



Exposición a HTF en centrales termosolares de concentradores cilíndrico parabólicos

HTF exposure in thermosolar power stations of cylindrical parabolic concentrators
Exposition à HTF dans les centrales thermosolaires de concentrateurs cylindriques paraboliques

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad
y Salud en el Trabajo (INSST)

Elaborado por:

Óscar Lerma García
 María Sánchez Fuentes
 CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS. INSST

Esta Nota Técnica de Prevención profundiza en la prevención de riesgos laborales para proteger a los trabajadores de centrales termosolares de concentradores cilíndrico parabólicos, frente a los riesgos específicos que conlleva trabajar con fluidos caloportadores.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La energía gratuita e ilimitada que nos proporciona el sol habitualmente se aprovecha de forma industrial de dos maneras, mediante tecnología fotovoltaica o mediante tecnología térmica:

- La tecnología fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad de forma directa gracias al efecto fotoeléctrico.
- La tecnología térmica utiliza de forma eficiente el calor de la luz solar para impulsar un motor térmico conectado a un generador de electricidad.

El fundamento de las centrales termosolares de concentradores se basa en utilizar la energía del sol para calentar un fluido caloportador, en inglés Heat Transfer Fluid (HTF), que circula a través de un campo solar. Posteriormente esta

energía térmica se transfiere a un circuito de vapor que se utilizará en un conjunto de turbinas para producir energía eléctrica.

Una de las ventajas de este sistema es la posibilidad de almacenar la energía y emplearla cuando la demanda lo requiera. El HTF, en lugar de transferir la energía térmica a un circuito de vapor, puede transferirla a un circuito de sales fundidas, que luego pasará al circuito de vapor y a las turbinas cuando sea preciso.

En España la tecnología más empleada para aumentar la temperatura del HTF es la de concentradores cilíndrico parabólicos (CCP), centrándose esta NTP en el HTF que utilizan.

La figura 1 es un esquema simplificado del funcionamiento de una central termosolar de CCP, sin tener en cuenta los sistemas de recuperación del HTF.

