podría producir entre los dos pies de un trabajador, separados 1 metro), tienen tensiones inferiores a 2 voltios, muy por debajo de valores que puedan ser peligrosos.
- La toma de tierra de protección tiene una conductividad suficiente.
- La toma de tierra del neutro tiene una conductividad suficiente.

Situación del Transformador T2 en el momento del accidente

El transformador T2 estaba aislado de las fuentes de tensión eléctrica. En el momento de producirse el accidente, el transformador T2 estaba en la siguiente situación:

- o **Los tres bornes de alta tensión**, situados en el primario del transformador, estaban aislados de la fuente de alimentación de la red de alta tensión, y conectados a la tierra de protección. Esta situación se establece en la celda de AT, que está situada en una jaula bajo llave, que impide el acceso de terceras personas.
- o **Los cuatro bornes de baja tensión** (tres fases más neutro), están desconectados de la red de baja tensión. Esta situación se establece en la celda de BT, que dispone de enclavamiento con llave, que impide el acceso de terceras personas.
- o Los bornes de baja tensión no tienen conectadas las tierras de protección.
- o Las únicas conexiones eléctricas que tiene el transformador son las siguientes:
 - Carcasa del transformador y bornes de alta tensión.- Conectados a la tierra de protección (masas)
 - Neutro en baja tensión.- Conectado a la tierra del neutro (servicio).
 - Al tratarse de un régimen de neutro TT, la tierra de neutro y la de protección han de ser diferentes e independientes (deben de estar situadas a la suficiente distancia para que un fallo en el neutro no influya en las masas).

Por tanto, al estar el transformador aislado tanto de la fuente de alimentación de alta tensión como de la red de baja tensión, **las únicas conexiones con el exterior eran la tierra del neutro y la tierra de protección.**

El trabajador que se electrizó tenía las heridas del contacto eléctrico, por las que pasó la corriente, entre la mano derecha y en el abdomen. La mano derecha entró en contacto con el borne del neutro de baja tensión. El abdomen estaba en contacto con el chasis del transformador, mientras el trabajador comprobaba la conexión del cable del neutro.

