

Salud cardiovascular: recomendaciones para su gestión en el ámbito laboral.

*Santé cardiovasculaire: recommandations pour la gestion dans le domaine du travail.
Cardiovascular health: recommendations for its management at the workplace.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

M^a Dolores Solé Gómez

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO. INSST

Ferran Pons Solé

Médico especialista en cardiología.

La patología cardiovascular, muy diversa en sus causas y en sus manifestaciones, es una enfermedad que afecta a las diferentes estructuras del aparato cardiocirculatorio. Se trata de una patología crónica evolutiva ligada a la edad que puede verse acelerada o precipitada por una serie de factores tanto de origen laboral como extralaboral. En esta NTP se apuntarán algunas recomendaciones generales para evitar la aparición o el empeoramiento de esta patología, haciendo hincapié por su relevancia en la cardiopatía isquémica y la enfermedad cerebrovascular.

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 patología cardiovascular es la primera causa de muerte a nivel mundial. Según los últimos datos publicados en 2019 por la Organización Mundial de la Salud (OMS), esta fue responsable de más de 17,9 millones de fallecimientos. Esto representa un 32% de todas las muertes registradas ese año.

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), en 2022, el grupo de enfermedades del sistema circulatorio se mantuvo como primera causa de muerte en España con el 26% del total. A nivel más detallado, la enfermedad isquémica cardíaca y las enfermedades cerebrovasculares (los dos tipos de patología cardiovascular más frecuentes) fueron la segunda y tercera causa de muerte después de la COVID-19 con virus identificado.

La importancia de la patología cardiovascular en el ámbito laboral es incuestionable no tan solo por las repercusiones sobre la morbilidad de la población trabajadora sino también por el impacto que la mala salud cardiovascular puede tener en la empresa. Por un lado, el sistema cardiovascular puede resultar afectado por factores de riesgo de origen laboral (agentes químicos, biológicos, físicos y psicosociales). Por otro, la mala salud cardiovascular puede repercutir en un menor rendimiento, mayor absentismo, mayor presentismo o mayor rotación de personal con el consiguiente impacto en los resultados de la organización.

Según la estimación de la Asociación de Mutuas de Accidentes de Trabajo (AMAT), las enfermedades cardiovasculares causan al año unos 70.000 procesos de incapacidad temporal, generalmente de larga duración y con alta probabilidad de acabar en un abandono prematuro del trabajo.

De acuerdo con el Observatorio de Condiciones de Trabajo del INSST, las enfermedades cardiovasculares también son la principal causa de muerte por acciden-

tes de trabajo durante la jornada de trabajo, representando más del 40% del total de fallecimientos por causa laboral ocurridos en el año 2022.

El alcance del problema tanto en las personas como en la organización apoya la idoneidad del establecimiento de programas de salud cardiovascular en la empresa. En la figura 1 se resumen las dimensiones a tener en cuenta a la hora de diseñar una estrategia de intervención en la empresa para evitar el daño (prevención de riesgos laborales) y mejorar la salud (promoción de la salud) en la esfera de la patología cardiovascular. En este documento proporcionaremos recomendaciones para la acción sobre cada una de estas dimensiones.

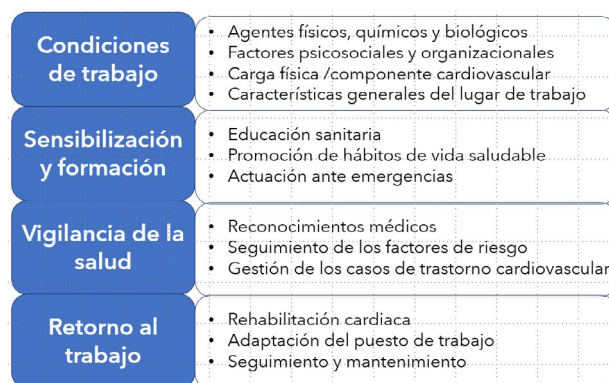


Figura 1. Dimensiones de la gestión de la salud cardiovascular en el ámbito laboral.

2. SALUD CARDIOVASCULAR Y CONDICIONES DE TRABAJO

El objeto de este apartado es recordar, de forma resumida y no exhaustiva, los principales factores de riesgo

de origen laboral que pueden suponer un daño para el aparato cardiovascular. Estos factores se referencian en la figura 2.

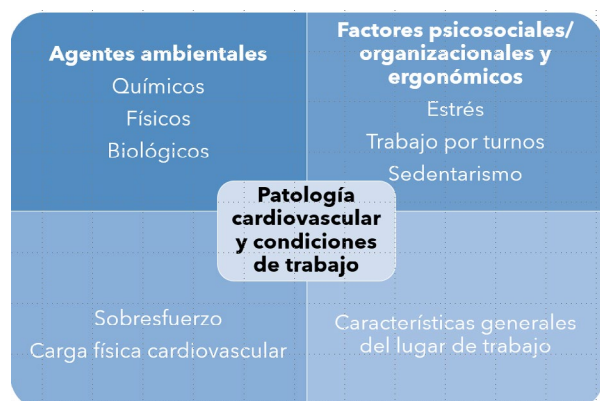


Figura 2. Principales factores de riesgo de origen laboral que pueden suponer un daño para el aparato cardiovascular.

Su prevención y manejo se basa en la identificación, evaluación y control del riesgo, así como en la puesta en marcha de medidas preventivas *ad hoc*.

Estos factores pueden ser causa *directa* de daño (ej.: exposición a fósforo como causa de miocarditis tóxica), *contribuyente* al asociarse con otros factores de riesgo personales o extralaborales (ej.: trabajo a turnos asociado a hábitos de vida no saludables) o *precipitante externo* (situación estresante que desestabiliza una enfermedad cardiovascular preexistente).

Agentes químicos, físicos y biológicos

La toxicidad cardiovascular de estos agentes puede manifestarse clínicamente de diferentes formas, siendo las más frecuentes los cambios de presión arterial, la isquemia miocárdica, las arritmias y la insuficiencia cardíaca. Sus efectos pueden ser tanto agudos como crónicos.

En la tabla 1 se listan los principales efectos sobre el aparato cardiovascular (agudos o crónicos) y algunos ejemplos de agentes químicos, físicos y biológicos que pueden producirlos.

EFFECTOS	QUÍMICOS	FÍSICOS	BIOLÓGICOS
Arritmias	Plomo, Antimonio, Hidrocarburos clorados, Compuestos orgánicos nitrogenados.	Electricidad	
Enfermedad isquémica	Monóxido de carbono, Nitroglicerina, Nitroglicol, Dinitrato de etilenglicol, Cadmio, Disulfuro de carbono, Cloruro de metileno, Hidrocarburos halogenados.	Frío o calor extremos (Enfermedad cardiovascular preexistente/subyacente)	
Hipertensión arterial	Arsénico, Plaguicidas organofosforados y carbamatos, Plomo, Cadmio, Vanadio.	Ruido Frío	
Miocardiopatías	Antimonio, Arsénico, Cobalto, Disulfuro de carbono, Fósforo, Mercurio, Monóxido de carbono, Plaguicidas organoclorados y organofosforados.	Aire comprimido (Enfermedad cardiovascular preexistente/subyacente)	Citomegalovirus, Paramixovirus, Leptospira, Borrelia burgdorferi, Brucella, Coxiella burnetii, Actinomyces
Arteriopatías periféricas	Arsénico, Cloruro de vinilo monómero, Plomo.	Vibraciones, Frío (enfermedad vascular concurrente)	

Tabla 1. Ejemplos de factores químicos, físicos y biológicos con efectos sobre el aparato cardiovascular (producción propia).

Factores psicosociales, organizativos y ergonómicos

La literatura médica en torno a la enfermedad cardiovascular y su relación con el trabajo es muy abundante, destacando especialmente la relativa al impacto del estrés crónico de origen laboral en el desarrollo de dicha patología, así como en el riesgo de presentar un evento súbito como el infarto en situaciones puntuales de "tensión laboral".

Los mecanismos probables que explican ese riesgo incluyen tanto vías fisiológicas como conductuales, posiblemente de forma conjunta. Por un lado, se ha asociado la presencia de estrés crónico con indicadores de control glicémico adversos, deterioro de la inmunidad y una acumulación acelerada de daño molecular y celular. Por otro lado, las emociones negativas pueden aumentar la probabilidad de adoptar conductas de riesgo como el tabaquismo, la ingesta calórica excesiva, la disminución de la actividad física, los trastornos del sueño y el consumo de alcohol y otras drogas, o incluso interfiriendo en la

adherencia al tratamiento en personas con enfermedad cardiovascular diagnosticada.

El trabajo a turnos, las largas jornadas de trabajo, la falta de autonomía y una carga de trabajo excesiva son los elementos más citados como factores de riesgo de morbilidad cardiovascular y, en concreto, de cardiopatía isquémica.

Se incluye en este apartado el sedentarismo (factor de riesgo independiente de la inactividad física), dado que el mantenimiento de posturas sedentarias en el trabajo depende tanto de las condiciones físicas como organizativas del trabajo.

Estrés laboral

El estrés laboral es una de las principales consecuencias de la exposición a factores de riesgo psicosocial y puede provocar múltiples alteraciones entre las cuales se encuentran los trastornos cardiovasculares como hipertensión arterial, dolor precordial y aumento de la incidencia de infarto de

miocardio. Unos puestos de trabajo mentalmente y emocionalmente saludables serán pues un elemento a considerar en cualquier programa de prevención. El enfoque de estos programas debe ser *colectivo*, mejorando las condiciones de trabajo y evitando la exposición a factores estresores e *individual*, dotando a las personas trabajadoras de recursos y estrategias para afrontar situaciones que generan estrés.

Ejemplos de intervención son:

- Crear entornos de trabajo positivos, gratificantes y estimulantes, así como una organización que dé apoyo a sus trabajadores y trabajadoras.
- Reducir las fuentes de estrés en el trabajo y desarrollar la resiliencia mediante estrategias de afrontamiento.
- Fomentar la cultura de empresa, la participación, la equidad y la justicia, y eliminar el estigma.

Turnos

El trabajo a turnos se ha relacionado en las personas expuestas con un aumento de la prevalencia de enfermedades cardiovasculares, especialmente de cardiopatía isquémica. A la disrupción de los ritmos circadianos con las consiguientes alteraciones en el metabolismo de la glucosa y lipídico y de la regulación del sistema nervioso autónomo, se suma la mayor tendencia a llevar una dieta menos saludable y una menor práctica de actividad física.

La promoción de hábitos saludables a través de intervenciones tanto individuales como sobre el entorno, adaptadas a las peculiaridades de este tipo de trabajo, cobra una especial relevancia.

Ejemplos de intervención son:

- Sensibilizar sobre la especial necesidad de una buena planificación de las comidas e informar de las pautas alimentarias a seguir.
- Poner a disposición opciones saludables, lugares adecuados y tiempo suficiente para comer.
- Informar sobre las medidas para mantener una buena higiene del sueño, evitar el sedentarismo prolongado e incrementar la actividad física.

Sedentarismo

El sedentarismo debe diferenciarse de la inactividad física, a pesar de que el primero contribuye al segundo. Se entiende por sedentarismo cualquier comportamiento en vigilia, mantenido en el tiempo y caracterizado por un bajo gasto energético (entre 1 y 1,5 el gasto energético en reposo o MET), en postura sentada, reclinada o acostada. Por otro lado, la inactividad física consiste en no cumplir las recomendaciones sobre gasto energético diario a través de la actividad física (OMS, 2020).

Los efectos ligados a las posturas sedentarias en el trabajo incluyen el aumento de la prevalencia de trastornos cardiovasculares y su mortalidad, así como el aumento de la tasa de mortalidad global por todas las causas. Se han relacionado también con ciertos cánceres y el desarrollo de obesidad, diabetes tipo 2 y trastornos osteomusculares sobre todo a nivel lumbar.

Las medidas preventivas frente a este riesgo deben tener como objetivo principal limitar la exposición. Se debe actuar sobre el número y duración de los periodos de tiempo ininterrumpido en los que se mantiene la postura sedentaria, así como sobre el tiempo total de mantenimiento de la postura sedentaria durante la jornada laboral.

Ejemplos de intervención son:

- Organizar la actividad diaria de forma que las personas trabajadoras puedan alternar tareas en postura sentada con otras que les permitan levantarse o desplazarse.
- Permitir pausas activas y regulares, lo que disminuye el tiempo de exposición y favorece la recuperación física.
- Diseñar el entorno y espacios de trabajo para promover los desplazamientos.

Sobresfuerzo y carga física cardiovascular

Otro de los factores de riesgo de origen laboral que puede suponer un daño para el aparato cardiovascular es el sobresfuerzo.

Existe una metodología bien definida para valorar de forma precisa el consumo energético durante la realización de las tareas derivadas del puesto de trabajo, que permite medir la penosidad de dichas tareas desde el punto de vista cardiovascular. Se basa en las variaciones de la frecuencia cardíaca de la persona trabajadora y su utilidad principal es la adopción de medidas preventivas para limitar el impacto en la salud.

La [NTP 295 -1991](#) “Valoración de la carga física mediante la monitorización de la frecuencia cardíaca” describe las bases racionales de dicha metodología. El desarrollo tecnológico de los últimos años en instrumentos de medida (portables tipo relojes o tejidos inteligentes) permite mejorar esta monitorización mediante el análisis del trazado electrocardiográfico. Se añade así información sobre otros parámetros útiles como, por ejemplo, aparición de isquemia cardíaca o arritmias.

Ejemplos de intervención son:

- Reestructurar las tareas para reducir el impacto cardiovascular:
 - realizando ejercicios de calentamiento, ya sea al iniciar la jornada o antes de las tareas más exigentes, para modular el impacto sobre el sistema nervioso autónomo y evitar sobreesfuerzos,
 - permitiendo periodos de vuelta a la calma y una adecuada recuperación tras los esfuerzos,
 - mejorando el reparto de cargas o implementar ayudas para su manejo.
- Recomendar rutinas de ejercicio adaptadas a las tareas a realizar (entrenamiento específico para mejorar las capacidades cardiovasculares).

Otras aplicaciones de la valoración de la carga física cardiovascular del puesto de trabajo podrían ser:

- Facilitar el retorno al trabajo tras haber sufrido una patología cardiovascular. La valoración precisa de la carga cardiovascular del puesto de trabajo y su comparación con las capacidades de la persona permiten diseñar un retorno seguro y progresivo.

En ambos casos se podrán proponer programas de salud enfocados a la mejora de las capacidades del trabajador (rehabilitación) y adaptaciones de las condiciones de trabajo (véase el apartado 5 sobre retorno y mantenimiento del puesto de trabajo).

Características generales del lugar de trabajo

Es bien sabida la influencia de los hábitos de vida saludables sobre el mantenimiento de una buena salud cardio-

vascular. Dos de los pilares fundamentales son una dieta variada y equilibrada y una actividad física adecuada y suficiente.

Podemos, por lo tanto, promover la salud cardiovascular a través del diseño del entorno y del acceso a recursos cardiosaludables que faciliten la adherencia a dichos hábitos.

Ejemplos de intervención son:

- Diseñar escaleras de fácil acceso y agradables, con señalización que anime a su uso en lugar de los ascensores.
- Facilitar el acceso a espacios y programas de actividad física, ya sea en la empresa o externos.
- Promover pausas activas durante la jornada laboral o en las reuniones de empresa.
- Configurar rutas o paseos en los alrededores de la empresa.
- Incentivar el uso de transporte autopropulsado (ej.: a pie, en bicicleta) en los desplazamientos hasta o desde el puesto de trabajo.
- Informar sobre las calorías, contenido en grasas saturadas o calidad nutricional de los platos ofertados en los menús o en las vitrinas exppositoras del comedor de la empresa.
- Dar acceso a alimentos y bebidas adecuadamente identificados como saludables en el comedor, espacios de descanso, reuniones o eventos.

3. SALUD CARDIOVASCULAR A TRAVÉS DE LA SENSIBILIZACIÓN Y FORMACIÓN

Tanto la sensibilización como la formación son dos estrategias imprescindibles para la comprensión, adquisición y mantenimiento de prácticas saludables. La persona debe reflexionar y llegar a la conclusión de que los cambios propuestos le convienen. Para ello es imprescindible proporcionar la información de base necesaria para entender por qué son importantes los cambios sugeridos y para facilitar la reflexión y la toma de decisiones sobre su comportamiento. No basta la mera transmisión de conocimiento a través de carteles, folletos, seminarios o charlas. Se debe instaurar un proceso planificado y sistemático de comunicación y enseñanza-aprendizaje en el que las personas sepan definir sus necesidades y comprender qué pueden hacer acerca de las mismas, con sus propios recursos y los apoyos facilitados por la empresa.

En el ámbito de la patología cardiovascular, el fin último de este proceso es:

- Concienciar sobre los beneficios de unos hábitos de vida saludable para prevenir los trastornos cardiovasculares.
- Conocer aquellos factores que hacen especialmente vulnerable a su aparición.
- Ayudar a adoptar y mantener un estilo de vida cardiosaludable, fomentando el autocuidado.
- Dar a conocer los programas de salud cardiovascular que a nivel de empresa pretenden promover elecciones saludables, evitar la aparición de patología y facilitar el retorno al trabajo.
- Despertar y mantener su motivación para la adopción y mantenimiento de hábitos de vida saludables.

Ejemplos de intervención:

- Sensibilizar sobre hábitos de vida saludables tratando temas como la actividad física, el sedentarismo, la ali-

mentación, el manejo del estrés, el tabaco, el alcohol, la higiene del sueño, etc.