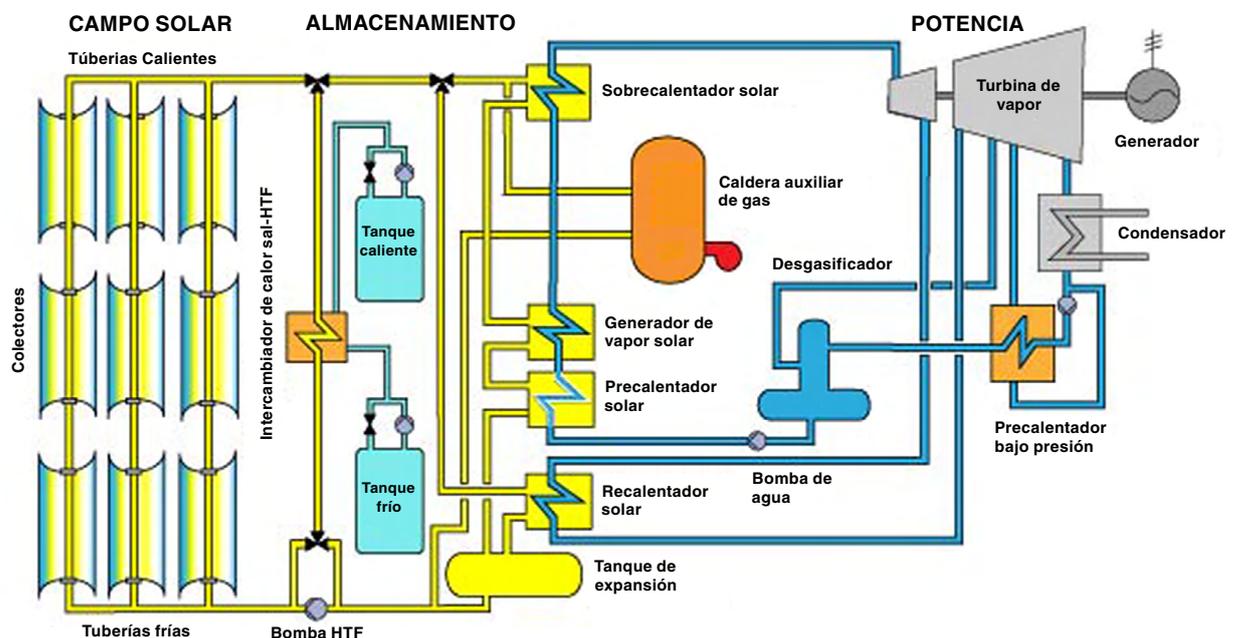


Figura 1: Esquema simplificado de central termosolar de CCP

2. FLUIDO CALOPORTADOR (HTF)

El HTF utilizado en la mayoría de las centrales CCP existentes en el mundo es un aceite sintético, consistente en una mezcla de bifenilo al 27% y óxido de difenilo al 73% (CAS 8004-13-5).

El propósito de su uso es captar la energía solar en el campo solar y transferirla mediante intercambiadores a un circuito de vapor. Para ello se introduce el HTF en el campo solar a una temperatura de 290°C, llegando a alcanzar los 390°C al finalizar su recorrido, obteniéndose un salto térmico de 100°C. Aunque se podría alcanzar una temperatura de salida superior, obteniéndose con ello un mayor rendimiento energético, superar los 400°C supone la degradación del HTF y la pérdida de sus propiedades.

La presión de vapor de la mezcla a 25°C es prácticamente cero (0,025 mmHg $3 \cdot 10^{-5}$ bar a 25°C), pero, en el rango de temperaturas de trabajo, la presión de vapor oscila entre los 2,6 bares y los 10,6 bares (Ver figura 2). Por tanto, para que la mezcla se presente siempre en fase líquida y circule por los conductos, la presión debe mantenerse siempre por encima de lo indicado anteriormente.

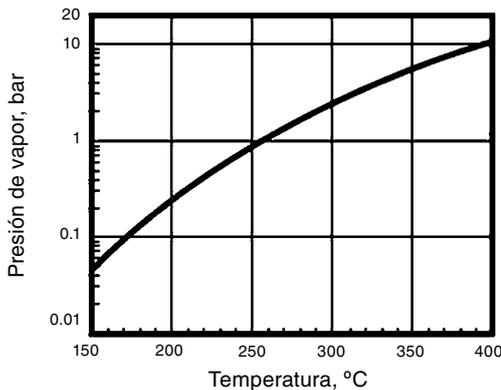


Figura 2: Relación Presión de Vapor-Temperatura del HTF

Habitualmente el circuito del HTF tiene una presión mínima superior a 8 bares. Si se tiene en cuenta que la diferencia de presión entre la entrada y salida es de en torno a 8 bares, esto exige que las bombas de impulsión sean capaces de generar al menos una presión de 16 bares, siendo normal que se dimensionen para unos 20 bares. Estos datos genéricos varían en función del diseño y las condiciones de trabajo.

Peligrosidad del HTF

El Catálogo de Clasificación y Etiquetado (CyE) de la ECHA, así como las fichas de datos de seguridad del producto de los principales fabricantes y distribuidores, indican que esta mezcla causa irritación cutánea, irritación ocular grave, y además, en caso de inhalación, puede irritar las vías respiratorias (indicaciones de peligro H315, H319 y H335).

Desde el punto de vista medioambiental, el HTF es muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos, presentando peligro tanto a corto como a largo plazo para el medio ambiente acuático (indicaciones de peligro H400 y H410). Por tanto, todos los posibles derrames deben ser contenidos y los efluentes generados deben ser convenientemente tratados para minimizar su liberación al medio ambiente.

En la mencionada ficha de seguridad se hace referencia a la estabilidad del producto, indicándose la apa-

rición de trazas de fenol y benceno en los productos de descomposición.