Indicios de un fallo en el Centro de Seccionamiento

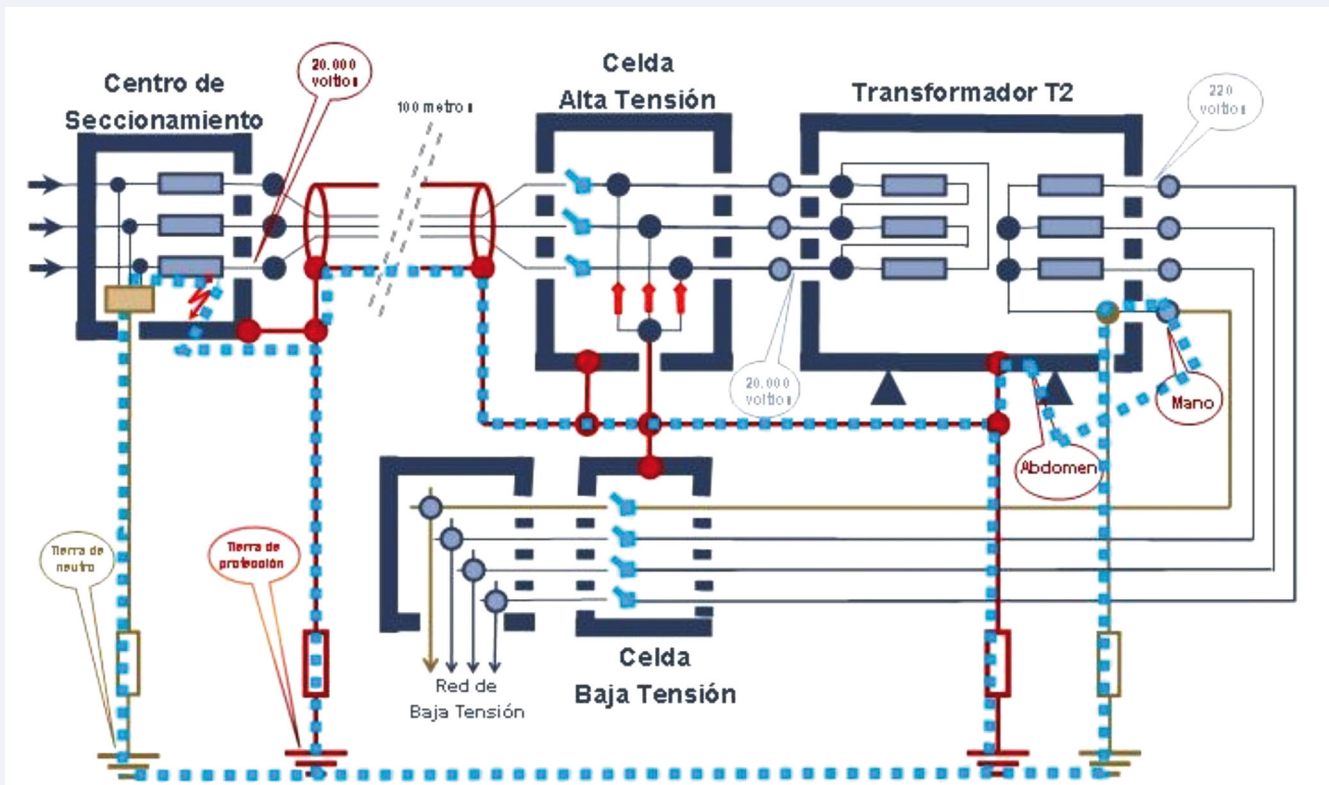
Después del accidente se cortó la alimentación en el transformador T1, y cuando se intentó reponer la tensión no fue posible restablecer la alimentación. Este hecho hizo pensar que pudiera existir un problema externo a los transformadores, por lo que se investigó la situación del Centro de Seccionamiento, situado a unos 100 metros del lugar del accidente y se detectó que salía humo de la celda de medida, concretamente de un transformador de intensidad (TI).

Explicación técnica del accidente

Los datos indican que pudo haber producirse en el Centro de Seccionamiento un fallo en un transformador de intensidad (TI), que pudo poner en tensión la tierra de protección, simultáneamente a la realización de los trabajos en el Centro de Transformación.

El cable de Alta Tensión que une el Centro de Seccionamiento (CS) con el Centro de Transformación (CT), dispone de una malla metálica que une las tierras de protección del CS y CT. Esta malla metálica trasladó

la alta tensión que se produjo en la tierra de protección del CS a la tierra de protección de CT, y por tanto a la carcasa del transformador T2, donde se apoyó el trabajador. Al tener el neutro una tierra independiente, se produjo una diferencia de potencial de alta tensión entre la carcasa y el borne del neutro. (Ver esquema)



El rayo rojo indica el fallo en el IT que hizo que la malla metálica que une las tierras se pusiese en tensión (línea roja). Los bocadillos indican las zonas de contacto del trabajador con la carcasa, abdomen, y el neutro, mano. La línea azul punteada muestra el recorrido de la corriente.

CAUSAS

Causas relativas a la ausencia o deficiencias en los elementos de protección

- Durante el procedimiento de supresión de la tensión, se han desconectado los cables del secundario de los bornes del transformador (de baja tensión), para colocar los cables de puesta a tierra a los bornes de baja tensión directamente. Luego, en la operación inversa, se han quitado primero los cables de puesta a tierra, por lo que cuando, posteriormente, se conectan los cables del secundario, ya se estaba trabajando "en tensión". Se deberían haber utilizado unos cables de puesta a tierra con pinzas que se puedan fijar a las pletinas de los bornes, de forma que permitiesen conectar y desconectar los bornes de Baja Tensión con los cables de puesta a tierra previamente conectados. Se estaba, pues, trabajando en tensión a partir del momento en que se retiró la protección que suponen los cables de puesta a tierra.