- Formar sobre la detección de síntomas de alarma: reconocimiento y manejo de aquellos síntomas y signos que sugieren el desarrollo o aparición de un problema cardiovascular (ej. dolor torácico, trastornos neurológicos, etc.).
- Formar para una correcta actuación ante una parada cardiorrespiratoria: maniobras básicas de reanimación y uso de desfibriladores externos.

Ejemplos de medidas para mantener la motivación son:

- Proporcionar información de los resultados y del progreso obtenido tanto a nivel privado (durante el examen médico) como público (rankings, noticias en los medios de comunicación de la empresa).
- Proponer técnicas de auto-registro y auto-refuerzo. El seguimiento individual puede facilitarse a través de diarios, aplicaciones de salud, plataformas para definir y controlar objetivos.
- Establecer un sistema de incentivos (personales, grupales o para la comunidad) en función de los logros, esfuerzo realizado, objetivos conseguidos.
- Maximizar la influencia social, favoreciendo la interacción entre las personas trabajadoras o promoviendo la noción de equipo, organizando actividades con familiares y amigos.

4. SALUD CARDIOVASCULAR A TRAVÉS DE LA MEDICINA DEL TRABAJO

En el marco de la normativa sobre vigilancia de la salud, los profesionales sanitarios de los servicios de prevención de riesgos laborales llevan a cabo múltiples acciones para proteger y mantener la salud de las personas trabajadoras. En dicho marco normativo, la salud cardiovascular solamente se enfoca si tienen relación con la exposición a factores de riesgo laboral. Sin embargo, la vigilancia de la salud es una oportunidad para convertir a la empresa en un ámbito de intervención más amplio sobre la salud cardiovascular.

A continuación, se proporciona un listado con ejemplos de acciones que pretenden aprovechar esa oportunidad:

- Promoción de la salud cardiovascular dirigida a la totalidad de la plantilla.
- Identificación, seguimiento y control de los factores de riesgo no laborales para la salud cardiovascular tanto a nivel individual como colectivo orientando las intervenciones en función del nivel de riesgo. Por la relevancia que están cobrando en los últimos tiempos, se recomienda prestar especial atención a dos grupos de elevada vulnerabilidad ante la patología cardiovascular: mujeres en la etapa perimenopáusica y personas afectadas por procesos oncológicos.
- Detección de las personas trabajadoras con alto riesgo cardiovascular y análisis del impacto de las condiciones de trabajo sobre su salud proponiendo medidas específicas para su protección.
- Acompañamiento y reincorporación al trabajo de personas que hayan presentado o sufran una enfermedad cardiovascular y prevención de recurrencias.
- Establecimiento y puesta a punto de un protocolo de actuación eficaz ante la aparición de síntomas de alarma y un evento cardiovascular agudo.
- Establecimiento de circuitos de comunicación, derivación y colaboración eficaces con el resto del sistema sanitario.

En la tabla 2 se muestran algunos ejemplos de acciones

ACCIONES	EJEMPLOS
Promoción de la salud cardiovascular	Participar en las actividades de formación y sensibilización. Dar consejo breve durante el reconocimiento médico. Reforzar el consejo breve mediante consultas programadas.
Abordaje de los factores de riesgo a nivel individual y colectivo	Identificar los factores de riesgo cardiovascular no laborales (véase tabla 3). Seguir su evolución en el tiempo. Controlar mediante la aplicación de las medidas adecuadas. Optimizar y priorizar las acciones de promoción de la salud.
Detección y manejo de las personas trabajadoras de alto riesgo cardiovascular	Calcular el riesgo cardiovascular (ej.: escalas de riesgo validadas) mediante la integración de los datos recogidos durante el reconocimiento médico. Valorar las capacidades de la persona trabajadora. Valorar la penosidad de las tareas a través de la medida de la carga física cardiovascular (véase apartado 2). Establecer recomendaciones para la adaptación del puesto de trabajo a las características personales.
Retorno al trabajo	Implicarse en el proceso de retorno y mantenimiento del trabajo (véase punto 5).
Respuesta a síntomas de alarma y un evento agudo cardiovascular	Participar en la sensibilización y formación (detección de síntomas, maniobras de reanimación, manejo de desfibriladores, etc.). Establecer y mantener los protocolos de actuación ante eventos cardiovasculares agudos. Establecer áreas cardioprotegidas.
Relación con el resto del sistema sanitario	Protocolizar la colaboración y derivación a otros profesionales sanitarios ante el hallazgo de patología cardiovascular. Colaborar en el seguimiento y control de los trabajadores y trabajadoras afectados.

Tabla 2. Medicina del trabajo: ejemplos de acción.

NO MODIFICABLES (no susceptibles de intervención)	MODIFICABLES (susceptibles de intervención)
<p>Edad</p> <p>Antecedentes familiares de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enfermedad cardiovascular precoz. • Enfermedades hereditarias relacionadas con la enfermedad cardiovascular (ej.: Dislipidemia familiar). <p>Antecedentes personales de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Patología cardiovascular (ej.: Infarto o AVC previos). • Enfermedades inflamatorias sistémicas (ej.: Cáncer y enfermedades autoinmunes). • Enfermedad renal. • Estado hormonal (ej.: Perimenopausia). 	<p>Hábitos tóxicos (tabaco, alcohol, otras drogas).</p> <p>Hipertensión arterial.</p> <p>Diabetes.</p> <p>Obesidad y sobrepeso.</p> <p>Dislipemia.</p> <p>Inactividad física y sedentarismo.</p> <p>Alimentación inadecuada.</p> <p>Estrés.</p>

Tabla 3. Factores de riesgo cardiovascular extralaborales.

El análisis y evolución en el tiempo de estos datos es útil tanto a nivel individual como colectivo. A *nivel colectivo*, el conocimiento sobre la prevalencia e incidencia de las diferentes características y condiciones mencionadas en la tabla 3 se traduce en una optimización tanto en el diseño de los programas de sensibilización y formación, como en la mejora del entorno laboral.

A *nivel individual*, la detección de algún factor de riesgo o patología cardiovascular deriva en un consejo médico sobre su tratamiento, rehabilitación y seguimiento, así como en la adaptación del puesto de trabajo. Todo ello en su conjunto supone una prevención más efectiva de la aparición de enfermedades cardiovasculares o de su recaída, así como en una mayor probabilidad de mantener el puesto de trabajo.

5. SALUD CARDIOVASCULAR A TRAVÉS DE PROGRAMAS DE RETORNO AL TRABAJO

El proceso de retorno al trabajo pretende una reincorporación laboral segura, sostenible y a tiempo. En el caso de la patología cardiovascular son fundamentales los programas de rehabilitación (recuperación y mejora de las capacidades de la persona trabajadora) seguidos de una adaptación del puesto de trabajo. También lo es diseñar un seguimiento adecuado a medio y largo plazo para el mantenimiento del puesto de trabajo.

Rehabilitación tras patología cardiovascular aguda

Los programas de rehabilitación cardiovascular son intervenciones individualizadas en las que participan profesionales sanitarios de diferentes disciplinas (enfermería, medicina, psicología, nutrición, fisioterapia, especialistas en ejercicio físico, etc.) cuyo objetivo es mejorar el pronóstico, funcionalidad y calidad de vida de la persona que ha sufrido una enfermedad cardiovascular (infarto agudo de miocardio y accidente vascular cerebral, por ejemplo). Según un reciente artículo de revisión (Sherry L- Grace, 2023) dichos programas acumulan un amplio cuerpo de evidencia científica que apoya su uso, existiendo modelos basados en el retorno progresivo y controlado al puesto de trabajo.

Se basan en cinco pilares fundamentales, que son el ejercicio físico adaptado, una adecuada alimentación, el abandono de los hábitos tóxicos si los hubiere (ej. tabaquismo), la optimización de la terapia médica (farmacológica, quirúrgica, etc.) y la gestión de las consecuencias psicológicas.

La mejora sustancial en las capacidades de una persona que ha padecido una enfermedad cardiovascular tras su paso por uno de estos programas aumenta la probabilidad de un retorno exitoso al puesto de trabajo.

Adaptación del puesto de trabajo

Una vez concluido el proceso de rehabilitación, los márgenes de seguridad en los cuales se hace efectivo el retorno al puesto de trabajo deben ser establecidos entre el equipo rehabilitador y el de medicina del trabajo, y por supuesto con la participación de la persona y la empresa, teniendo en cuenta las exigencias y condiciones particulares de cada puesto de trabajo y tareas a desempeñar.

En el caso de la cardiopatía isquémica, la valoración de la penosidad de las tareas a través de la medición de la carga física cardiovascular (descrita en el apartado 2) es muy útil para establecer dichos márgenes y adaptar las condiciones de trabajo.

Para la patología cerebrovascular, la presencia y grado de déficits neurológicos residuales son los principales determinantes de la adaptación del puesto de trabajo.

Mantenimiento del puesto de trabajo

Como se ha mencionado en el apartado 4, la medicina del trabajo, a través de la vigilancia de la salud individual, tiene un papel fundamental en el seguimiento a medio y largo plazo de los casos de patología cardiovascular.

Las probabilidades de mantener el puesto de trabajo se ven incrementadas gracias a:

- el seguimiento estrecho de su situación médica en conjunto con los profesionales facultativos responsables (cardiólogos/as, neurólogos/as, etc.),
- la evaluación continuada del balance entre sus capacidades y las exigencias del puesto de trabajo, y la adaptación dinámica de este si se considera necesario,
- la derivación precoz por sospecha de recaída.

BIBLIOGRAFÍA

Condiciones de trabajo

EU-OSHA (2023). The links between exposure to work-related psychosocial risk factors and cardiovascular disease. Available at: <https://osha.europa.eu/en/publications/links-between-exposure-work-related-psychosocial-risk-factors-and-cardiovascular-disease>

INRS (2022) Les postures sédentaires au travail. Définition, effets sur la santé et mesures de prévention. ED 6494 <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206494>

Moretti Anfossi, C., Ahumada Muñoz, M., Tobar Fredes, C., Pérez Rojas, F., Ross, J., Head, J., & Britton, A. (2022). Work exposures and development of cardiovascular diseases: A systematic review. *Annals of Work Exposures and Health*, 66(6), 698-713. doi:10.1093/annweh/wxac004

Teixeira, L. R., Pega, F., Dzhambov, A. M., Bortkiewicz, A., da Silva, D. T. C., de Andrade, C. A. F., ... Gagliardi, D. (2021). The effect of occupational exposure to noise on ischaemic heart disease, stroke and hypertension: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-Related Burden of Disease and Injury. *Environment International*, 154, Article 106387. doi:10.1016/j.envint.2021.106387

Torquati L, Mielke GI, Brown WJ, Kolbe-Alexander T (2018). Shift work and the risk of cardiovascular disease. A systematic review and meta-analysis including dose-response relationship. *Scand J Work Environ Health*. 2018 May 1;44(3):229-238. doi: 10.5271/sjweh.3700. Epub 2017 Dec 16. PMID: 29247501.

Patología cardiovascular

Guía ESC 2021 sobre la prevención de la enfermedad cardiovascular en la práctica clínica.

<https://www.revespcardiolog.org/es-guia-esc-2021-sobre-prevencion-articulo-S0300893221004620>

Kai, S.H.Y., Ferrières, J., Rossignol, M. et al. (2022) Prevalence and determinants of return to work after various coronary events: meta-analysis of prospective studies. *Sci Rep* 12, 15348 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19467-z>

Rona Reibis, Annett Salzwedel, Ana Abreu, Ugo Corra, Constantinos Davos, Wolfram Doehner, Patrick Doherty, Ines Frederix, Dominique Hansen, Marie Christine Iliou, Carlo Vigorito, Heinz Völler (2019), for the Secondary Prevention and Rehabilitation of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC), The importance of return to work: How to achieve optimal reintegration in ACS patients, *European Journal of Preventive Cardiology*, Volume 26, Issue 13, 1 September 2019, Pages 1358–1369, <https://doi.org/10.1177/2047487319839263>

Sherry L Grace (2023) Evidence is indisputable that cardiac rehabilitation provides health benefits and event reduction: time for policy action, *European Heart Journal*, Volume 44, Issue 6, 7 February 2023, Pages 470–472, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac690>

Otras publicaciones

INSST (2015) Salud mental: Etapas para su promoción en la empresa. Nota Técnica de Prevención nº 1045

<https://www.insst.es/documents/94886/566858/ntp-1045w.pdf/b7ba75f7-a2cf-41ee-80c0-2fcf0c23c17c?version=1.1&t=1687261212599>

INSST (2015) Mantenimiento y vuelta al trabajo: procedimiento. Nota Técnica de Prevención nº 1116

https://www.insst.es/documents/94886/566858/ntp_1116w.pdf/c851d358-0fd7-4f72-a273-9682d21c9760?version=1.2&t=1692625737408

INSST (1991) Valoración de la carga física mediante la monitorización de la frecuencia cardíaca. Nota Técnica de Prevención nº 295

https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_295.pdf/017dadae-4ce2-491d-97df-5852b365f39d?version=1.1&t=1680376673614

INSST (2023) Ejercicio laboral: guía para el diseño, implantación y evaluación de un programa de ejercicio laboral en la empresa.

<https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/ejercicio-laboral-guia-para-el-diseno-implantacion-y-evaluacion-de-un-programa-de-ejercicio-laboral-en-la-empresa-2023>

Ministerio de sanidad (2015) Consejo Integral en Estilo de Vida en Atención Primaria, vinculado con recursos comunitarios en población adulta.

<https://www.sanidad.gob.es/areas/promocionPrevencion/envejecimientoSaludable/activo/consejoIntegralAP.htm>

WHO (2020). Guidelines on physical activity and sedentary behaviour.

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128>

WHO (2023) Promotion of health-enhancing physical activity in small-to-medium-sized enterprises. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

<https://iris.who.int/handle/10665/373629>

Diisocianatos en el ámbito laboral (I): Conceptos generales. Efectos sobre la salud

Diisocyanates in the workplace: General background. Health effects
Diisocyanates sur le lieu de travail: concepts généraux. Effets sur la santé

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Ruth Jiménez Saavedra

Licenciada en Biología

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

Bárbara González San Martín

Licenciada en Ciencias Ambientales

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

Alberto Vicente de la Peña

Ingeniero químico

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

A lo largo de los años se han producido cambios a nivel normativo y se han desarrollado nuevos métodos de medida para diisocianatos. Con el objetivo de actualizar y ampliar la información sobre estas sustancias, se ha elaborado una serie de 3 NTP, en las que se desarrollan los conceptos básicos sobre los diisocianatos, los efectos para la salud, métodos de toma de muestra y análisis, medidas de control y avances normativos.

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

Los isocianatos son compuestos orgánicos que contienen el grupo funcional isocianato (-NCO) cuya fórmula es $R-N=C=O$. Cuando el compuesto tiene dos grupos isocianato en lugar de uno, se les denomina diisocianatos. Los diisocianatos pueden ser, aromáticos o alifáticos, en función del radical (R). Los diisocianatos son los isocianatos más utilizados a nivel industrial y suelen ser los precursores en procesos químicos para la obtención de otros compuestos como, por ejemplo, el poliuretano, adhesivos, espumas.

Otro aspecto importante es que son potentes sensibilizantes respiratorios, capaces de inducir asma en personas no sensibilizadas previamente e incrementar considerablemente los síntomas de asma en las ya sensibilizadas. Además, son sensibilizantes cutáneos. Los diisocianatos son uno de los agentes que contribuyen al desarrollo de asma laboral. En ocasiones se habla de isocianatos o diisocianatos indistintamente. A nivel toxicológico ocasionan los mismos efectos, pero la presencia principal en el ám-

bito laboral e industrial es la de los diisocianatos y a ellos se han dirigido las modificaciones normativas.

Características y propiedades

Los diisocianatos se caracterizan por su elevada reactividad química frente a otros compuestos que contienen hidrógenos activos. Pueden utilizarse en el ámbito industrial y profesional tanto en sus formas poliméricas como en sus formas no poliméricas.

- Usos de las formas no poliméricas: insecticidas, explosivos y otros productos biológicamente activos.
- Usos de las formas poliméricas: poliuretanos, espumas rígidas y flexibles, lacas, elastómeros y adhesivos.

Además, son precursores en diversos procesos químicos. De ellos, uno de los más importante es el de la fabricación de poliuretano a partir de diisocianatos y polioles (ver figura 1). También se utilizan para la fabricación de poliureas cuando reaccionan con diaminas (ver figura 2).

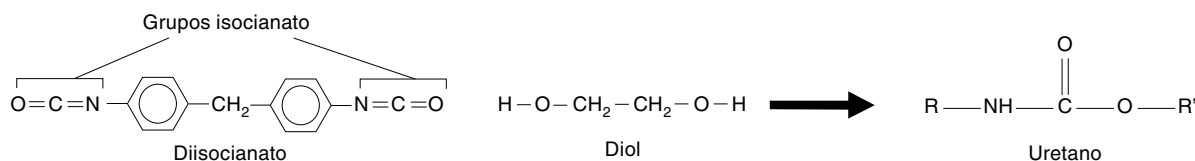


Figura 1: Reacción para la síntesis de poliuretano (el grupo uretano como eslabón de la cadena de polimerización).