Se sabe que el benceno es carcinógeno para el hombre y se considera que induce mutaciones hereditarias en las células germinales humanas, además se absorbe por vía dérmica. En estado líquido o vapor es muy inflamable, pudiendo ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias, provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, además de daño en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

Por otra parte el fenol se absorbe por vía dérmica. Es tóxico en caso de ingestión, inhalación o contacto con la piel, provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves, se sospecha que provoca defectos genéticos, y puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

Otro peligro relevante del HTF es la posibilidad de generación de atmósferas explosivas, por lo que las zonas con riesgo de exposición a HTF deben identificarse como zonas ATEX, aunque esta NTP no tiene por objeto desarrollar esa situación.

Degradación del HTF

Una de las situaciones a contemplar de la mezcla de bifenilo y de óxido de difenilo, es su degradación, hecho que afecta a sus propiedades, como ya se ha mencionado anteriormente. Puede tener básicamente tres orígenes:

- Al arrastrar, disolver o emulsionar sustancias dentro de los conductos de la instalación originados principalmente en la fase constructiva.
- Su oxidación. Para evitar esta complicación el circuito de HTF se inertiza con nitrógeno. Esto además genera una disminución del riesgo de inflamación del HTF.
- Degradación térmica del HTF debido a la variación de temperatura. Esta degradación de la calidad del fluido supone una pérdida de sus propiedades de transporte térmico que conlleva problemas operativos y económicos. Uno de los servicios que ofrecen algunos fabricantes es el análisis del HTF, para determinar su nivel de pureza, y su posible sustitución cuando sus propiedades supongan un perjuicio económico.

En diversos estudios realizados, las sustancias que aparecen como consecuencia de la descomposición de la mezcla de bifenilo al 27% y óxido de difenilo al 73% son, o sustancias con punto de ebullición por debajo de los 256°C, denominados "Low boilers" (fenol, benceno, etc.), o productos con punto de ebullición por encima de los 256°C, conocidos como "High boilers" (dibencenofurano, bifenilmetano, trifenilmetano, etc.).

Puesto que la utilización de un HTF en condiciones óptimas para la eficacia de la central es un aspecto crítico, las centrales termosolares incorporan para su recuperación el denominado "sistema de ullage" que consiste en un sistema de destilaciones y condensaciones para la separación del HTF de los productos originados por su degradación. Este sistema de recuperación solo se activa cuando el HTF alcanza un determinado nivel de degradación.

Los productos resultantes de la recuperación son: residuos sólidos, gases high boilers y low boilers, agua y nitrógeno. El HTF purificado se recircula al circuito principal. Los sólidos y las aguas contaminadas se retiran como residuos peligrosos cumpliendo con la normativa vigente en esta materia. Para la eliminación de la fracción volátil unas centrales disponen de filtros de carbón activo y otras de una antorcha donde se queman.

Exposición a HTF y subproductos del HTF

El circuito por donde circula el HTF conceptualmente es cerrado y está presurizado, pero en la práctica no es estanco. Está formado por varios elementos, entre ellos unos espejos concentradores que tienen piezas móviles que posibilitan su movimiento siguiendo al sol. El desgaste que se produce en los sellos de las juntas rotativas hace que se pierda la estanqueidad del circuito HTF, produciéndose pequeños vertidos y emisiones gaseosas. Otros puntos donde podría existir algún tipo de emisión son los venteos, alivios de presión, toma de muestras, carga del circuito, etc. En resumen, cualquier unión no estanca del circuito de HTF es un punto de posible exposición a las sustancias contenidas en el circuito.

Hay varios escenarios en los que se puede producir exposición a HTF y a sus subproductos en las centrales termosolares:

- En el trabajo estándar:
 - Exposición del trabajador por encontrarse en una zona de emisiones o fugas (venteos, alivios de presión, juntas rotativas, etc.) con posible exposición a HTF, nitrógeno y productos de descomposición.
 - Trabajos de mantenimiento en el circuito de HTF, como puede ser la sustitución de algún elemento, revisión de filtros de las bombas del circuito o cualquier otro tipo de tarea de mantenimiento que suponga la apertura total o parcial del conducto de HTF. Esta exposición puede ser desde la inhalación de HTF y otros gases presentes, a exposición dérmica, riesgo de quemadura por contacto térmico, e irritación cutánea u ocular.
- En el proceso de purificación del HTF: La fracción pesada y los sólidos se eliminan como residuo sólido y peligroso. Para la eliminación de la fracción volátil, que es donde aparecen benceno y fenol, como se ha mencionado antes, o bien se utilizan antorchas, o bien filtros de carbón activo. En las centrales termosolares de CCP se dispone de un sistema o del otro. En el caso de los filtros de carbón activo existe riesgo de exposición a benceno y fenol durante la sustitución del filtro, así como en la gestión del residuo. También es crítico el momento de trasiego del carbón activo del soporte del filtro al punto donde se retire.
- En la gestión de suelos contaminados: El suelo se contamina en caso de derrame de HTF fuera del circuito. El empleo de sepiolita para la recogida de vertidos ayuda a disminuir la filtración de HTF en el terreno. Este suelo se manipula habitualmente, en caso de derrames importantes, con maquinaria para movimiento de tierras y se confina en lonas impermeables hasta su retirada como residuo peligroso, evitando así la generación de lixiviados y la exposición a los vapores provenientes del propio HTF y su degradación.

3. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Reglamentación

Se ha mostrado anteriormente que los trabajadores pueden estar expuestos a agentes químicos, y la posible presencia de una sustancia cancerígena como es el benceno, por lo que la normativa específica a considerar en estas instalaciones incluye:

- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores

contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

Además de esta normativa laboral, también es útil otra normativa, como puede ser la de seguridad industrial o medio ambiental, por ejemplo:

- Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH).
- Reglamento (CE) nº 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (Reglamento CLP)
- Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados.

Evaluación de Riesgos

Ya que en las centrales termosolares actuales se emplea como HTF el fluido mezcla de bifenilo y óxido de difenilo anteriormente detallado, es preciso evaluar el riesgo de exposición a HTF y sus subproductos. Cuando la tecnología evolucione lo suficiente y se produzca el cambio a otras sustancias, como podrían ser mezclas de sales fundidas, o se consigan cambios del diseño, como podría ser, por ejemplo, el uso de un circuito único de vapor, entonces en la evaluación de riesgos habrá que considerar otros agentes, pero actualmente lo que se necesita considerar es la exposición a HTF y sus subproductos.

Para valorar el nivel de riesgo la estrategia de muestreo debe determinar previamente las actividades y zonas de posible exposición. La identificación de los puntos de posibles fugas va a ser un aspecto imprescindible para determinar los puntos de muestreo.

Se precisa la realización de mediciones higiénicas en las zonas y actividades identificadas. Estas mediciones podrán ser tanto ambientales como personales.

Describir las situaciones de emergencia, derrames, explosión o incendio también forma parte de la evaluación.

Es preciso tener siempre presente el posible efecto aditivo de las sustancias químicas a la hora de valorar la exposición, especialmente tratándose de compuestos orgánicos volátiles (COV). La NTP 925 publicada por el INSST puede ser de utilidad al respecto.

Al elaborar la estrategia de muestreo, para que, una vez realizadas las mediciones, los resultados sean representativos y se puedan extraer conclusiones fiables, se aconseja seguir las indicaciones del apéndice 4 de la Guía Técnica elaborada por el INSST sobre el RD 374/2001, para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos, y tener en cuenta la actualización de la norma UNE-EN 689:2019: Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional.

Como se indica en la mencionada guía técnica, es probable que haya que repetir mediciones, por ejemplo, si fuese necesario medir en el proceso de regeneración de los filtros de carbono, operación que se realiza 1 ó 2 veces al año y las condiciones pueden variar mucho. Para que las mediciones puedan ser comparables y válidas en el proceso de evaluación del riesgo es muy importante detallar las condiciones en que se han realizado: en qué punto concreto del campo solar/circuito, hora, equipos de medida y condiciones de temperatura y presión del conducto.