En la imagen vemos los cables de puesta a tierra utilizados

Causas relativas a la organización del trabajo y gestión de la prevención

Procedimiento de trabajo indebido, que puede suponer un riesgo para los trabajadores en caso de que, de forma simultánea, se produzca un fallo en otro elemento de la instalación, como así ha sucedido al producirse una derivación en el Transformador de Intensidad de Alta Tensión, situado en el Centro de Seccionamiento. Las actuaciones indebidas son las siguientes:

- Durante la supresión de la tensión, se han desconectado los cables del secundario de los bornes del transformador (de baja tensión), para conectar a éstos las tierras de protección.
- Esto implica que cuando se realiza la reposición de la tensión, los cables de baja tensión tienen que conectarse después de haber retirado las tierras de protección, por lo que se trataría de un trabajo “en tensión”, lo que contradice el principio general (que no excluye el embornado de los cables y la comprobación de los aprietes) que obliga a que cualquier trabajo se realice sin tensión ([artículo 4.2 del RD 614/2001](#)).
- Se han conectado los cables de baja tensión al secundario del transformador, y se ha comprobado manualmente la fiabilidad de la conexión, estando el sistema “en tensión”, sin haberse adoptado las medidas de protección establecidas para este tipo de trabajos (mantenimiento de distancias de seguridad, uso de EPIs,...).
- A pesar de la sólida cualificación técnica y preventiva de los trabajadores implicados, se ha producido una identificación errónea del trabajo de conexión de los cables de baja al secundario del transformador, considerándolo “sin tensión”. Entre los técnicos cualificados del sector está extendida la idea de la falsa seguridad que ofrece un equipo aislado de las fuentes de energía, en el que los bornes de alta tensión están conectados a las tierras de protección y el neutro a la tierra de servicio. Esta falsa idea se ha podido ir asentando, por la baja frecuencia de accidentes producidos en estas circunstancias, ya que se requiere que se produzca un fallo en otro elemento de la instalación, en el mismo momento en que se realiza el contacto del trabajador, por una parte a la carcasa unida a la tierra de protección, y por otra al borne del neutro.

RECOMENDACIONES PREVENTIVAS

- **Todo trabajo** en una instalación eléctrica, o en su proximidad, que conlleve un riesgo eléctrico, **deberá efectuarse sin tensión**, salvo en los casos que se indican en los [apartados 4.3 y 4.5 del RD 614/2001](#).
- En el procedimiento de supresión de la tensión, las **tierras de protección** se conectarán a los bornes de los equipos, sin desconectar previamente los cables que están unidos a éstos. En el procedimiento de reposición de la tensión, después de retirar las tierras de protección, no se realizará ninguna operación con los cables de alimentación. De esta forma, si fuera necesario realizar algún trabajo con los cables conectados a los bornes de algún equipo, éste se realizará una vez se hayan realizado las conexiones a la tierra de protección. Así se asegura que la manipulación de los cables es un trabajo realizado “sin tensión”.
- Durante el procedimiento de supresión y restablecimiento de la tensión, se procurará mantener la **distancia de seguridad**, además de a las partes activas, a los elementos metálicos de la zona de trabajo que, en la medida de lo posible, se aislarán mediante **accesorios aislantes** (fundas, capuchones, películas plásticas aislantes, etc.).
- Elaborar un procedimiento de **inspección** de los trabajos, en el que se compruebe el cumplimiento escrupuloso por los trabajadores de las normas de trabajo seguro, establecidas por la empresa.
- **Elaborar un plan de información a los trabajadores**, para desmontar la falsa sensación de seguridad que les ofrece un equipo aislado de las fuentes de energía. Se les informará sobre las causas que provocan este tipo de accidentes, así como sobre las medidas preventivas a tener en cuenta, para evitar nuevos accidentes.
- **Actualizar la evaluación de riesgos y la planificación preventiva** incluyendo, al menos, las recomendaciones indicadas.