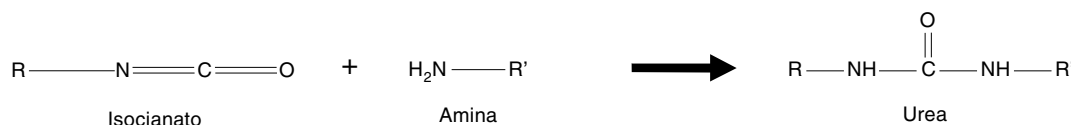


Figura 2: Reacción para la síntesis de ureas (isocianatos y aminas).

Los diisocianatos tienen una gran cantidad de aplicaciones industriales. Los diisocianatos aromáticos se utilizan principalmente en la fabricación de espumas de poliuretano, recubrimientos y adhesivos y los diisocianatos alifáticos se utilizan principalmente para la fabricación de revestimientos por sus propiedades de resistencia a la radiación UV y durabilidad. Por tanto, entre los principales sectores, actividades y aplicaciones industriales en las que se utilizan los diisocianatos se encuentran:

- La industria del mueble (espumas, acabados superficiales).
- La industria del automóvil (espumas, adhesivos).
- La fabricación de electrodomésticos (aislantes).
- Revestimientos superficiales.
- Adhesivos.
- Construcción (aislamientos, decoración).

- La industria metalúrgica (moldes de fundición).
- La industria farmacéutica y química.
- La industria del calzado.
- La industria de la pintura.
- La industria del embalaje.

Según los estudios contemplados por la Comisión Europea, más de cuatro millones de personas trabajadoras se encuentran expuestas a diisocianatos y más de dos millones de empresas afectadas.

Tipos de diisocianatos

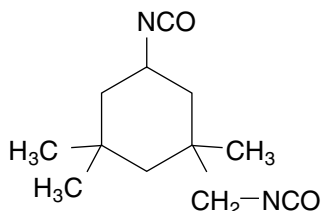
Entre los diisocianatos más importantes en entornos industriales están los siguientes (ver tabla 1 y tabla 2):

PROPIEDADES	2,4-TDI	2,6-TDI	MDI	HDI	NDI	IPDI
Nombre de la sustancia	Diisocianato de 2,4-tolueno	Diisocianato de 2,6-tolueno	Diisocianato de difenilmetano	Diisocianato de 1,6-hexametileno	Diisocianato de 1,5-naftileno	Diisocianato de isofoforona
Fórmula	$C_9H_6N_2O_2$	$C_9H_6N_2O_2$	$C_{15}H_{10}N_2O_2$	$C_8H_{12}N_2O_2$	$C_{12}H_6N_2O_2$	$C_{12}H_{18}N_2O_2$
CAS	584-84-9	91-08-7	101-68-8	822-06-0	3173-72-6	4098-71-9
Peso molecular	174.16 (g/mol)	174.16 (g/mol)	250.26 (g/mol)	168.2 (g/mol)	210.19 (g/mol)	222.29 (g/mol)
Punto de fusión ¹	21 °C	18,3 °C	42 °C	-67 °C	127 °C	-60 °C
Punto de ebullición ¹	252-254 °C	129-133 °C	300 °C	255 °C	167 °C	310 °C
Densidad	1.21 g/cm ³	1.226 g/cm ³	1.32 g/cm ³	1.05 g/cm ³	1.41 g/cm ³	1.058 g/cm ³
Presión de vapor ²	2.7 Pa	2.78 Pa	0.001 Pa	0.7 Pa	0.001 Pa	0.064 Pa
Punto inflamabilidad (Flash point) ¹	131 °C	127 °C	211 °C	130 °C	192 °C	150.5 °C
Estado físico	Sólido	Líquido	Sólido	Líquido	Sólido	Líquido

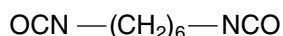
Tabla 1: Propiedades de los principales diisocianatos. ¹A 101.3 kPa. ²A 25 °C

Tabla 2: Fórmula molecular de los principales diisocianatos

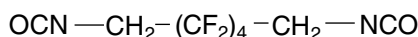
Diisocianato	Nombre (abreviación)
	Diisocianato de 4,4' -difenilmetano (MDI)
	Diisocianato de 2,6- y 2,4 -tolueno (TDI)
	Diisocianato de 4,4' -d ciclohexilmetano (H ₁₂ MDI)
	Diisocianato de 1,4 -ciclohexano (CDI)



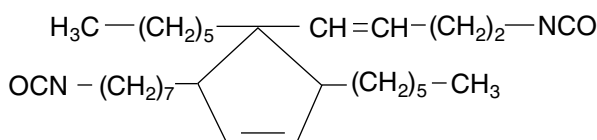
Diisocyanato de isoforona
(IPDI)



Diisocyanato de 1,6 -hexametileno
(HDI)



Diisocyanato de 1, 1,6 ,6
-tetrahidroperfluorohexametileno
(TFDI)



Diisocyanato de dimerilo
(DDI)

Diisocianatos más habituales en la Unión Europea

Los diisocianatos son sustancias ampliamente utilizadas dentro de la Unión Europea. Su volumen total de comercialización es de alrededor de 2,5 millones de toneladas por año. Tres de estas sustancias (MDI, TDI y HDI) juntas suman más del 95% del total del volumen del mercado de diisocianatos en la Unión Europea.

Teniendo en cuenta la cantidad de toneladas anuales comercializadas en el mercado comunitario de la Unión Europea, dato recogido en la web de la [Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas](#), los diisocianatos con mayor volumen de fabricación son el MDI, el HDI y la mezcla de isómeros de TDI:

- diisocianato de m-tolilideno (mezcla 80/20 de isómeros: 80% 2,4-TDI y 20% 2,6 TDI): $\geq 100\,000$ hasta $< 1\,000\,000$ Toneladas comercializadas,
- diisocianato de 4,4'-difenilmetano (MDI): $\geq 100\,000$ hasta $< 1\,000\,000$ Toneladas comercializadas,
- 2,4-diisocianato de tolueno (2,4-TDI): $\geq 100\,000$ hasta $< 1\,000\,000$ Toneladas comercializadas,
- 1,6-diisocianato de hexametileno (HDI): $\geq 10\,000$ hasta $< 100\,000$ Toneladas comercializadas y
- diisocianato de isoforona (IPDI): $\geq 10\,000$ hasta $< 100\,000$ Toneladas comercializadas

2. PELIGROSIDAD DE LOS DIISOCIANATOS

Clasificación y etiquetado según el Reglamento CLP

La clasificación armonizada de los diisocianatos se puede consultar en el Anexo VI del 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 (Reglamento CLP) y posteriores actualizaciones. En el caso de no disponer de clasificación armonizada, se puede consultar la [base de datos del catálogo de clasificación y etiquetado de la ECHA](#). Este catálogo contiene la clasificación de peligrosidad de las sustancias

notificadas por los fabricantes e incluye también las sustancias con clasificación armonizada.

En esta base de datos aparece el [Grupo de diisocianatos](#) dentro del cual están incluidos 14 diisocianatos (ver tabla 3). Todos ellos son sensibilizantes respiratorios categoría 1 y sensibilizantes cutáneos categoría 1. Algunos de ellos son sospechosos de causar cáncer. Dada su peligrosidad, los diisocianatos tienen que cumplir ciertas condiciones con respecto a su comercialización establecidas en el anexo XVII de restricciones del 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. Además, el Anexo II del Reglamento CLP, que recoge las reglas particulares para el etiquetado y envasado de determinadas sustancias y mezclas, especifica que las mezclas que contengan isocianatos (monómeros, oligómeros, pre-polímeros, etc., o mezclas de estos, ver figura 3) deberán llevar la indicación siguiente si no se ha identificado en la etiqueta del envase:

EUH204 — «Contiene isocianatos. Puede provocar una reacción alérgica».



- H315 Provoca irritación cutánea.
- H317 Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
- H319 Provoca irritación ocular grave.
- H330 Mortal en caso de inhalación.
- H334 Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación.
- H335 Puede irritar las vías respiratorias.
- H351 Se sospecha que provoca cáncer.
- H412 Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Figura 3. Indicaciones de peligro y pictogramas que se pueden encontrar en la etiqueta de una sustancia o mezcla que contengan isocianatos.

Añadido a esto, con la modificación del Anexo XVII del Reglamento REACH (mediante el Reglamento 2020/1149 de la Comisión), en el caso de que una mezcla contenga diisocianatos por encima del 0.1 %, en el envase debe figurar, de forma claramente separada del resto de la

información de la etiqueta, la declaración siguiente: “A partir del 24 de agosto de 2023 es obligatorio tener la formación adecuada para proceder a un uso industrial o profesional”. Esta indicación permanecerá vigente hasta que se modifique en el Reglamento.

Tabla 3. Componentes del grupo diisocianatos del catálogo de clasificación y etiquetado de la ECHA

SUSTANCIA	NÚMERO CE	NÚMERO CAS	ARMONIZADA	PROPIEDADES DE INTERÉS
diisocianato de 4,4'-difenilmetano (MDI)	202-966-0	101-68-8	SÍ	Sensibilizante cutáneo Sensibilizante respiratorio Sospechoso de causar cáncer
diisocianato de 2,4'-tolueno (2,4-TDI)	209-544-5	584-84-9	SÍ	Sensibilizante cutáneo Sensibilizante respiratorio Sospechoso de causar cáncer
diisocianato de 2,6-tolueno (2,6-TDI)	202-039-0	91-08-7	SÍ	Sensibilizante cutáneo Sensibilizante respiratorio Sospechoso de causar cáncer
diisocianato de m-tolilideno (Mezcla 80/20 de isómeros 2,4- y 2,6-TDI)	247-722-4	26471-62-5	SÍ	Sensibilizante cutáneo Sensibilizante respiratorio Sospechoso de causar cáncer
diisocianato de 1,5-naftileno (NDI)	221-641-4	3173-72-6	SI	Sensibilizante respiratorio Sensibilizante cutáneo
1,6-diisocianato de hexametileno (HDI)	212-485-8	822-06-0	SÍ	Sensibilizante cutáneo Sensibilizante respiratorio
diisocianato de isoforona (IPDI)	223-861-6	4098-71-9	SÍ	Sensibilizante cutáneo Sensibilizante respiratorio
diisocianato de 2,4,6-triisopropil-m-fenileno	218-485-4	2162-73-4	SI	Sensibilizante respiratorio Sensibilizante cutáneo
diisocianato de 2,2'-difenilmetano	219-799-4	2536-05-2	SÍ	Sensibilizante cutáneo Sensibilizante respiratorio Sospechoso de causar cáncer
1,3-bis(1-isocianato-1-metiletil) benceno	220-474-4	2778-42-9	SI	Sensibilizante respiratorio Sensibilizante cutáneo
1,3-bis(isocianatometil)benceno	222-852-4	3634-83-1	SI	Sensibilizante respiratorio Sensibilizante cutáneo
diisocianato de 2,4'-difenilmetano	227-534-9	5873-54-1	SÍ	Sensibilizante cutáneo Sensibilizante respiratorio Sospechoso de causar cáncer
diisocianato de 3,3'-dimetilbifenil-4,4'-diilo	202-112-7	91-97-4	NO	Sensibilizante respiratorio (clasificación no armonizada) Sensibilizante cutáneo (clasificación no armonizada)
diisocianato de 4,4'-díciclohexilmetano	225-863-2	5124-30-1	SÍ	Sensibilizante cutáneo Sensibilizante respiratorio

Efectos sobre la salud

La exposición a diisocianatos puede provocar irritación de ojos, nariz y garganta. A concentraciones altas se produce sensación de opresión en el pecho y puede darse bronquitis y fuerte broncoespasmo, pudiendo llegar a ocasionar edema pulmonar. También producen sensibilización de tipo asmático.

En la piel, producen inflamación y suelen dar lugar a sensibilización cutánea y dermatitis.

Por tanto, los principales efectos sobre la salud son la sensibilización respiratoria (principalmente asma) y la sensibilización cutánea (muchos son sensibilizantes e irritantes cutáneos).

De hecho, el asma es la enfermedad profesional más

prevalente relacionada con la exposición a diisocianatos. Según algunos estudios (Piirilä et al. 2000), parece que la severidad del asma laboral varía dependiendo del diisocianato causante (TDI > MDI > HDI). Sin embargo, aunque desaparezcan los síntomas, la sensibilización permanece, por lo que una nueva exposición al mismo o a otro diisocianato puede desencadenar de nuevo la condición (el asma).

Los diisocianatos son sustancias de pequeño peso molecular que no inducen, por sí mismas, la formación de anticuerpos, pero que al unirse a una proteína (proteína transportadora) estimulan una respuesta inmunitaria. Esta unión altera la forma tridimensional de la proteína, lo que hace que el sistema inmunitario reconozca el complejo proteína-diisocianato como extraño para el cuerpo, produ-

ciendo una reacción de hipersensibilidad. Esta reacción de hipersensibilidad puede ser:

- Inmediata (de segundos a minutos)
- De inicio tardío (hasta varias horas)

Todos los diisocianatos inducen reacciones de hipersensibilidad, por lo que los trabajadores expuestos a más de un diisocianato pueden presentar una reactividad cruzada entre distintos diisocianatos.

Por tanto, la exposición a estas tres sustancias puede ser la causa de la mayoría de los casos de asma relacionados con diisocianatos.

Vías de entrada

Las principales vías de entrada de los diisocianatos en el ámbito laboral son la vía inhalatoria (inhalación de vapores, como es durante el uso de adhesivos; y aerosoles, por ejemplo, durante tareas de pintado en spray) y la vía dérmica (exposición por contacto con la piel durante la manipulación de diisocianatos líquidos).

Vía inhalatoria

Normalmente la exposición por esta vía sucede durante la producción y uso de diisocianatos, en particular durante los procesos de mezcla y espumación en la industria de espumas de poliuretano. También puede presentarse la exposición a los diisocianatos suspendidos en el aire debido al derretimiento o incineración de espumas de poliuretano en el caso de producirse un incendio.

La exposición por inhalación está determinada en gran medida:

- Por las propiedades intrínsecas de la sustancia.
 - La volatilidad es una de las propiedades a tener en cuenta ya que está relacionada con el peso molecular y que es inversamente proporcional, es decir, a menor peso molecular, mayor volatilidad. El TDI y el HDI (diisocianatos con pesos moleculares bajos) son más volátiles que el MDI (diisocianato con peso molecular más alto). Tanto el TDI como el HDI se evaporan con facilidad a temperatura ambiente, por lo que suelen tener concentraciones significativas en aire en los centros de trabajo en los que están presentes.
- Por la forma de utilización y manipulación de esa sustancia. Por ejemplo, el riesgo de exposición aumenta en procesos a altas temperaturas o cuando la aplicación se realiza en spray.
 - Procesos en caliente. Las altas temperaturas aumentan la volatilidad y, por tanto, la tendencia de los diisocianatos a liberarse en el aire. Los monómeros de diisocianatos no tienden a descomponerse térmicamente, pero algunos poliuretanos pueden descomponerse a temperaturas de 150-200 °C. Esta degradación térmica puede liberar el monómero inicial de diisocianato, diisocianatos de menor peso molecular o fragmentos de estos. Esto puede suceder en procesos de soldadura, utilización de pistolas en caliente o sopletes sobre materiales que contengan diisocianatos. También puede ocurrir al calentar materiales con diisocianatos para poder moldearlos. Algunos adhesivos y selladores deben calentarse para que funcionen como tales.
 - Aplicación en forma de aerosol. En procesos de pintado con spray utilizando pinturas y barnices que contienen diisocianatos, produciendo exposiciones

significativas sobre las personas que desarrollan estos trabajos. Por ejemplo, durante el pintado de carrocerías de vehículos (HDI). También puede producirse en procesos de proyección de espuma de poliuretano como, por ejemplo, durante procesos de aislamiento de techos y paredes en obras de construcción de edificios. La exposición variará en función de la forma en la que se utilice la pistola pulverizadora, lo que determinará el tamaño de los aerosoles y, por tanto, la capacidad de penetración en las vías respiratorias.

- Tratamiento o manipulación de productos sólidos o artículos que contienen diisocianatos. Operaciones que producen la generación de polvo (lijado, corte, abrasión...) emitirán diisocianatos al ambiente en forma de partículas sólidas de diferentes tamaños. Por ejemplo, en la industria del automóvil, en operaciones de lijado de carrocerías pintadas con pinturas que contengan diisocianatos.

Vía dérmica

El contacto directo de la piel con productos que contienen diisocianatos es una vía de entrada de estas sustancias al organismo. Esta vía de exposición puede producirse de forma simultánea a la vía inhalatoria durante la fabricación y uso de los diisocianatos. Por ejemplo:

- Al entrar en contacto con pinturas o pegamentos que contengan diisocianatos: durante su utilización o aplicación, durante la carga o descarga de camiones cisterna que contengan estos productos en su interior, durante la recogida de derrames, etc. Algunos barnices pueden tardar semanas en curar.
- Al entrar en contacto con espumas de poliuretano sin curar.
- Durante los procesos de mezclado o de aplicación de los productos o en procesos donde se produce la deposición de aerosoles.

Dada la peligrosidad de estas sustancias y la relevancia de la vía dérmica, evitar toda posibilidad de contacto es importante. En el caso de uso de EPI, deben seleccionarse adecuadamente y, además, se debe prestar especial atención a los huecos y aberturas de la ropa de protección (por ejemplo, entre traje y guantes) ya que en algunos estudios se ha detectado la presencia de diisocianatos debajo de la ropa de protección (Bello et al., 2008). Esto debe ir acompañado del resto de medidas preventivas y de control, así como de unos buenos hábitos higiénicos.