Existe gran variedad de detectores de benceno ya desarrollados para la industria química o petroquímica. Considerando la extensión de terreno por la que pasa el circuito HTF una posibilidad sería dotar de equipos de medida portátiles a los trabajadores que se mueven por zonas con riesgo de exposición.

Además de las mediciones ambientales, también es básico realizar controles biológicos de exposición a benceno y fenol. La NTP 486 titulada "Evaluación de la exposición a benceno: control ambiental y biológico" indica posibles métodos ambientales y biológicos a seguir, ya que tanto el benceno como el fenol tienen VLB®, los mostrados en la figura 3.

| Agente químico | INDICADOR BIOLÓGICO | VALORES LÍMITE VLB® | MOMENTO DE MUESTREO |
|----------------|------------------------------------|-----------------------|--|
| Benceno | Ácido S-Fenilmercaptúrico en orina | 0,045 mg/g creatinina | Final de la jornada laboral, o lo antes posible tras la exposición real si no coincide con el final de la jornada laboral. |
| | Ácido t,t-Mucónico en orina | 2 mg/l | |
| Fenol | Fenol en orina | 120mg/g creatinina | |

Figura 3. Valores límite Biológicos.

En la actualidad, en alguna central se están implantando detectores ópticos para la detección de nieblas de HTF en el campo solar, que activan una alarma cuando las detectan. Este sistema está en fase de pruebas, utilizándose únicamente como detectores, no asociándose a ningún otro sistema de nebulización en la zona donde la niebla es detectada.

El HTF tiene un olor característico a partir de 9 ppb. La exposición a vapores de HTF a temperatura ambiente es mínima debido a su baja volatilidad. Una exposición excesiva puede irritar el tracto respiratorio superior (nariz y garganta) y los pulmones. Su olor puede causar dolor de cabeza y náuseas.

Solamente donde se producen emisiones fuera del circuito presurizado de HTF a la atmósfera se puede entrar en contacto con el HTF gaseoso. En espacios abiertos como el campo solar, este olor característico solo se percibirá en la proximidad del punto de fuga. En zonas no expuestas a las corrientes de aire notar el olor característico puede llegar a indicar dónde está el origen de la fuga, pero **esta estrategia de detección olfativa presenta riesgos y no debe realizarse** ni sustituir el uso de instrumentación específica, ya que, el principal peligro no es el HTF, sino las sustancias originadas por su degradación (benceno, fenol), presentes en los conductos por donde fluye el HTF a alta temperatura.

En las centrales termosolares existe personal que revisa el campo solar y otras instalaciones de forma periódica, advirtiendo de cualquier posible incidencia. En algunas instalaciones, son equipos con dedicación exclusiva y se les conoce como "rondistas".

Prevención y reducción de la exposición

A continuación se indican varios aspectos en los que se puede intervenir:

- Instalar lavamanos y lavaojos.
- Cuando no se disponga de lavaojos, lavamanos o duchas próximas es muy socorrido facilitar a los trabajadores sustancias anfóteras, en especial las que neutralizan el contaminante en los ojos. Pueden ser

monodosis personales u otras presentaciones comerciales que se transporten en los vehículos

- Establecimiento de procedimientos de trabajo, que incluyan lavar las manos en los descansos y después de manipular el material.
- Medidas de higiene personal y de protección individual:
 - Disponer de lugares separados para guardar de manera aislada las ropas de trabajo o de protección y las ropas de vestir.
 - Los trabajadores dispondrán, dentro de la jornada laboral, de diez minutos para su aseo personal antes de la comida y otros diez minutos antes de abandonar el trabajo.

- El empresario se responsabilizará del lavado y descontaminación de la ropa de trabajo, quedando rigurosamente prohibido que los trabajadores se lleven dicha ropa a su domicilio para tal fin. Cuando contratase tales operaciones con empresas idóneas al efecto, estará obligado a asegurar que la ropa se envía en recipientes cerrados y etiquetados con las advertencias precisas.