La cuantificación de la exposición por vía dérmica es particularmente difícil debido a la falta de métodos estandarizados y validados de medida (Lockey et al., 2015). Es por ello por lo que la exposición dérmica a diisocianatos se suele evaluar de manera indirecta comparando los muestreos en aire personales con datos procedentes de la biomonitorización. En algunos casos como, por ejemplo, en Reino Unido, se utiliza el control biológico cuantificando diaminas en orina al finalizar la exposición. Se utiliza un valor guía de control biológico de 1 micromol por mol de creatinina.

Los diisocianatos pueden convertirse en aerosoles (procesos de pintado o proyección con espumas de poliuretano) o en humos y vapores en procesos en caliente (soldadura, pistolas en caliente, sopletes, algunos adhesivos y selladores) y ser inhalados o también pueden ser absorbidos por vía dérmica. Además, pueden liberarse por degradación térmica de los

poliuretanos. Por tanto, es necesario considerar en el proceso de evaluación de riesgos ambas vías (inhalatoria y dérmica) como forma de entrada en el organismo y valorar adecuadamente las exposiciones. Según los estudios científicos, tanto la vía dérmica como la

vía inhalatoria contribuyen a inducir sensibilización respiratoria, aunque aún no pueda cuantificarse la contribución a esta sensibilización de la entrada por vía dérmica, tal y como viene remarcado en el informe realizado por la ECHA.

BIBLIOGRAFÍA

Dag Rother, Urs Schlüter, Occupational Exposure to Diisocyanates in the European Union, *Annals of Work Exposures and Health*, Volume 65, Issue 8, October 2021, Pages 893–907, <https://doi.org/10.1093/annweh/wxab021>

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.

Bello D, Redlich CA, Stowe MH, Sparer J, Woskie SR, Streicher RP, Hosgood HD, Liu Y. Skin exposure to aliphatic polyisocyanates in the auto body repair and refinishing industry: II. A quantitative assessment. *Ann Occup Hyg*. 2008 Mar;52(2):117-24. doi: 10.1093/annhyg/mem066. Epub 2008 Jan 21. PMID: 18209009.

Lockey JE, Redlich CA, Streicher R, Pfahles-Hutchens A, Hakkinen PB, Ellison GL, Harber P, Utell M, Holland J, Comai A, White M. Isocyanates and human health: multistakeholder information needs and research priorities. *J Occup Environ Med*. 2015 Jan;57(1):44-51. doi: 10.1097/JOM.0000000000000278. Erratum in: *J Occup Environ Med*. 2015 Mar;57(3):e24. PMID: 25563538; PMCID: PMC4286799.

Piirilä PL, Nordman H, Keskinen HM, Luukkonen R, Salo SP, Tuomi TO, Tuppurainen M. Long-term follow-up of hexamethylene diisocyanate-, diphenylmethane diisocyanate-, and toluene diisocyanate-induced asthma. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000 Aug;162(2 Pt 1):516-22. doi: 10.1164/ajrccm.162.2.9909026. PMID: 10934080.

Pauluhn J. Development of a respiratory sensitization/elicitation protocol of toluene diisocyanate (TDI) in Brown Norway rats to derive an elicitation-based occupational exposure level. *Toxicology*. 2014 May 7;319:10-22. doi: 10.1016/j.tox.2014.02.006. Epub 2014 Feb 23. PMID: 24572447.

North CM, Ezendam J, Hotchkiss JA, Maier C, Aoyama K, Enoch S, Goetz A, Graham C, Kimber I, Karjalainen A, Pauluhn J, Roggen EL, Selgrade M, Tarlo SM, Chen CL. Developing a framework for assessing chemical respiratory sensitization: A workshop report. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2016 Oct;80:295-309. doi: 10.1016/j.yrtph.2016.06.006. Epub 2016 Jul 7. PMID: 27396307.

Bello D, Herrick CA, Smith TJ, Woskie SR, Streicher RP, Cullen MR, Liu Y, Redlich CA. Skin exposure to isocyanates: reasons for concern. *Environ Health Perspect*. 2007 Mar;115(3):328-35. doi: 10.1289/ehp.9557. Epub 2006 Nov 28. PMID: 17431479; PMCID: PMC1849909.

European Chemicals Agency ECHA ANNEX 1: in support of the Committee for Risk Assessment (RAC) for evaluation of limit values for diisocyanates at the workplace

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)

MTA/MA-034/A95 Determinación de isocianatos orgánicos (2,6 y 2,4-toluen-diisocianato, hexametildiiisocianato, 4,4'-difenilmetano-diisocianato) en aire - Método de derivación y doble detección ultravioleta y electroquímica/Cromatografía líquida de alta resolución

Isocyanate paint spraying <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg276.pdf>

ANNEXES to the proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Council Directive 98/24/EC and Directive 2004/37/EC of the European Parliament and of the Council as regards the limit values for lead and its inorganic compounds and diisocyanates.

Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Council Directive 98/24/EC and Directive 2004/37/EC of the European Parliament and of the Council as regards the limit values for lead and its inorganic compounds and diisocyanates

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): Isocyanates: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/isocyanates/default.html>

Prevención de asma y muertes por exposición a diisocianatos: https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/96-111_sp/default.html

Occupational Safety and Health Administration (OSHA) de Estados Unidos: Isocyanatos: <https://www.osha.gov/isocyanates>

Guide to handling isocyanates, Safeworkaustralia (2015): <https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1702/guide-to-handling-isocyanates.pdf>

NIOSH NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM) 5th Edition (https://www-cdc-gov.translate.goog/niosh/nmam/default.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=nui,sc)

Analytical methods for chemical agents at Workplaces <https://amcaw.ifa.dguv.de/WForm09.aspx>

Agradecimientos a:

- Laura Merino (FEIQUE)
- Elena Adán (BASF)
- Iván Pujol (Covestro)

Diisocianatos en el ámbito laboral (II): evaluación de riesgos y medidas de control. Legislación.

*Diisocyanates in the workplace: risk assessment and control measures. Legislation.
Diisocyanates sur le lieu de travail: évaluation des risques et mesures de contrôle. Législation.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo
(INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Ruth Jiménez Saavedra

Licenciada en Biología

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

Bárbara González San Martín

Licenciada en Ciencias Ambientales

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

Alberto Vicente de la Peña

Ingeniero químico

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

A lo largo de los años se han producido cambios a nivel normativo y se han desarrollado nuevos métodos de medida para diisocianatos. Con el objetivo de actualizar y ampliar la información sobre estas sustancias, se ha elaborado una serie de 3 NTP, en las que se desarrollan los conceptos básicos sobre los diisocianatos, los efectos para la salud, métodos de toma de muestra y análisis, medidas de control y avances normativos.

En esta NTP se describen los principios básicos a tener en cuenta en el proceso de evaluación y posibles medidas de control. También se describen las actualizaciones en materia legislativa teniendo en cuenta tanto el ámbito de la comercialización como el ámbito de la prevención de riesgos laborales.

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. EVALUACIÓN DE RIESGOS POR EXPOSICIÓN A DIISOCIANATOS

En la NTP 1.192 se han descrito las características y propiedades de los diisocianatos, volúmenes de producción y peligros sobre la salud. Es importante conocer cuáles son sus aplicaciones en el ámbito industrial para saber qué población trabajadora puede verse expuesta a los mismos y cuándo será necesario realizar una evaluación de riesgos, teniendo en cuenta las exposiciones y procedimientos de uso. El uso de los diisocianatos es bastante amplio y por ello es importante conocer aquellas situaciones esperables con presencia de diisocianatos.

Exposición laboral a diisocianatos

Aplicaciones y usos

La exposición laboral a diisocianatos puede darse durante el proceso de obtención de estos o cuando se usan para producir otras sustancias o mezclas que los contengan, como pueden ser poliuretanos, plásticos, selladores o espumas, entre otros.

La reacción química que se da entre los diisocianatos y los grupos hidroxilo de los polialcoholes para producir los diversos poliuretanos es una reacción altamente exotérmica. Además, es una reacción rápida. No obstante, el curado y postcurado de los poliuretanos puede alargarse hasta las 72 horas, en algunos casos, tiempo durante el cual todavía se podría producir la exposición a los diisocianatos aún presentes.

En otras aplicaciones no existen los polialcoholes y es la propia humedad ambiental con la que reaccionan los diisocianatos. También pueden reaccionar con diaminas

para formar poliureas. En el ámbito laboral, lo que se da con mayor frecuencia es la reacción con polioles.

Se podría decir que la industria del poliuretano engloba la mayoría de los usos de los diisocianatos, dado que el resto de los usos se pueden considerar usos o aplicaciones especiales de los poliuretanos.

Una relación no exhaustiva de aplicaciones de los poliuretanos y, por tanto, de los diisocianatos podría ser:

- Adhesivos y selladores: se utilizan en adhesivos de dos fases que suelen ofrecer una alta resistencia y durabilidad, por ejemplo, en el sellado de cristales de ventanas.
- Pinturas, barnices y lacas: la incorporación de estos agentes en pinturas y lacas ofrecen ciertas propiedades a los productos sobre los que se aplican como brillo, resistencia, anticorrosión.
- Moldes en fundiciones: los poliuretanos presentan resistencia a la abrasión
- Espumas flexibles: para la fabricación de colchones, rellenos de tapicería.
- Espumas rígidas (aislantes): se utilizan generalmente para efectuar aislamientos y recubrimientos en autocares, contenedores, embarcaciones y otros productos. Las espumas rígidas también se utilizan como aislamiento de viviendas, cámaras y establecimientos frigoríficos, así como en la fabricación de embarcaciones para garantizar su flotabilidad.
- Elastómeros y fibras: para la fabricación de juntas herméticas y como ligante para hacer la unión de las fibras. Se fabrican gomas duras y también gomas blandas para la elaboración de juntas, por ejemplo, para los filtros del aire de los coches.
- Recubrimientos: por sus propiedades de elevada resistencia.

- Material de embalaje: empleado en el relleno para la protección de los artículos del interior del embalaje.
- Madera: como adhesivo y ligante en productos de madera.
- Plaguicidas: se utilizan isocianatos (un único grupo -NCO) en la fabricación de carbamatos, de los cuales algunos son altamente peligrosos.

Los sectores o subsectores que utilizan estos productos son, entre otros (véase NTP 1.192):

- Industria eléctrica y electrónica
- Industria química
- Industria automovilística (fabricantes y talleres)
- Fundiciones
- Industria de la pintura
- Industria del mueble
- Construcción
- Fabricación de electrodomésticos
- Industria aeroespacial
- Industria médica
- Artes gráficas
- Industria textil y del calzado

La forma de manipulación y aplicación de los productos mencionados anteriormente debe ser cuidadosamente estudiada para que la exposición a los diisocianatos sea la mínima posible, dado que hay productos que se pueden aplicar en diferentes condiciones en caliente, con brocha o rodillo, con pistola pulverizadora (ver imagen 1) que aumentan la exposición a los mismos. Por lo tanto, deben emplearse aquellas formas de aplicación que evi-

ten o reduzcan al mínimo la exposición por vía inhalatoria y dérmica, y que mantengan los resultados productivos esperados.

De igual modo se debe prestar atención al uso y a la manipulación de productos finales que contengan poliuretanos (diisocianatos) y dónde se lleven a cabo procesos que impliquen calentamiento (soldadura, fusión, termoformado, etc.) o procesos en los que se formen partículas (lijado, desbastado, chorreado, etc.).



Imagen 1: Aplicación de aislante de espuma de poliuretano.

En la tabla 1 se muestran algunos usos de los diisocianatos extraída de los diferentes expedientes de registro de los distintos diisocianatos, tal y como recoge la ECHA (European Chemicals Agency) en su informe sobre la evaluación de valores límite.

Sustancia	Nº CE	Rev.	Adh.	Esp. Fl	Esp. Ri	El.	Comp.	Limp.	Fund.	Pol.	Int.
TDI	247-722-4	x + pinturas	x	x		x	x				x
4,4'-MDI	202-966-0	x + pinturas + c	x + c	x	x	x	x	x	x	x	x
2,4'-TDI	209-544-5	x	x	x		x	x			x	x
HDI	212-485-8									x ¹	x
2,4'-MDI	227-534-9	x + c	x + c	x	x + c	x	x	x	x		
IPDI	223-861-6	x	x							x	x
H12-MDI	225-863-2		x			x				x	x
NDI	221-641-4					x				x	
2,2'-MDI	219-799-4	x + c	x + c	x	x + c		x	x	x		x
mXDI	222-852-4	x	x							x ²	x
mTMXDI	220-474-4									x	

Tabla 1: Usos identificados atendiendo a los dosieres de registro. Fuente: extraída y traducida del informe del Comité de Evaluación de Riesgos de la ECHA: *Evaluation of limit values for diisocyanates at the workplace 2019*³.

Criterios de valoración: valores límite

Como todo proceso de evaluación de riesgos por exposición a sustancias químicas, este comenzará por identificar las sustancias presentes, en este caso diisocianatos (incluyendo los tipos que puedan estar presentes), y re-

copilar las características y propiedades de estos. Una gran parte de la información puede obtenerse a través del [inventario de clasificación y etiquetado](#) de la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas, ECHA, así como de las fichas de datos de seguridad, informes previos de evaluación de riesgos y cualquier otra información que

¹ Termoplástico

² Lentes ópticas y termoplásticos

³ c= uso final de consumidores. Rev: revestimientos. Adh: adhesivos y selladores. Esp. fl: espuma flexible. Esp. ri: espuma rígida. El: elastómero. Comp: compuestos. Limp: limpieza. Fund: fundición. Pol: polímero. Int: intermedios

nos pueda servir para evaluar el riesgo de exposición a estas sustancias.

Por otro lado, se deberán identificar todos los factores relacionados con la exposición y las condiciones de trabajo, como son, por ejemplo: las tareas, los procesos, la frecuencia, la duración, las características de las personas que llevan a cabo el trabajo, los equipos, las medidas de control existentes, las condiciones ambientales y cualquier otro factor que pueda afectar a la exposición de las personas trabajadoras.

Al igual que para el resto de las sustancias químicas es necesario conocer qué criterios de valoración se emplearán a la hora de realizar las preceptivas evaluaciones de riesgos. Se deberá tener en cuenta la clasificación de peligro de los distintos tipos de diisocianatos pues existe variación entre ellos. Como se ha descrito anteriormente, una de las características que comparten los diisocianatos es la de ser potentes sensibilizantes, tanto para el sistema respiratorio como para la piel. Esta característica dificulta la posibilidad de establecer un valor umbral para el efecto y derivar el correspondiente valor límite. Por tanto, los valores se han establecido en función del riesgo de reacción de hipersensibilización en determinados órganos.

Actualmente en España se dispone de varios valores límite ambientales (VLA) para distintos diisocianatos, pero a futuro, y de hecho así lo expresa el informe de opinión de la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas

(ECHA) y la directiva 2024/869, se dispondrá de un valor límite único para todos los diisocianatos (grupo funcional -NCO) como ya tienen algunos países (por ejemplo, Reino Unido). Esto se debe a que los diisocianatos comparten esa característica de inducir reacciones de hipersensibilidad, aunque no hay información suficiente para determinar la potencia sensibilizante de todos y cada uno de ellos.

En el caso de que sea necesaria la realización de toma de muestras para valorar la exposición de los trabajadores a diisocianatos, hay que tener en cuenta que una de las vías de entrada es la vía dérmica, la cual contribuye al desarrollo de la sensibilización en las vías respiratorias, aunque no se pueda cuantificar. Esto quiere decir que la medición servirá para mostrar la conformidad con el valor límite, ya sea actual o futuro, pero que la evaluación de la exposición deberá contemplar esta posible vía de entrada. Los diisocianatos ejercen una acción local en la piel y a través de ella a nivel sistémico.

Para personas previamente sensibilizadas dichos valores límite serán de poca utilidad. De igual manera, las personas trabajadoras con alguna afección respiratoria como el asma pueden ser más susceptibles que otras al desarrollo de enfermedades causadas por exposición a diisocianatos.

Los isocianatos para los que se indican valores límite ambientales en el documento de Límites de Exposición Profesional se recogen en la tabla 2.

N° CE	N° CAS	Agente químico	VLA-ED ppm	VLA-ED mg/m³	VLA-EC ppm	VLA-EC mg/m³	Notas	Indicaciones de peligro H
202-966-0	101-68-8	Diisocianato de 4,4'-difenilmetano (MDI)	0,005	0,052			Sen,r	351-332-373-319-335-315-334-317
212-485-8	822-06-0	Diisocianato de 1,6-hexametileno (HDI)	0,005	0,035			Sen	331-319-335-315-334-317
221-641-4	3173-72-6	Diisocianato de 1,5-naftileno	0,005	0,043			Sen	330-317-319-335-315-334-412 ⁴
209-544-5	584-84-9	Diisocianato de 2,4-tolueno (TDI)	0,005	0,036	0,02	0,14	Sen	351-330-319-335-315-334-317-412
202-039-0	91-08-7	Diisocianato de 2,6-tolueno	0,005	0,036	0,02	0,14	Sen	351-330-319-335-315-334-317-412
225-863-2	5124-30-1	Metileno-bis (4-ciclohexilisocianato) o Diisocianato de 4,4'-díciclohexilmetano	0,005	0,055			Sen	331-319-335-315-334-317
223-861-6	4098-71-9	3-Isocianometil-3,5,5-trimetilciclo-hexilisocianato o Diisocianato de isoforona	0,005	0,046			Sen	331-319-335-315-334-317-411
203-137-6	103-71-9	Isocianato de fenilo	0,01	0,05				
210-866-3	624-83-9	Isocianato de metilo (2012)				0,02	Sen, vía dérmica, VLI	225-361d-330-311-301-335-315-318-334-317

Tabla 2: Valores Límite Ambientales recogidos en el documento "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2024".

Estos valores límite se establecieron para diisocianatos específicos. Sin embargo, la Comisión Europea ha publicado en marzo de 2024 la directiva 2024/869 que modifica la directiva de agentes químicos en la que se

incluye por primera vez un valor límite vinculante para diisocianatos. Esta modificación considera un valor límite para el grupo isocianato -NCO. Esto quiere decir que se ha acordado agrupar el valor límite para que sea igual

⁴ El diisocianato de 1,5-naftileno puede presentar una ligera variación de clasificación según el porcentaje de partículas con un diámetro de partículas inferior a 50 µm (ATP 18 del Reglamento CLP).

para todos los diisocianatos. Se establece un valor límite de larga duración de 6 µg/m³ (grupo -NCO) y un valor límite para exposiciones de corta duración de 12 µg/m³

(véase la tabla 3). Se incluye también una anotación de sensibilización para la vía dérmica e inhalatoria, así como una anotación de vía dérmica.

Valor límite para exposiciones de larga duración	Valor límite para exposiciones de corta duración
6 µg NCO/m ³	12 µg NCO/m ³

Tabla 3: Valores límite establecidos en la modificación de la directiva de agentes químicos

La directiva de modificación permite un valor transitorio de 10 µg/m³ (exposiciones de larga duración) y 20 µg/m³ (exposiciones de corta duración) hasta el 31 de diciembre de 2028 para permitir a las empresas adaptarse a los valores definitivos. Se recomienda complementar con la vigilancia de la salud para poder detectar síntomas en un estado temprano y evitar mayores consecuencias.

Actualmente no hay establecidos valores límite biológicos para determinar la cantidad absorbida tras la exposición,

aunque en algunos países, y así lo propone también la ECHA, existen unos valores biológicos de referencia o guía para valorar dicha absorción que se han establecido para algunos metabolitos de los diisocianatos en sangre (véase la tabla 4). En otros casos, como, por ejemplo, en Reino Unido, se dispone de un valor biológico guía (Biological Monitoring Guidance Value, BMGV) de 1 micromol de diamina en orina por mol de creatinina para muestras tomadas al final de la tarea.

Método	Biomarcador (diisocianato)	Técnica analítica	Límite de cuantificación	País
Método MAK⁵	HDA en orina (HDI)	GC/MS (cromatografía de gases con espectrometría de masa)	0.7 µg/l orina	Alemania DFG (2017)
	2,4 TDA en orina (2,4 TDI)		0.4 µg/l orina	
	2,6 TDA en orina (2,6 TDI)		0.4 µg/l orina	
	IPDA en orina (IPDI)		0.5 µg/l orina	
	MDA en orina (MDI)		0.4 µg/l orina	
Método BMGV	Diamina derivada de isocianato (HDI, MDI, TDI, IPDI)	GC/MS	5 nmol/l (aprox. 0.5 µmol/mol creatinina)	Reino Unido HSL

Tabla 4: Métodos para la biomonitorización de diisocianatos (extraído y traducido del informe de opinión del Comité de Evaluación de riesgos (Risk Assessment committee, RAC), de la ECHA)⁶.

2. CONTROL DE LA EXPOSICIÓN

La manipulación de compuestos que contengan grupos isocianato (-NCO) exige la adopción de una serie de medidas tendentes a minimizar la liberación y presencia de sus vapores y aerosoles en el ambiente laboral y prevenir los efectos perjudiciales de éstos. Desde un punto de vista preventivo el orden de preferencia en la adopción de esas medidas es la siguiente:

- Sustitución, si es técnicamente posible, de los productos manipulados por otros productos libres de isocianatos; productos cuya presión de vapor sea menor.
- Confinamiento físico de los procesos u operaciones cuando sea posible.
- Instalación de sistemas de extracción en los focos de emisión de contaminantes combinado con un sistema de ventilación general adecuado.
- Desarrollo de métodos de trabajo y adopción, por parte de las personas trabajadoras, de hábitos adecuados que reduzcan el riesgo, por ejemplo, cerrar los envases tras el uso, limpieza de los útiles de trabajo.
- Utilización de equipos de protección adecuados. Se ha

descrito anteriormente la importancia de la vía dérmica en el caso particular de los diisocianatos por lo que se debe prestar atención a esta vía y evitar todo contacto con estos agentes.

- Formación: además de lo establecido en el ámbito de la normativa de prevención de riesgos laborales, el Reglamento REACH ha introducido una formación específica para mejorar el control del uso y de las exposiciones a diisocianatos.

Sustitución

Actualmente existen en el mercado alternativas al uso de productos que contienen poliuretanos, principal aplicación del uso de diisocianatos, y por tanto libre de ellos. Existen por ejemplo espumas que ya no los contienen. Con motivo de las restricciones que va incorporando la normativa y dada la peligrosidad de estos compuestos se va viendo un avance en el mercado de estos productos alternativos. Es importante que los productos alternativos ofrezcan la misma funcionalidad que los productos originales, sin embargo, aún no hay opciones disponibles para

⁵ El método permite la determinación simultánea de diaminas.

⁶ HDI: Diisocianato de 1,6-hexametileno / HDA: Hexametildiamina.

TDI: Diisocianato de 2,4-tolueno / TDA: toluenodiamina.

IPDI: Diisocianato de isoforona / IPDA: isoforondiamina.

MDI: Diisocianato de 4,4'-difenilmetano / MDA: metilendianilina.

todos los productos que ofrezcan el mismo resultado. No obstante, se recomienda, en la medida de lo posible, la búsqueda de estas alternativas. Los proveedores pueden ser una buena fuente de información para ello.

Confinamiento físico

La utilización de diisocianatos o productos que los contengan debería realizarse en sistemas cerrados en la medida de lo posible. Además, estos sistemas deberían disponer de extracción local incorporada. Un ejemplo son las cabinas de pintura. En la mayoría de los casos durante la aplicación, la persona que realiza las tareas de pintado, barnizado, etc., tendrá que hacer uso además de equipos de protección individual, aunque se realicen las tareas en una zona confinada. El uso de las cabinas requiere disponer de procedimientos de trabajo, uso restringido a trabajadores autorizados y un perfecto conocimiento del uso de estas. Tras el funcionamiento, las cabinas deben permanecer cerradas el tiempo que sea necesario antes de abrirlas, para que los contaminantes que se encuentran suspendidos en el aire se depositen y pueda procederse posteriormente a una limpieza adecuada. Por tanto, es necesario una combinación de medidas para el total control de la exposición.

Además, en el caso de generación de residuos, debería contemplarse la gestión de estos de una manera adecuada.

Añadido al confinamiento físico, en el caso de aplica-

ciones en spray, pueden utilizarse equipos que reducen la cantidad de aerosoles en el aire. Un ejemplo de ello son las pistolas de alto volumen y baja presión (HVLP por sus siglas en inglés), empleadas en el uso de aplicación de pinturas.

Sistemas de extracción

Los sistemas de extracción deben diseñarse y seleccionarse cuidadosamente según los agentes que se desean controlar y las tareas que se están realizando. Esto condicionará la emisión al ambiente y la exposición (dispersión, cantidad, temperatura, tipo de proceso). La utilización de sistemas de extracción requiere un conocimiento específico sobre todos los parámetros que hay que tener en cuenta para su implantación (velocidad de captura, sistemas de depuración, conductos) así como un programa de mantenimiento frecuente. Además, las personas que vayan a hacer uso de estos tienen que recibir formación específica para que se haga un uso adecuado de los mismos.

Según las situaciones a controlar, es probable que sea necesario complementar estas medidas con equipos de protección individual, como en el caso de la pulverización en cabinas.

A continuación, se muestran, a modo de ejemplo, en las figuras 1, 2 y 3 distintos sistemas de extracción según el tipo de tareas relacionadas con diisocianatos.

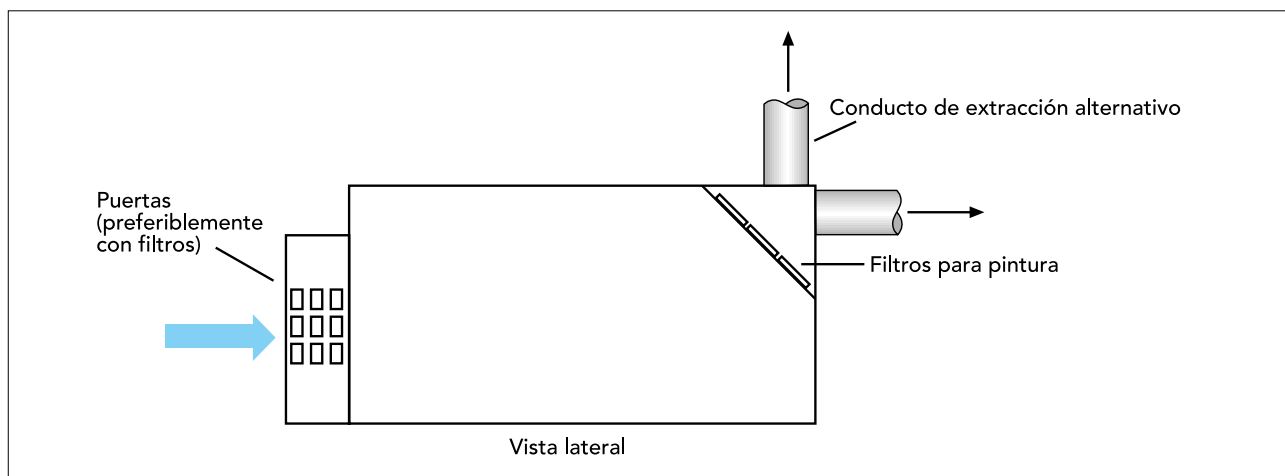


Figura 1: Esquema de una cabina de pintura con extracción incorporada.

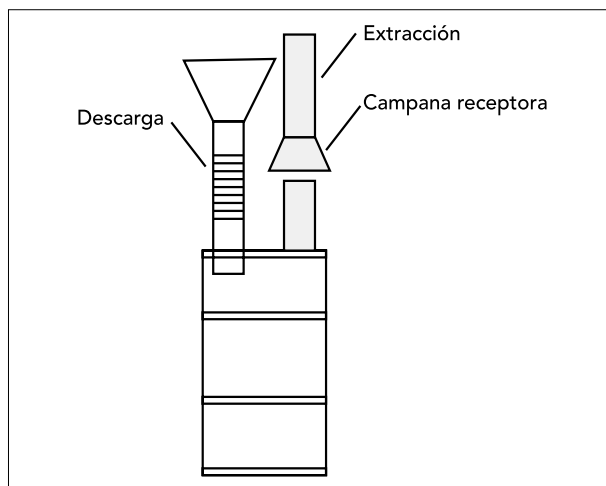


Figura 2: Esquema de un sistema de extracción localizada para tareas de llenado de un bidón.

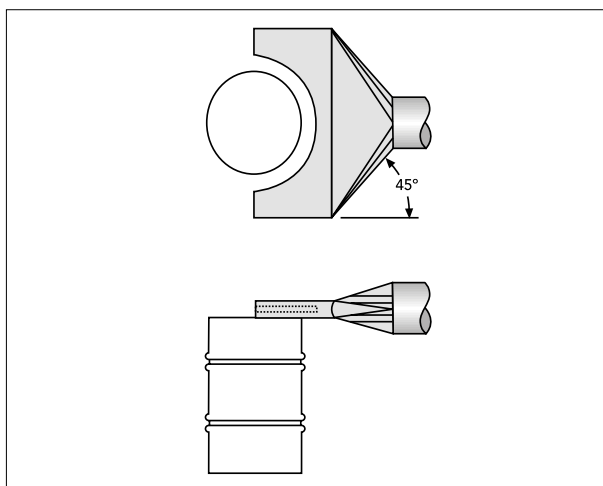


Figura 3: Esquema de un sistema de extracción sobre un tanque o depósito.

Equipos de protección individual EPI

Cuando las medidas preventivas dirigidas a la eliminación del riesgo o a su reducción no son posibles o bien resultan insuficientes, debe utilizarse un EPI. Por tanto, en todas aquellas operaciones en las que se manipulen diisocianatos y exista riesgo de exposición deberán utilizarse EPI, cuya necesidad e idoneidad deberán venir refrendadas por la evaluación de riesgos. Será el técnico de prevención quien tomando como punto de partida dicha evaluación seleccionará los EPI más adecuados en función de la tarea a realizar, otras sustancias que puedan estar presentes y los equipos empleados, así como las condiciones individuales de cada persona, en su caso.

Dependiendo del tipo de exposición, puede ser necesaria la utilización de uno o varios EPI. En cualquier caso, la tipología de estos vendrá determinada por la vía de entrada del contaminante en la persona expuesta. Como norma general, y según se ha comentado anteriormente, se deberá evitar todo contacto de los diisocianatos con la piel de la persona, así como la inhalación de vapores y aerosoles. Así, pues, podrán ser necesarios los siguientes tipos de EPI:

- Ropa de protección química, adecuada a la forma de presentación del contaminante (gas o vapor, líquido pulverizado o a chorro, partículas sólidas, etc.).
- Guantes de protección química (por ejemplo, caucho butílico, caucho nitrilo) y, en función de la tarea, con alguna otra protección adicional, como protección mecánica. Es importante mirar el tiempo de permeabilidad para usos prolongados.
- Calzado de protección con resistencia adecuada a la tarea y a la forma de presentación del contaminante (química y mecánica, por ejemplo, con puntera reforzada, etc.).
- Protección ocular o facial, nuevamente en función de la tarea y de la forma de presentación del contaminante (por ejemplo, gafas sin ventilación o con ventilación en función del tamaño de la partícula en el ambiente, etc.), así como plantear la necesidad de combinar varios tipos de protección en un mismo EPI (protección ocular y facial mediante máscara de protección respiratoria o incorporada al traje de protección)
- Protección respiratoria con máscara

Cuando deba recurrirse a la protección respiratoria durante la realización de trabajos donde pueda haber una exposición importante (por ejemplo en tareas de proyección de pintura), se optará por usar equipos de protección respiratoria con máscara y suministro de aire, teniendo bien en cuenta que, si se utilizase para este fin la línea de aire comprimido, tendría que estar dotada con válvulas antirretorno para evitar que reviertan sobre la persona vapores de isocianato proveniente de los tanques, que son presurizados con dicha línea.

Asimismo, se deberá filtrar y humidificar el aire comprimido que se vaya a respirar.

Por último, resultan de suma importancia los procedimientos, instrucciones y formación sobre la puesta y retirada de los EPI. La puesta del EPI de forma correcta según las instrucciones del fabricante, así como su ajuste, son imprescindibles para asegurar su funcionamiento para el fin previsto y la correcta retirada de los EPI una vez utilizados (y posiblemente contaminados) es crucial para evitar la exposición del trabajador en ese momento.

Otras recomendaciones

- Los objetos que entren en contacto con diisocianatos se deben limpiar inmediatamente después de su uso.
- Si se impregna la ropa de trabajo, se recomienda sustituirla rápidamente. Esto requiere disponer de ropa de recambio.
- Los depósitos que contengan diisocianatos deberán estar cerrados herméticamente; la presencia de humedad en ellos puede provocar la generación de dióxido de carbono, con riesgo de explosión al aumentar la presión en su interior.
- Los bidones vacíos pueden contener restos de diisocianatos por lo que no se reutilizarán; antes de almacenarlos se neutralizará el contenido.
- Disponer de kits de descontaminación para diisocianatos o material absorbente en caso de derrames accidentales
- Cuando se realicen tareas con diisocianatos o productos que los contengan es importante que se conozcan las medidas de primeros auxilios recomendadas en las fichas de datos de seguridad y en particular, observar la aparición de efectos o síntomas retardados. Esta información estará disponible en la sección 4 de la ficha de datos de seguridad.
- Gestión de residuos: si se hacen reaccionar con los productos adecuados se pueden formar compuestos inertes. Estos pueden quemarse en incineradoras. Es importante conocer lo establecido en la normativa correspondiente relacionada con la gestión de residuos.

3. MARCO LEGAL

En el ámbito legal relacionado con agentes químicos se dispone de la normativa relacionada con el registro y comercialización de sustancias químicas y por otro lado de la normativa del ámbito de la prevención de riesgos laborales. No es el propósito de esta NTP entrar en todos los aspectos de la norma, pero sí en lo relacionado con los aspectos de formación que vienen contemplados desde el ámbito de la comercialización y desde el ámbito de la PRL.

Uno de los aspectos a destacar entre las últimas modificaciones del Reglamento REACH (Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas) es la incorporación de un programa de formación obligatoria para las personas trabajadoras que utilicen y manipulen sustancias o mezclas que contengan diisocianatos. A su vez, en la normativa de prevención de riesgos laborales, tanto la Ley de Prevención (Ley 31/1995) como el real decreto de agentes químicos (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) establecen unas obligaciones de formación para los trabajadores con relación a sustancias químicas peligrosas, usos, medidas de control, entre otros aspectos, de manera general. Esto significa que la formación especificada bajo el amparo del Reglamento REACH será complementaria a la que viene especificada en la normativa de prevención de riesgos laborales. A continuación, se detalla más información sobre los requisitos de formación desde ambas perspectivas. El objetivo es común en ambas: la protección de la salud de las personas trabajadoras.