- La formación de los trabajadores, especialmente de los operadores de mantenimiento, debe incluir la identificación de las zonas con posible exposición a HTF y subproductos de su degradación (especial atención al benceno), así como los procedimientos operativos para actuar de forma segura en sus intervenciones.
- Se recomienda el trabajo en parejas o mantener la comunicación de forma continua mientras se realicen las operaciones.
- Otra de las medidas a implantar es señalar las zonas, así como los recipientes que contengan HTF o las sustancias de su degradación. Esto lógicamente afecta también a los residuos generados en su purificación, a los suelos contaminados y a los lugares de almacenamiento. Una vez identificada y señalizada la fuente de exposición se debería asegurar únicamente el acceso al personal autorizado, quedando restringido a trabajadores temporales o especialmente sensibles.

Para realizar la señalización se aplica el RD 485/1997. Este RD, así como su Guía Técnica y las NTP 726 y 727, editadas por el INSST, proporcionan orientaciones para una correcta señalización.

El apartado 4 del anexo VII del RD 485/1997 indica que deben señalizarse las tuberías exteriores, con etiquetas en sitios visibles a largo de las tuberías, especialmente en puntos de riesgo como válvulas o conexiones.

Las canalizaciones por encima del suelo deben identificarse de forma clara, legible y permanente, de acuerdo con su estimación de peligro, a intervalos adecuados a lo largo de la longitud de la tubería y en puntos cruciales de funcionamiento. La norma UNE 1063:2016 "Identificación

de canalizaciones según el fluido que transportan” es de utilidad para este fin.

La identificación óptima incluye:

- el color básico y el color adicional que indican el fluido transportado, según la tabla 1 de la norma UNE 1063:2016.
- la dirección de flujo, indicado mediante una flecha.
- el fluido que se transporta.
- si los fluidos transportados se consideran peligrosos se incluyen también los símbolos de peligro y las declaraciones de peligro o los pictogramas de peligro.

En las zonas en las que el HTF esté a temperatura ambiente y todavía no se han formado los subproductos de su descomposición, es decir, previo a su calentamiento, bastará con incluir lo indicado en su ficha de datos de seguridad. Pero en las zonas donde pueda haber subproductos se señalará incluyendo los pictogramas de las sustancias generadas por la degradación, que también circulan por los conductos, por ejemplo, al producirse benceno, que es muy inflamable, cancerígeno y produce irritación cutánea y ocular, si se señala atendiendo al Reglamento sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (Reglamento CLP), que representa la adaptación a la Unión Europea del Sistema Mundialmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (GHS), deberá incluir los pictogramas GHS02, y GHS08, además de la palabra de advertencia “Peligro” junto con el pictograma GHS09, con la palabra de advertencia “Atención”, ya que el HTF es peligroso para el medio ambiente acuático.

El pictograma GHS07, según el art. 26.1d) del reglamento CLP no se aplica si ya figura el GHS08.

También, hay que añadir los pictogramas GHS05 y GHS06, con la palabra de advertencia “Peligro”, debido a la posible presencia de fenol, que además es tóxico y provoca quemaduras graves.

Y para completar los posibles riesgos, se añaden los pictogramas GS01 por la posibilidad de causar una explosión, GS03 por la posibilidad de causar o intensificar un incendio o explosión, y el GS04 por ser gas bajo presión que puede explotar cuando se calienta. La figura 4 muestra estos pictogramas.



GHS01
Sustancias explosivas



GHS02
Sustancias inflamables



GHS03
Sustancias comburentes



GHS04
Gas a presión



GHS05
Sustancias corrosivas



GHS06
Toxicidad aguda



GHS08
Peligroso para la salud



GHS09
Peligroso para el medio ambiente acuático

Figura 4. Pictogramas de peligro

- Hay varias tareas que requieren equipo de protección individual (EPI) en una central termosolar. Cuando se valora qué equipo de protección se debe usar, hay que tener presente las tareas que se van a realizar, y los posibles riesgos que se pueden presentar, como el trabajo en posible zona ATEX, riesgo de contacto con superficies calientes, o trabajos en altura, entre otros, según se determine en la evaluación de riesgos laborales.