REACH: Reglamento 2020/1149 DE LA COMISIÓN de 3 de agosto de 2020 que modifica, por lo que respecta a los diisocianatos, el anexo XVII del Reglamento (CE) n° 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH)

El Reglamento (CE) n° 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) fue modificado por el Reglamento (UE) 2020/1149. Esta modificación, ha establecido unos plazos específicos para ciertas acciones en febrero de 2022 y agosto de 2023 como sigue:

1. No deberán usarse como sustancias como tales o como componentes de otras sustancias o en mezclas para usos industriales y profesionales después del 24 de agosto de 2023, excepto si:

- a) *) la concentración de diisocianatos individualmente y en conjunto es inferior al 0,1 % en peso, o*
- b) *el empleador o el trabajador por cuenta propia garantizan que el usuario o usuarios industriales o profesionales han completado con éxito la formación sobre el uso seguro de los diisocianatos antes de utilizar la(s) sustancia(s) o la(s) mezcla(s).*

2. No deberán comercializarse como sustancias como tales o como componentes de otras sustancias o en mezclas para usos industriales y profesionales después del 24 de febrero de 2022, excepto si:

- a) *la concentración de diisocianatos individualmente y en conjunto es inferior al 0,1 % en peso, o*
- b) *el proveedor garantiza que el destinatario de la(s) sustancia(s) o la(s) mezcla(s) ha recibido información sobre los requisitos a que se hace referencia en el punto 1, letra b), y que en el envase figura, de forma claramente separada del resto de la información de la etiqueta, la declaración siguiente: «A partir del 24 de agosto de 2023 es obligatorio tener la formación adecuada para proceder a un uso industrial o profesional».*

Esto quiere decir que, bajo el amparo del REACH, las personas trabajadoras que utilicen diisocianatos en las condiciones que se indican, tendrán que haber recibido dicha formación específica con el contenido mínimo indicado en este Reglamento a la fecha establecida.

Esta formación, está dividida en tres niveles. Un primer nivel, de carácter general para todos los usos (industriales y profesionales) que contiene información sobre los aspectos básicos de los diisocianatos, contemplando aspectos como la peligrosidad, los efectos para la salud, los valores límite, exposición y vías de entrada (tanto inhalatoria como dérmica); otro segundo nivel denominado "intermedio" para usos específicos que contempla, por ejemplo, riesgos de los procesos, de las tareas de mantenimiento y un tercer nivel o "avanzado", que considera situaciones específicas como por ejemplo la pulverización fuera de cabina (ver anexo 1).

El material de formación lo debe elaborar el fabricante (según define el Reglamento REACH) así como advertir de la exigencia de formación en la ficha de datos de seguridad y en el embalaje (claramente indicado). Las autoridades competentes en materia de este Reglamento RE-

ACH serán las responsables de velar por el cumplimiento de los requisitos impuestos en dicha norma. Para cumplir con sus obligaciones, los fabricantes de diisocianatos a nivel europeo han elaborado material formativo disponible en su página web (<https://safeusediisocyanates.eu/es/>).

Elementos de la formación según el Reglamento:

a) formación general, incluida la formación en línea, sobre:

- aspectos químicos de los diisocianatos;
- peligros de toxicidad (incluida la toxicidad aguda);
- exposición a los diisocianatos;
- valores límite de exposición profesional;
- cómo se desarrolla la sensibilización;
- el olor como indicador de peligro;
- importancia de la volatilidad para el riesgo;
- viscosidad, temperatura y peso molecular de los diisocianatos;
- higiene personal;
- equipos de protección individual necesarios, incluidas instrucciones prácticas para su correcto uso y sus limitaciones;
- riesgos de la exposición por contacto cutáneo e inhalación;
- riesgos relacionados con los procesos de aplicación utilizados;
- plan de protección cutánea y contra la inhalación;
- ventilación;
- limpieza, fugas, mantenimiento;
- eliminación de envases vacíos;
- protección de circunstancias;
- detección de las etapas críticas de manipulación;
- sistemas específicos de la normativa nacional (si procede);
- seguridad basada en el comportamiento;
- certificado o prueba documental de que se ha completado con éxito la formación;

b) formación de nivel intermedio, incluida la formación en línea, sobre:

- otros aspectos basados en el comportamiento;
- mantenimiento;
- gestión del cambio;
- evaluación de las instrucciones de seguridad existentes;
- riesgos relacionados con los procesos de aplicación utilizados;
- certificado o prueba documental de que se ha completado con éxito la formación;

c) formación avanzada, incluida la formación en línea, sobre:

- toda certificación adicional necesaria para los usos específicos cubiertos;
- pulverización fuera de la correspondiente cabina;
- manipulación abierta de formulaciones calientes o muy calientes (> 45 °C);
- certificado o prueba documental de que se ha completado con éxito la formación.

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.

El Real Decreto 374/2001 se aplicará en el caso de que se utilicen diisocianatos o productos que los contengan.

En su artículo 9 “Información y formación de los trabajadores”, determina, de conformidad con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, la necesidad de formación de los trabajadores con relación a agentes químicos.

La formación que indica el real decreto de agentes químicos contempla el contenido de dicha formación de un modo más amplio que la específica del anexo XVII del Reglamento REACH. La formación del reglamento se refiere exclusivamente al manejo y uso seguro de los diisocianatos mientras que la formación especificada en el artículo 9 del real decreto debe contemplar otra información, como, por ejemplo, la presencia simultánea de otras sustancias químicas y la exposición combinada, requisitos legales de aplicación, los resultados de la evaluación de riesgos, las medidas de prevención y control, entre otros. En el caso de los diisocianatos se deberá cumplir con los requisitos de formación de ambos marcos normativos.

Por otro lado, el empresario está obligado a realizar la evaluación de riesgos teniendo en cuenta la presencia de agentes químicos presentes en los puestos de trabajo, incluyendo además de los diisocianatos, cualquier otra sustancia peligrosa presente y además, las posibles interacciones entre ellos. Esto es, la exposición combinada en caso de haber presencia de otros productos peligrosos.

Las medidas de control necesarias vendrán determinadas por el resultado de la evaluación de riesgos y se tendrán en cuenta todos los productos peligrosos presentes, así como su forma de uso y exposiciones de las personas trabajadoras.

La autoridad laboral será la responsable de velar por el cumplimiento de lo establecido en este real decreto y en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

BIBLIOGRAFÍA

Analytical methods for chemical agents at Workplaces <https://amcaw.ifa.dguv.de/WForm09.aspx>

ANNEXES to the proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Council Directive 98/24/EC and Directive 2004/37/EC of the European Parliament and of the Council as regards the limit values for lead and its inorganic compounds and diisocyanates.

Bello D, Herrick CA, Smith TJ, Woskie SR, Streicher RP, Cullen MR, Liu Y, Redlich CA. Skin exposure to isocyanates: reasons for concern. *Environ Health Perspect.* 2007 Mar;115(3):328-35. doi: 10.1289/ehp.9557. Epub 2006 Nov 28. PMID: 17431479; PMCID: PMC1849909.

Bello D, Redlich CA, Stowe MH, Sparer J, Woskie SR, Streicher RP, Hosgood HD, Liu Y. Skin exposure to aliphatic polyisocyanates in the auto body repair and refinishing industry: II. A quantitative assessment. *Ann Occup Hyg.* 2008 Mar;52(2):117-24. doi: 10.1093/annhyg/mem066. Epub 2008 Jan 21. PMID: 18209009.

Dag Rother, Urs Schlüter, Occupational Exposure to Diisocyanates in the European Union, *Annals of Work Exposures and Health*, Volume 65, Issue 8, October 2021, Pages 893–907, <https://doi.org/10.1093/annweh/wxab021>

European Chemicals Agency ECHA ANNEX 1: in support of the Committee for Risk Assessment (RAC) for evaluation of limit values for diisocyanates at the workplace

Guide to handling isocyanates, Safeworkaustralia (2015): <https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1702/guide-to-handling-isocyanates.pdf>

Isocyanate paint spraying <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg276.pdf>

ISOPA/ALIPA: <https://safeusediisocyanates.eu/es/>

Lockey JE, Redlich CA, Streicher R, Pfahles-Hutchens A, Hakkinen PB, Ellison GL, Harber P, Utell M, Holland J, Comai A, White M. Isocyanates and human health: multistakeholder information needs and research priorities. *J Occup Environ Med.* 2015 Jan;57(1):44-51. doi: 10.1097/JOM.0000000000000278. Erratum in: *J Occup Environ Med.* 2015 Mar;57(3):e24. PMID: 25563538; PMCID: PMC4286799.

Methods for the Determination of Hazardous Substances (MDHS) guidance <https://www.hse.gov.uk/pubns/mdhs/>

MTA/MA-034/A95 Determinación de isocianatos orgánicos (2,6 y 2,4-toluen-diisocianato, hexametilendiisocianato, 4,4'-difenilmetano-diisocianato) en aire - Método de derivación y doble detección ultravioleta y electroquímica/Cromatografía líquida de alta resolución

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): Isocyanates: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/isocyanates/default.html>

NIOSH NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM) 5th Edition (https://www-cdc-gov.translate.goog/niosh/nmam/default.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=nui,sc)

North CM, Ezendam J, Hotchkiss JA, Maier C, Aoyama K, Enoch S, Goetz A, Graham C, Kimber I, Karjalainen A, Pauluhn J, Roggen EL, Selgrade M, Tarlo SM, Chen CL. Developing a framework for assessing chemical respiratory sensitization: A workshop report. Regul Toxicol Pharmacol. 2016 Oct;80:295-309. doi: 10.1016/j.yrtph.2016.06.006. Epub 2016 Jul 7. PMID: 27396307.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA) de Estados Unidos: Isocyanates: <https://www.osha.gov/isocyanates>

Pauluhn J. Development of a respiratory sensitization/elicitation protocol of toluene diisocyanate (TDI) in Brown Norway rats to derive an elicitation-based occupational exposure level. Toxicology. 2014 May 7;319:10-22. doi: 10.1016/j.tox.2014.02.006. Epub 2014 Feb 23. PMID: 24572447.

Piirilä PL, Nordman H, Keskinen HM, Luukkonen R, Salo SP, Tuomi TO, Tuppurainen M. Long-term follow-up of hexamethylene diisocyanate-, diphenylmethane diisocyanate-, and toluene diisocyanate-induced asthma. Am J Respir Crit Care Med. 2000 Aug;162(2 Pt 1):516-22. doi: 10.1164/ajrccm.162.2.9909026. PMID: 10934080.

Prevención de asma y muertes por exposición a diisocianatos: https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/96-111_sp/default.html

Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Council Directive 98/24/EC and Directive 2004/37/EC of the European Parliament and of the Council as regards the limit values for lead and its inorganic compounds and diisocyanates

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.

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)

DIRECTIVA (UE) 2024/869 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 13 de marzo de 2024 por la que se modifican la Directiva 2004/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, y la Directiva 98/24/CE del Consejo, en lo que respecta a los valores límite para el plomo y sus compuestos inorgánicos y para los diisocianatos

Agradecimientos a:

- Laura Merino (FEIQUE)
- Elena Adán (BASF)
- Iván Pujol (Covestro)

Diisocianatos en el ámbito laboral (III): métodos de toma de muestra y análisis

*Diisocyanates in the workplace. Sampling and analytical methods.
Diisocyanates sur le lieu de travail. Méthodes d'échantillonnage et d'analyse.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo
(INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Ruth Jiménez Saavedra

Licenciada en Biología

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

Bárbara González San Martín

Licenciada en Ciencias Ambientales

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

Alberto Vicente de la Peña

Ingeniero químico

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

A lo largo de los años se han producido cambios a nivel normativo y se han desarrollado nuevos métodos de medida para diisocianatos. Con el objetivo de actualizar y ampliar la información sobre estas sustancias, se ha elaborado una serie de 3 NTP, en las que se desarrollan los conceptos básicos sobre los diisocianatos, los efectos para la salud, métodos de toma de muestra y análisis, medidas de control y avances normativos.

En esta NTP se describen alguno de los métodos de toma de muestra y análisis de entidades de reconocido prestigio en este campo, así como de métodos descritos en normas europeas o internacionales. Los métodos que aquí se describen son para el análisis de diisocianatos y también para el análisis de grupo isocianato -NCO. No hay que olvidar que, dadas las características de los diisocianatos, el poder sensibilizante de los mismos y la importancia de la vía dérmica, las evaluaciones de riesgos tendrán que considerar tanto la vía inhalatoria como la vía dérmica a la hora de caracterizar el riesgo de las exposiciones.

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. MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS

La presencia de diisocianatos en el medio ambiente laboral puede darse en forma de aerosol (por condensación de partículas) con distintos tamaños de partículas o fracciones y en forma de vapor. La forma en la que están presentes dependerá del diisocianato y de la actividad que se lleve a cabo. Además, son sustancias muy reactivas e inestables, lo que hace, entre otras razones, que el muestreo de diisocianatos sea complicado y complejo. La selección del método de muestreo requiere el conocimiento previo de la situación, la actividad, la tarea y las distintas especies que pueden estar presentes en los lugares de trabajo.

Si durante el proceso de evaluación de riesgos se determina que es necesario la realización de mediciones para obtener datos cuantitativos de las concentraciones en aire, se elegirá un método validado. Los isocianatos pueden encontrarse en fase vapor y aerosol, por tanto, los métodos de muestreo irán dirigidos a recoger ambas fases.

Para la toma de muestra en aire se pueden utilizar filtros y absorbentes impregnados con agentes derivatizantes y borboteadores (o impinger) que contienen la solución del agente derivatizante, aunque ninguna de estas dos opciones funciona para captar todo el rango de isocianatos.

La eficacia de la captación de los isocianatos depende de la eficacia de dos procesos diferentes. La eficacia de la aspiración, definida como la eficacia con la que los isocianatos entran en el captador; y la eficacia de la derivatización, que es el rendimiento de la reacción de los isocianatos con el agente derivatizante.

Los borboteadores no recogen de manera eficiente las partículas que tienen un tamaño inferior a 2 μm y las partículas más grandes, cuando se capturan con filtro impregnado, no se derivatizan eficazmente. La combinación de ambos captaría eficazmente los isocianatos en fase de vapor y aerosol.

El uso de borboteadores o impinger va quedando en desuso por las desventajas que presenta: la dificultad de transporte de las soluciones, la molestia que le supone al portador durante la toma de muestra, la peligrosidad de la solución, la conservación y el tiempo de muestreo. Es por ello por lo que está ampliamente extendido el uso del muestreo con filtros impregnados.

Por tanto, para la elección de un procedimiento de muestreo deben tenerse en cuenta las características físico-químicas del isocianato presente en el aire, tal y como se indica ya en la NTP 535:

- Si el isocianato está presente sólo en forma de vapor, son adecuados tanto la captación con impinger (ver figura 1) como con filtro impregnado con una solución absorbente.
- Si el isocianato está presente como partícula, con diámetro inferior a 2 μm (por ejemplo, un aerosol de combustión o condensación) se recomiendan los filtros impregnados.
- Si el isocianato está presente como partícula, con diámetro superior a 2 μm (por ejemplo, pintado aerográfico) se recomienda el filtro o el impinger en función de la relación entre el tiempo de muestreo y la vida media del isocianato en la partícula según el criterio siguiente: si la vida media del isocianato es igual o superior a 3 veces el tiempo de muestreo requerido, se pueden

utilizar filtros o impingers; si, por el contrario, la vida media del isocianato es inferior a 3 veces el tiempo de muestreo requerido, se recomienda el impinger para mejorar la eficacia de la derivatización. (Se define la vida media como el tiempo que tarda la concentración del monómero del isocianato en reducirse a la mitad).

- d) Si hay partículas inferiores y superiores a $2\ \mu\text{m}$, pero de vida media inferior a 3 veces el tiempo de muestreo requerido, se recomienda el impinger seguido de un filtro impregnado con una solución absorbente.
- e) También se puede utilizar el sistema de doble filtro para la captura de vapores y aerosoles según describen algunos métodos (ver figura 2).



Figura 1: impinger

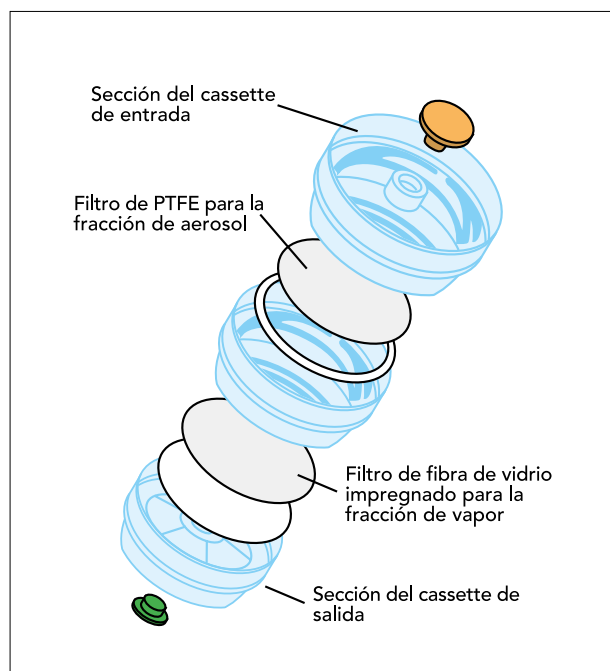


Figura 2: Captador con doble filtro para la captura de vapores y aerosoles

Algunos de los métodos disponibles para muestrear diisocianatos y analizar grupo isocianato -NCO se indican a continuación:

MTA/MA-034/A95 Determinación de isocianatos orgánicos (2,6 y 2,4-toluen-diisocianato, hexametilendiisocianato, 4,4'-difenilmetano-diisocianato) en aire - Método de derivación y doble detección ultravioleta y electroquímica / Cromatografía líquida de alta resolución

Este método utiliza el sistema de impinger o borboteador que contiene la disolución absorbente de 1- (2-Metoxifenil) piperacina (1,2-MFP). Una vez recogida la muestra se analiza con un cromatógrafo líquido de alta resolución (*High Performance Liquid Chromatography HPLC*), equipado con detectores ultravioleta (UV) y electroquímico (EC).

Este método es adecuado para la determinación de los siguientes diisocianatos:

- 2,6 y 2,4-toluendiisocianato (TDI)
- Hexametilendiisocianato (HDI) y
- 4,4'-difenilmetanodiisocianato (MDI)

Intervalos de concentración para los que sirve el método para muestras de 30 litros de aire:

- $0,0015\ \text{mg/m}^3$ - $0,0090\ \text{mg/m}^3$ de 2,6 TDI
- $0,0015\ \text{mg/m}^3$ - $0,0090\ \text{mg/m}^3$ de 2,4 TDI
- $0,0015\ \text{mg/m}^3$ - $0,0090\ \text{mg/m}^3$ de HDI
- $0,0050\ \text{mg/m}^3$ - $0,0125\ \text{mg/m}^3$ de MDI

MDHS 25/4 Method for the determination of Hazardous Substances: Organic isocyanates in air (2015)

Método de laboratorio con derivatización (1,2-MFP) *in situ* en filtro de fibra de vidrio tratado o en solución utilizando impinger con un filtro de apoyo tratado en serie.

El método sirve para vapores y aerosoles de los monómeros que se indican a continuación y prepolímeros derivados de los monómeros:

- 2,4-TDI
- 2,6-TDI isómeros
- 1,5-diisocianatonaftaleno (NDI)
- 1,6-hexametileno diisocianato (HDI)
- metilen bis(4-fenilisocianato) (MDI)

La técnica analítica de este método es HPLC-UV/EC con un límite de detección LoD, para una muestra de 15 litros, de $0,07\ \mu\text{g NCO/m}^3$ y un Límite de cuantificación LoQ: $0,27\ \mu\text{g NCO/m}^3$ y para una muestra de 8 horas corresponde un LoD de $0,004\ \mu\text{g NCO/m}^3$ y LoQ de $0,017\ \mu\text{g NCO/m}^3$.

NIOSH 5521 Isocyanates, Monomeric (1994)

Este método es similar al MTA/MA 034/A95 y sirve por tanto para determinar diisocianatos (monómeros) en aire:

- 2,4-TDI
- 2,6-TDI
- MDI
- HDI
- NDI

En este caso el captador del agente contaminante es el impinger con una solución absorbente de 1-(2-metoxifenil)-piperazina en tolueno.

Al igual que en otros métodos, la técnica analítica es la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) con detección ultravioleta (UV) y electroquímica (EC).

El intervalo de aplicabilidad es válido desde $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para 2,4-TDI, $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para 2,6-TDI, $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para MDI, $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para HDI, y $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para NDI hasta más de $1\text{mg}/\text{m}^3$ para muestras de 100 litros de aire.

NIOSH 5525 Isocyanates, Total (MAP) 2003

Este método puede utilizarse para recoger muestras de isocianatos en fase vapor y aerosoles, así como condensación de aerosoles, tanto de monómeros como de oligómeros. Puede utilizarse con filtro impregnado, impinger o la combinación de ambos.

El intervalo o dominio de aplicación de este método se encuentra aproximadamente entre 1.4 y $840 \mu\text{g NCO}/\text{m}^3$ (grupo total de isocianatos) para una muestra de 15 litros. Según describe el método, esto sería equivalente a un intervalo de 0.4 ppb – 250 ppb para un diisocianato. La correcta aplicación del método depende de la selección adecuada del captador en función de las características fisicoquímicas de los isocianatos y del tipo de ambiente o lugar de trabajo a muestrear.

El agente derivatizante que emplea este método es 1-(9-antracénil metil) piperazina (MAP) y la técnica analítica y de detección de este método son la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y detección ultravioleta (UV) o fluorescencia (FL).

ISO 16702:2007 Workplace air quality – determination of total organic isocyanate groups in air using 1-(2-methoxyphenyl)piperazine) and liquid chromatography

El método que describe esta norma determina la concentración en aire de compuestos orgánicos que tengan el grupo funcional isocianato, incluyendo ambas fases (aerosol y vapor), tanto monómeros como oligómeros y polímeros.

El intervalo aproximado de concentración en el que este método resulta adecuado está entre $0.1 \mu\text{g NCO}/\text{m}^3$ y $140 \mu\text{g NCO}/\text{m}^3$ para una muestra de 15 litros. Los límites de detección (LoD) y cuantificación (LoQ) son $0.004 \mu\text{g NCO}/\text{m}^3$ y $0.019 \mu\text{g NCO}/\text{m}^3$ respectivamente correspondientes a 8 horas, 240 litros (VLA-ED). Y los límites de detección y cuantificación para una muestra de 15 litros (15 minutos, VLA-EC) son $0.07 \mu\text{g NCO}/\text{m}^3$ y $0.3 \mu\text{g NCO}/\text{m}^3$ respectivamente.

El agente derivatizante que utiliza este método para formar un compuesto más estable (derivado de urea) es la 1-(2-metoxifenil) piperazina (1,2-MFP) y la técnica analítica y de detección empleadas son la cromatografía líquida (LC) con detección ultravioleta/visible (UV/vis) y electroquímica (EC). La toma de muestra en el lugar de trabajo dependerá de la forma física en la que estén presentes los diisocianatos. Para la recogida de diisocianato en fase de vapor se pueden utilizar filtros impregnados en 1,2-MFP en solitario. Si se trata de muestrear aerosoles se utilizará la combinación de impinger y filtro impregnado con el agente derivatizante.

ISO 17734-1:2013 Determination of organonitrogen compounds in air using liquid chromatography and mass spectrometry – Part 1: Isocyanates using dibutylamine derivatives

Este método permite determinar un amplio rango de isocianatos en aire, tanto vapores como aerosoles. Por ejemplo, isocianatos mono-funcionales:

- ácido isocianico (ICA),
- isocianato de metilo (MIC),
- isocianato de etilo (EIC),
- isocianato de propilo (PIC),
- isocianato de butilo (BIC) e
- isocianato de fenilo (PhI).

Diisocianatos monoméricos:

- HDI,
- 2,4-TDI y 2,6-TDI,
- MDI,
- NDI,
- diisocianato de isoforona (IPDI) y
- diisocianato de 4,4'-diclohexilmetano (HMDI).

Y también sirve para determinar pre-polímeros y oligómeros.

Para la captación de los contaminantes el método permite utilizar, un tren de impinger seguido de filtro y también un tren compuesto por un tubo recubierto más un filtro. En este caso el agente derivatizante es di-n-butilamina (DBA). Tal y como indica en el título de la misma norma, la técnica analítica utilizada es la cromatografía líquida y espectrometría de masas.

Los límites de detección de la técnica analítica son, 5 nmol/muestra para isocianatos alifáticos y 0,2 nmol/muestra para aromáticos. Esto se corresponde con un LoD de $0,6 \text{ ng}/\text{m}^3$ para HDI y $0,02 \text{ ng}/\text{m}^3$ para TDI para una muestra de 15 litros (muestra de corta duración de 15 minutos) y un LoD de $0,001 \text{ ng}/\text{m}^3$ para TDI y $0,04 \text{ ng}/\text{m}^3$ para HDI para muestras de 8 horas (240 litros).

ISO 17735:2019 Workplace atmospheres – Determination of total isocyanate groups in air using 1-(9-anthracenylmethyl) piperazine (MAP) reagent and liquid chromatography

Este método permite recoger isocianatos, tanto monómeros, como pre-polímeros y oligómeros, mediante el uso de 1-(9-antracénil metil) piperazina (MAP). Entre los compuestos que contienen isocianatos para los que es de utilidad este método están:

- los isocianatos mono-funcionales como el fenil isocianato
- pre-polímeros
- productos intermedios que se forman durante la producción o degradación térmica de poliuretano
- diisocianatos monómero:
 - 2,6 y 2,4-toluendiisocianato (TDI)
 - Hexametildiisocianato o diisocianato de 1,6-hexametileno (HDI)
 - 4,4'-difenilmetanodiisocianato (MDI)
 - Diisocianato de isoforona o también 3-Isocianometil-3,5,5-trimetilciclo-hexilisocianato (IPDI)

En sistemas mixtos de productos HDI e IPDI es imposible identificar y cuantificar niveles bajos de IPDI monómero mediante el uso de este método. Además, el método subestima el contenido total del grupo isocianato (-NCO) en productos con base MDI.

Este método permite utilizar impinger, filtros impregnados con MAP o un tren de muestreo con impinger y filtro impregnado en función del isocianato en aire.

La técnica analítica de este método será HPLC con detección de absorbancia UV y detección de fluorescencia en serie. Además, se ha modificado para poder utilizarse para TDI con cromatografía líquida con espectrometría de masas en tándem.

El intervalo del límite de detección (LoD) correspondiente para 8 horas de exposición (240 litros de muestra) es de 0.04 a 0.08 μg monómero/ m^3 para muestreo con filtro y 0.13 a 0.3 μg monómero/ m^3 para muestreo con impinger. El intervalo correspondiente para muestreos de corta duración (15 minutos y, por tanto, 15 litros) es de 0.7 μg monómero/ m^3 a 1.4 μg monómero/ m^3 para muestreos con filtro y de 2.0 a 5.3 μg monómero/ m^3 para muestreo con impinger.

ISO 17736:2010 Workplace air quality – Determination of isocyanate in air using a double-filter sampling device and analysis by high pressure liquid chromatography

Este método es adecuado para compuestos orgánicos que contienen el grupo funcional libre isocianato. Sirve para aerosoles y vapores; monómeros, prepolímeros y oligómeros.

Entre los monómeros aromáticos para los que se puede usar este método están el TDI y el MDI y de los monómeros alifáticos: IPDI, HMDI y HDI.

Este método utiliza un sistema de doble filtro para la captura de vapores y aerosoles, un primer filtro PTFE y posteriormente otro de fibra de vidrio impregnado con 9-(metilaminometil) antraceno (MAMA). Puede utilizarse para determinar concentraciones de isocyanatos de corta duración (15 minutos) aunque si sólo hay vapores en aire se podría extender el muestreo hasta 8 horas. El intervalo de validez de este método para el grupo –NCO está entre 0.67 μg NCO/ m^3 y 140 μg NCO/ m^3 para una muestra de 15 litros.

OSHA 5002 Organic Vapor Sampling Group 3 (OVSG-3) Diisocyanate Analytes collected on Coated Glass Fiber Filters

Este método es adecuado para los siguientes analitos:

- Hexametileno diisocianato (HDI)
- 1,6- hexametileno diisocianato homopolímero
- Diisocianato de isoforona
- Metileno-bis (4-ciclohexilisocianato)
- Diisocianato de 4,4'-difenilmetano (MDI)
- Polimérico (Metileno-bis (4-ciclohexilisocianato))
- Diisocianato de 2,4 y 2,6-tolueno (TDI)

En principio es válido para la fase de gas y en algunos casos para aerosoles. Este método ha modificado el anterior OSHA 42. Utiliza como método de captación un casete con un filtro de fibra de vidrio impregnado con 1-(2-piridil) piperacina (1-2PP). La técnica analítica es la cromatografía líquida de ultra alta resolución (UHPLC) y un detector de fluorescencia. Sirve para muestreo de corta duración, 15 minutos (15 litros).

NIOSH 5522 (1998) Isocyanates

Este método de NIOSH utiliza el impinger como método de muestreo para los diisocyanatos que se indican a continuación. Sirve para muestrear vapores y aerosoles, pero únicamente para muestras ambientales y no personales (por la posible exposición a disoluciones de dimetilsulfóxido DMSO):

- Intervalo para 2,4-TDI: 0.3 a 14.0 μg /muestra
- Intervalo para 2,6-TDI: 0.6 a 14.0 μg /muestra
- Intervalo para MDI: 1.0 a 10.0 μg /muestra
- Intervalo para HDI: 0.6 a 20.0 μg /muestra

El intervalo de aplicación de este método es de 10 a 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 50 litros de volumen de aire. Este método no puede utilizarse en presencia de mezcla de distintos isocyanatos ni en el caso de condensación de aerosoles.

La técnica analítica de este método es HPLC y detector de fluorescencia (FL)/Detector electroquímico (EC).

En la tabla 1 se muestra el resumen de los métodos indicados:

Método	Válido para	Captador	Técnica analítica	LoD y LoQ ED (8h) (240 litros)	LoD y LoQ EC (15') (15 litros)
MTA/MA 034/A95	TDI, HDI, MDI	Impinger	HPLC-UV/ EC		Intervalos: 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de TDI (2,4 y 2,6) 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 9.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de HDI 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 12.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MDI (30 l)
MDHS 25/4	Vapores y aerosoles. Monómeros y pre-polímeros	Filtros de fibra de vidrio (vapores). Impinger+filtro impregnado (aerosoles)	HPLC-UV/ EC/ (MS/MS)	LoD: 0.004 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NCO/ m^3 LoQ: 0.017 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NCO/ m^3	LoD: 0.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NCO/ m^3 LoQ: 0.27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NCO/ m^3
NIOSH 5521	Monómeros (2,4-TDI, 2,6-TDI, MDI, HDI, NDI)	Impinger	HPLC-UV/ EC	Intervalo: de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 2,4-TDI, 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 2,6-TDI, 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para MDI, 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para HDI, y 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para NDI hasta más de 1 mg/m^3 (100L aire)	
NIOSH 5522	Vapores y aerosoles; sólo para ambiental; monómero (TDI, MDI, HDI) y estimación de oligómeros; no válido para mezclas de isocyanatos	Impinger	HPLC-FL/EC		Intervalo: 10 – 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para TDI (50 l)

NIOSH 5525	Vapores, aerosoles y condensación de aerosoles; monómeros y oligómeros	Filtros de fibra de vidrio; impinger; o combinados	HPLC-UV/ FL	Intervalo: 0.1 – 52 µg NCO/m ³ LoD: 0.18 µg/m ³ para HDI	Intervalo: 1.4 – 840 µg NCO/m ³ LoD: 1,1 µg/m ³ para HDI
ISO 16702	Vapores y aerosoles; Cualquier producto que contenga grupos isocianato libres. Principalmente MDI, HDI y TDI, tanto monómeros como sus oligómeros y polímeros	Filtros tratados químicamente o impinger/ filtro	LC – UV/EC/(DAD)	LoD: 0.004 µg NCO/m ³ ; LoQ: 0.019 µg NCO/m ³	LoD: 0.07 µg NCO/m ³ ; LoQ: 0.3 µg NCO/m ³ Intervalo: 0.1 – 140 µg/m ³
ISO 17734	Isocianatos en fase gaseosa y aerosol; Monómeros, pre-polímeros y oligómeros	Impinger/filtro o tubo/ filtro (muestreo libre de disolvente)	HPLC-MS/CLND	LoD: 0.001 ng/m ³ para TDI y 0.04 ng/m ³ para HDI	LoD: 0.02 ng/m ³ para TDI y 0.6 ng/m ³ para HDI; Intervalo: 0.001-200 000 µg/m ³ para TDI (5 l)
ISO 17735	Vapores y aerosoles; monómeros, pre-polímeros	Filtro impregnado y/o impinger	HPLC-UV/FL (LC-MS)	LoD: 0.04 – 0.08 µg monómero/m ³ para filtros; 0.13 – 0.3 µg monómero/m ³ para impinger	LoD: 0.7 – 1.4 µg monómero/m ³ para filtro y 2.0-5.3 monómero µg/m ³ para impinger
ISO 17736	Vapores y aerosoles; Monómeros, pre-polímeros y oligómeros	Doble filtro	HPLC-UV/FL		Intervalo: 0.67 – 140 µg NCO/m ³
OSHA 5002	Vapores y aerosoles en algunos casos	Filtro de fibra de vidrio impregnado	UHPLC/FL		LoQ: 1.3 µg/m ³ para 2,4-TDI LoQ: 2.3 µg/m ³ para HDI
IRSST MA-376	Vapores y aerosoles. Monómeros y oligómeros HDI, MDI, TDI, IPDI y HMDI	Doble filtro; impinger; o combinados	HPLC-UV		Intervalo: de 0.0009 a 0.1 mg/m ³ para vapores. De 0.025 a 1.7 µg/m ³ para aerosoles

Tabla 1. Resumen de los métodos indicados para el muestreo de diisocianatos. FL: detección por fluorescencia. LoD: límite de detección. LoQ: límite de cuantificación. LC: cromatografía líquida. HPLC: cromatografía líquida de alta resolución. UHPLC: cromatografía de ultra alta resolución. MS: espectrometría de masas. CLND: detección quimioluminiscente de nitrógeno. UV: detección ultravioleta. FL: detección por fluorescencia. EC: detección electroquímica. DAD: detector de diodo.

IRSST Analytical method MA 376 – Determination of isocyanates in workplace air

Este método está desarrollado por el IRSST *Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail* de Quebec, Canadá. De manera similar a otros métodos se basa en la toma de muestra mediante captación en filtro. En este caso el método utiliza un sistema de filtro dual con un filtro de teflón, donde se captura la muestra de aerosoles y otro filtro de fibra de vidrio impregnado con 9-(N-metilaminometil) antraceno (MAMA) para capturar la fase de vapor. Sirve para la captura de HDI, IPDI, HMDI, TDI y MDI. Utiliza un cassette de 37 mm. Tras el muestreo, el filtro de teflón se extrae y se introduce en un recipiente con MOPIP (1-(2-metoxifenil) piperazina) en tolueno.