Equipos de protección individual

Es preciso informar y formar a los trabajadores sobre cómo deben retirarse los EPI y eliminar los residuos que se generan por su uso, para lo cual es aconsejable estipular un procedimiento específico.

Antes de proceder a la retirada de los EPI es importante proceder a su limpieza con un dispersante, por ejemplo, sepiolita para limpiar botas. De esta forma se evita la contaminación del trabajador durante la retirada del equipo. Es muy recomendable que se haga en parejas. La sepiolita empleada se tratará como residuo peligroso.

Los EPI sucios, en mal estado por desgaste excesivo o roturas deben ser desechados, también como residuos peligrosos.

EPI a usar:

Protección ocular/facial: El estado físico en que se encuentre el HTF (líquido o vapor) determinará el diseño de la montura (gafas de montura integral, gafas de montura universal o pantallas faciales) que puede ofrecer la mejor protección.

Los protectores oculares o faciales ofrecen protección frente a un riesgo o conjunto de ellos en función de su campo de uso, si bien no todos ellos están permitidos para cualquier tipo de montura.

Los protectores adecuados para su uso frente a HTF son aquellos con campo de uso “3” (para contaminantes líquidos; gotas o salpicaduras) disponible únicamente para gafas de montura integral y pantallas faciales, o “5” (para gases, vapores, aerosoles, etc.) posible únicamente para gafas de montura integral.

Adicionalmente el uso de protectores oculares y faciales dificulta el contacto accidental de ojos o cara (dependiendo del diseño del protector elegido) con objetos

contaminados como pueden ser, en un momento dado, las manos o guantes.

Dependiendo de la naturaleza de la tarea a realizar puede ser necesario que el protector reúna otros requisitos de protección, por ejemplo frente a impactos de partículas, o prestaciones adicionales (resistencia al empañamiento o al deterioro superficial por partículas finas...)

Las pantallas de policarbonato se dañan con las salpicaduras de HTF, por lo que hay que prever su sustitución periódica.

Protección de las manos: cuando pueda darse un contacto prolongado o repetido con HTF hay que utilizar guantes de protección química resistentes a HTF, conforme a los requisitos descritos en la serie de normas UNE-EN 374. Puede ser útil llevar sepiolita en los vehículos de mantenimiento para poder limpiar los guantes si se han manchado, y evitar con esto seguir manchando equipos.

Protección del cuerpo: ropa limpia que cubra el cuerpo y los brazos. Además debería ser ignífuga y antiestática, evitando ropa que por su tejido acumule carga electrostática, como pueden ser forros polares o algunos chalecos reflectantes.

Durante el trabajo con riesgo de exposición a HTF es aconsejable usar buzos químicos. Existen buzos que tienen también propiedades ignífugas que aportan la comodidad de utilizar un único buzo, ya que puede usarse en zonas ATEX. También hay que valorar su permeabilidad a las sustancias químicas, porque en ese aspecto suelen ser menos efectivos que los buzos no ignífugos.

Es aconsejable que los buzos sean de cuerpo completo, de una pieza, con buena impermeabilidad a las distintas sustancias químicas a las que pueden estar expuestos los trabajadores. Dado que el circuito está a presión, ciertas operaciones, como el ajuste de los

retenedores de las juntas rotativas, pueden suponer la proyección de HTF sobre el trabajador.

Protección de los pies: En tareas con riesgo de salpicaduras (fugas, reparación de averías, etc.) o donde pueda producirse exposición a HTF, el calzado apropiado ofrecerá resistencia química y mecánica.

Protección respiratoria: Si existe posibilidad de respirar HTF a temperatura ambiente, utilizar un equipo filtrante con cartucho para vapores orgánicos con un prefiltro de partículas tipo AP2, cumpliendo la norma EN 14387. Estos filtros, se sustituyen con la periodicidad que indique el fabricante, sin esperar a que se empiece a percibir el olor a HTF, en cuyo caso habría que proceder a la sustitución inmediata.

En actividades de especial peligrosidad, como emergencias por derrames o en el caso de la sustitución de filtros de carbón activo, y en aquellos casos en los que los equipos de medida indiquen la presencia de benceno o valores elevados de HTF, sería recomendable el uso de equipos aislantes, de tal forma que el aire respirable proceda de una fuente independiente del medio ambiente (portada por el usuario o de una línea de aire fresco o de aire comprimido).

Desde un punto de vista general hay que considerar que también puede haber otro tipo de accidentes, como caídas o golpes, y las condiciones medioambientales que pueden presentarse en una central termosolar. En el campo solar o en el bloque de potencia se pueden dar situaciones de sobrecarga térmica. Las instalaciones establecerán un protocolo de trabajo, para lo que es útil consultar las NTP 922 y 923 sobre estrés térmico y sobrecarga térmica, ya que es apropiado definir un tiempo máximo de trabajo dependiendo de las condiciones y tareas a desarrollar.

BIBLIOGRAFÍA

LANXESS Heat Transfer Fluids for Concentrated Solar Power Plants (CSP)

Simultaneous determination of benzene and phenol in heat transfer fluid head-space gas chromatography hyphenated with ion mobility spectrometry. *Talanata* 144 (2015) 944-952

Potential of ion mobility spectrometry versus FT-MIR and GC-MS to study the evolution of a heat transfer fluid after its heating process in a thermosolar plant. *Microchemical Journal* 121 (2015) 163-171

La tecnología IMS como herramienta útil para la detección de compuestos tóxicos en el campo de la seguridad laboral. *Revista Seguridad Laboral* Diciembre 2016 69-71

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

NTP 486 Evaluación de la exposición a benceno: control ambiental y biológico https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_486.pdf/7b1e0c1b-c0b7-46ce-b45f-731ad676114d

Colección de Notas Técnicas de Prevención.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

NTP 726 Clasificación y etiquetado de productos químicos: sistema mundialmente armonizado (GHS) https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp_726.pdf/c85ed1e7-e638-46af-ae76-e731419099ad

Colección de Notas Técnicas de Prevención.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

NTP 727 Clasificación y etiquetado de productos químicos: comparación entre el GHS y la reglamentación europea https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp_727.pdf/0ecec305-62af-421a-af3d-b1eeb6d8577c

Colección de Notas Técnicas de Prevención.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

NTP 922 Estrés térmico y sobrecarga térmica: evaluación de los riesgos (I)

<https://www.insst.es/documents/94886/328579/922w.pdf/86188d2e-7e81-44a5-a9bc-28eb33cb1c08>

Colección de Notas Técnicas de Prevención.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

NTP 923 Estrés térmico y sobrecarga térmica: evaluación de los riesgos (II)

<https://www.insst.es/documents/94886/328579/923w.pdf/3a87e5ec-afa5-42c5-8240-9da1cc1c85c3>

Colección de Notas Técnicas de Prevención.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

NTP 925 Exposición simultánea a varios agentes químicos: criterios generales de evaluación del riesgo <https://www.insst.es/documents/94886/328579/925w.pdf/b94cc694-ff05-485e-91ed-be89c19427c6>

Colección de Notas Técnicas de Prevención.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

NTP 929 Ropa de protección contra productos químicos <https://www.insst.es/documents/94886/326879/929w.pdf/80eb6c7f-33cf-4591-b70e-b034350bede1>

Colección de Notas Técnicas de Prevención.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

Guía técnica sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición durante el trabajo a agentes cancerígenos o mutágenos.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2019.

NORMATIVA:

- **Real Decreto 374/2001, de 6 de abril**, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- **Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo**, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- **Real Decreto 773/1997**, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- **Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006**, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH).
- **Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008**, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006 (Reglamento CLP).
- **UNE 1063:2016**. Identificación de canalizaciones según el fluido que transportan.
- **UNE-EN 689:2019**: Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional.
- **UNE-EN-ISO 374**: Guantes de protección contra los productos químicos y los microorganismos.
- **UNE-EN 14387**: Equipos de protección respiratoria. Filtros contra gases y filtros combinados. Requisitos, ensayos, marcado.