Posteriormente los dos filtros se analizan por separado mediante HPLC-UV y se analizan ambos, monómeros y oligómeros. El intervalo de aplicación es para concentraciones entre 0.0009 y 0.1 mg/m³ para vapores y de 0.025 a 1.7 µg/m³ para aerosoles para muestras de 15 litros.

Este método se basa en el método ISO 17736 y los métodos americanos ASTM International, D5932, D6561 y D6562.

Otros métodos

Hay algunos métodos que venían utilizándose eran los OSHA 42, 47, PV2034, PV2092, pero han sido retira-

dos. Se pueden ver los métodos que ya no son válidos en la página web: <https://www.osha.gov/chemicaldata/methods/withdrawn>.

Existen otros métodos que son específicos para algunos diisocianatos concretos, como por ejemplo el método de NIOSH 2535 para TDI y HDI, aunque es únicamente válido para vapores y no para aerosoles.

Vistos los métodos existentes, se pone de manifiesto la importancia de conocer qué isocianatos están presentes, el tipo de actividad, su presencia en fase vapor, aerosol, o ambas, etc. para escoger el método adecuado.

Métodos para evaluar la contaminación de superficies

El muestreo de superficies es difícil dada la reactividad de los diisocianatos, por lo que cuantificar la cantidad de diisocianato mediante las técnicas de muestreo de superficies es casi imposible.

Sin embargo, existen métodos para valorar la contaminación de superficies cualitativamente. Aunque no pueden emplearse para valorar la exposición personal son útiles para ver la dispersión del contaminante, en este caso los diisocianatos. La toma de muestra de superficies sirve para reducir la exposición por vía dérmica, es decir, para evitar el contacto con zonas contaminadas, ya que no siempre se puede observar a simple vista y de esta forma se puede evitar el contacto.

Uno de los métodos cualitativos es el descrito por el IRSST canadiense en su publicación *Guide for safe use of isocyanates. An industrial hygiene approach*, donde se emplean unas almohadillas de material absorbente para la recogida de la muestra de superficie donde pre-

viamente se ha aplicado una solución reveladora. Esta solución se deja actuar unos segundos y posteriormente se pasa la almohadilla, la cual cambiará de color si hay presencia de diisocianato.

BIBLIOGRAFÍA

MTA/MA-034/A95 Determinación de isocyanatos orgánicos (2,6 y 2,4-toluen-diisocianato, hexametilendiisocianato, 4,4'-difenilmetano-diisocianato) en aire - Método de derivación y doble detección ultravioleta y electroquímica / Cromatografía líquida de alta resolución

MDHS 25/4 *Method for the determination of Hazardous Substances: Organic isocyanates in air* (2015)

NIOSH 5521 *Isocyanates, Monomers* (1994)

NIOSH 5522 (1998) *Isocyanates. Manual of Analytical Methods (NMAM)*

NIOSH 5525 *Isocyanates, Total (MAP)* 2003

ISO 16702:2007 *Workplace air quality – determination of total isocyanate groups in air using 2-(1-methoxyphenyl)piperazine and liquid chromatography*

ISO 17734-1:2013 *Determination of organonitrogen compounds in air using liquid chromatography and mass spectrometry — Part 1: Isocyanates using dibutylamine derivatives*

ISO 17735:2019 *Workplace atmospheres — Determination of total isocyanate groups in air using 1-(9-anthracenylmethyl) piperazine (MAP) reagent and liquid chromatography*

ISO 17736:2010 *Workplace air quality — Determination of isocyanate in air using a double-filter sampling device and analysis by high pressure liquid chromatography*

OSHA 5002 *Organic Vapor Sampling Group 3 (OVSG-3) Diisocyanate Analytes collected on Coated Glass Fiber Filters*

European Chemicals Agency ANNEX 1: in support of the Committee for Risk Assessment (RAC) for evaluation of limit values for diisocyanates at the workplace

Guide for safe use of isocyanates. An industrial hygiene approach. Brigitte Roberge, Simon Aubin, Claude Ostiguy and Jacques Lesage, IRSST. RG-773

IRSST Analytical Method Determination of isocyanates in workplace air MA-376

Agradecimientos a:

- Laura Merino (FEIQUE)
- Elena Adán (BASF)
- Iván Pujol (Covestro)

Amianto: Gestión y diagnóstico (parte I): Esquema general de actuación preventiva y gestión segura de MCA en lugares de trabajo

*Asbestos management and survey. Part I Management plan (duty to manage) and survey in workplaces
Gestion et diagnostic de l'amiante. Partie I Schéma d'action préventive et programme de gestion en milieu de travail*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

María Domínguez Dalda
(INSST-CNVM)

Esta NTP (parte I) propone un esquema general para la gestión segura del amianto que aún permanece instalado, aplicable a cualquier tipo de empresa, con el fin de ayudar a tomar decisiones y priorizar actuaciones preventivas. Además, aporta orientaciones e introduce conceptos clave, como el “registro de materiales con amianto” (MCA) y el “plan de gestión de MCA”, planteando la necesidad del “proceso de diagnóstico de amianto” como punto de partida para abordar el riesgo de exposición.

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 presencia de amianto no correctamente gestionado y controlado para evitar focos de emisión puede tener graves consecuencias para la salud de las personas trabajadoras y otras personas presentes en las inmediaciones de zonas contaminadas. Según la Comisión Internacional de Medicina del Trabajo (ICOH por sus siglas en inglés) el amianto se cobra aproximadamente 88000 vidas en Europa cada año, lo que representa el 55-85 % de los cánceres de pulmón en el trabajo¹.

En aplicación de nuestra legislación en materia de seguridad y salud en el trabajo (SST), salud pública y medioambiente (en particular de la normativa específica sobre agentes químicos, cancerígenos, amianto y residuos peligrosos), así como en cumplimiento de los objetivos establecidos por la UE para la eliminación de todo el amianto existente, resulta necesario gestionar “in situ”, retirar y eliminar de forma segura, ordenada y planificada, millones de toneladas de materiales con amianto (MCA) que aún permanecen instalados en España.

El amianto es el carcinógeno laboral más importante en la UE y no hay un nivel de exposición seguro; no se puede establecer un valor límite basado en criterios de salud. El carácter “latente” del amianto y la baja percepción del riesgo por parte de las personas trabajadoras y el empresariado en España (entre las causas de la baja concienciación se han señalado el infra-reconocimiento como enfermedad profesional y el largo periodo de latencia de las patologías cancerígenas del amianto²) dificultan y condicionan su abordaje desde la SST.

Teniendo en cuenta que la exposición a fibras de amianto se produce principalmente a través de la vía

respiratoria, las personas trabajadoras estarán expuestas o serán susceptibles de estarlo cuando haya fibras de amianto en suspensión en el aire, por lo que el objetivo principal de la gestión segura de los MCA será evitar la liberación de las fibras que contienen estos materiales al ambiente del lugar de trabajo.

En este sentido, las situaciones de riesgo actuales, algunas emergentes como la derivada de la ola de renovación energética en la UE para profesionales de mantenimiento o rehabilitación de edificios e infraestructuras anteriores a 2002, requieren enfoques preventivos *proactivos* y plantear estrategias para alcanzar el objetivo específico “*cero exposiciones accidentales*”. Por ello, esta serie de NTP se centrará en evitar dichas exposiciones de trabajadores que no realizan “trabajos con amianto” (actividades diferentes al listado de la tabla 1), en cualquier tipo de organización y actividad.

Estas exposiciones “accidentales” (de terceras personas) pueden producirse, en particular, por desconocimiento de la presencia de amianto (se denominan *inadvertidas*) o debido a actuaciones/manipulaciones incorrectas o trabajos en proximidad de MCA sin las medidas necesarias, y deben evitarse (por ejemplo, mediante coordinación de actividades en una obra de rehabilitación); dado que pueden causar enfermedades profesionales muy graves e irreversibles (asbestosis y cánceres de pulmón, laringe y mesotelioma) a muchos profesionales no especializados en amianto. (*más información en folleto “Amianto: un enemigo oculto”*).

Por otro lado, es importante recordar que cualquier “actividad con amianto” (se muestran en la tabla 1) incluida en ámbito de aplicación del REAL DECRETO 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplica-

¹ Dictamen del CESE sobre «Trabajo con amianto en la renovación energética (2019/C 240/04)

² MENÉNDEZ NAVARRO et al, 2019.

ACTIVIDADES EN LAS QUE SE MANIPULAN O PERTURBAN MCA (ARTÍCULO 3.1 ÁMBITO DE APLICACIÓN DEL RD 396/2006)
a) Demolición de construcciones con MCA
b) Desmantelamiento de elementos, maquinaria o utillaje con MCA
c) Retirada de MCA de equipos, unidades, instalaciones, estructuras o edificios.
d) Mantenimiento y reparación de MCA
e) Mantenimiento y reparación en proximidad de MCA
f) Transporte, tratamiento y destrucción de residuos de amianto
g) Vertederos autorizados para residuos de amianto.
h) Otras actividades de manipulación de MCA con riesgo de liberación de fibras

Tabla 1. Trabajos con riesgo por exposición al amianto: listado del artículo 3.1 del RD 396/2006

bles a los trabajos con riesgo de exposición al amianto, debe planificarse y ejecutarse en condiciones de “mínima exposición” (artículo 6) de los trabajadores que manipulen MCA o realicen trabajos “en proximidad” de los mismos.

Así mismo, la correcta gestión y eliminación segura del amianto retirado como residuo peligroso, conforme a la normativa de SST y ambiental aplicable, es esencial para no exponer a los trabajadores del sector, así como para evitar los graves riesgos para la salud que implicaría su entrada de en procesos de reciclaje (en particular, los residuos con amianto de obras de demolición de edificaciones o del desmantelamiento de instalaciones industriales antiguas).

Se entiende por “*gestión segura de los MCA*” el conjunto de acciones para evitar y/o controlar el riesgo que implican los materiales con amianto que permanecen instalados hasta su eliminación final. Para ello, se propone un esquema general de actuación (véase figura 1) que incluye una secuencia de acciones y procesos con el fin de ayudar a las organizaciones a encauzar el problema derivado de la presencia de amianto en sus instalaciones de forma proactiva, comenzando por el “*proceso de diagnóstico de amianto*”, como punto de partida para abordar el riesgo de exposición al amianto de forma coherente y sistemática.

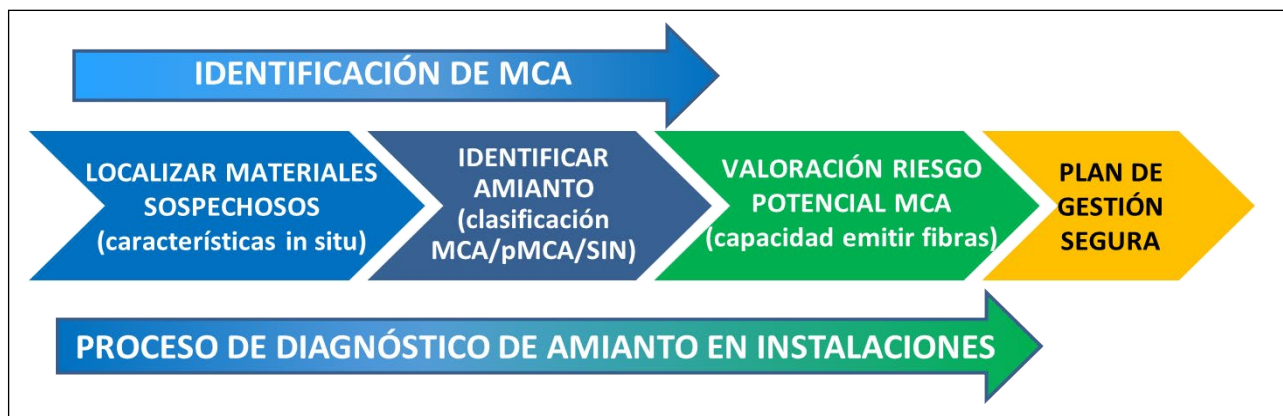


Figura 1. Esquema general y fases para la gestión segura del amianto presente en lugares de trabajo

Las distintas fases de este esquema general de actuación que se propone se describen en la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto. En relación con los elementos centrales para la gestión segura del amianto, ampliamente utilizados a nivel internacional, a efectos de esta publicación entenderemos el “*plan de gestión de MCA de la empresa*” como una herramienta para la planificación del conjunto de acciones preventivas necesarias para evitar y/o controlar el riesgo de exposición al amianto en una organización y que el “*registro de MCA*” es el documento que recoge la localización e información actualizada sobre los MCA presentes en sus edificios/instalaciones.

Así mismo, las siglas “MCA” se refieren tanto a los materiales que se han identificado como materiales que contienen amianto mediante evidencia, como también aquellos materiales sospechosos de contenerlo y sobre los que no se dispone de evidencia para considerarlos “libres de amianto” y por tanto debe hacerse la presunción de que lo contienen y gestionarse como MCA (según el artículo 10.2 del RD 396/2006). Para referirnos específicamente a estos “*presuntos materiales con amianto*” utilizaremos las siglas “pMCA”.

El objetivo de esta serie de NTP sobre la gestión de amianto es proporcionar criterios, recomendaciones y herramientas útiles para tomar decisiones, así como difundir buenas prácticas, con el fin de ayudar a las empresas y organizaciones a abordar la gestión segura de los materiales con amianto (MCA), que permanecen instalados en lugares de trabajo y cuya presencia requiera establecer prioridades y planificar acciones preventivas para proteger a los trabajadores.

2. GESTIÓN DEL AMIANTO: UN ENFOQUE GLOBAL

A pesar de su prohibición total en España, actualmente todavía permanecen MCA en muchos edificios, instalaciones industriales, infraestructuras públicas y privadas, equipos de trabajo, vehículos de carretera, trenes, buques, aviones, etc. Dadas las décadas transcurridas, gran parte de esos MCA han sufrido intervenciones, deterioro o daños (por ejemplo, por condiciones de presión, temperatura, humedad, vibraciones, etc.). Esto aumenta su peligrosidad e incrementa la probabilidad de pérdida de información relevante (presencia y localización, datos so-

bre los MCA instalados, etc.), así como su ocultación por diversas actuaciones sobre ellos o el entorno en el que se encuentran (obras de rehabilitación, reformas, reparaciones y mantenimiento, condiciones climáticas, instalaciones de climatización, comunicaciones y suministros, etc.).

Por todo ello, es imprescindible disponer de información fiable sobre los MCA y su estado para gestionar el riesgo por exposición a este carcinógeno (categoría 1A), tomando decisiones, estableciendo prioridades y acciones preventivas en función del nivel de riesgo “potencial” asociado a cada MCA presente en una determinada edificación/instalación.

Actualmente, exposición al amianto se produce principalmente durante su manipulación en las actividades de retirada de MCA y su eliminación como residuo peligroso, así como durante actividades de mantenimiento y rehabilitación/demolición de edificaciones e instalaciones que contienen MCA. Todas las actividades o trabajos con amianto incluidos en el ámbito de aplicación del RD 396/2006 (véase tabla 1), están estrictamente regulados y únicamente pueden realizarlos empresas especializadas previamente *autorizadas* mediante la aprobación de un “*plan de trabajo*” (artículos 11 y 12) para cada actividad

por la autoridad laboral, e inscritas en el *Registro de Empresas con Riesgo por Amianto* (RERA). Es importante aclarar que la inscripción de una empresa en el RERA, es una condición necesaria pero no suficiente para ejecutar trabajos con amianto y no tiene relación con su capacidad técnica.

No obstante, en todo tipo de empresas u organizaciones en cuyas instalaciones haya presencia de amianto se puede producir una exposición “accidental”, ya sea de su propio personal, o de las empresas que contrate, en determinadas situaciones y variedad de actividades. En este sentido, conviene recordar que el 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, establece medidas para identificar, valorar, localizar, señalizar y controlar adecuadamente el riesgo derivado de la exposición por presencia de MCA (o *pMCA*) al considerar que existe “*exposición*” a un agente químico, cuando dicho agente esté presente en el lugar de trabajo y se produce contacto de éste con el trabajador (en este caso por vía inhalatoria). En la figura 2 se muestra el proceso cíclico para la *gestión segura de MCA* para evitar estas exposiciones.



Figura 2. Ciclo de gestión segura de materiales con amianto (MCA) para evitar riesgo por exposición accidental derivado de su presencia

Finalmente hay que precisar que, si bien el *plan de gestión* determinará y contemplará también aquellos *trabajos con amianto* que sean necesarios de forma puntual en un momento dado (por ejemplo, la retirada previa obligatoria de todos los MCA antes de una demolición conforme al artículo 11.1a), sin embargo, dichos trabajos especializados no son objeto de esta NTP. En cualquier caso, es importante recordar que cualquiera de estos trabajos con amianto regulados, requieren una identificación previa de

todos los MCA incluidos en el perímetro de la actuación.

En este sentido, el RD 396/2006, establece en su artículo 10.2, la obligación específica de adoptar todas las medidas adecuadas para *identificar* los materiales que puedan contener amianto antes de *obras de demolición o mantenimiento*, así como que, a dichos efectos, la *identificación* quedará reflejada en el *estudio (básico) de seguridad y salud* (o en la *evaluación de riesgos* en caso de no ser exigible) según la normativa específica de cons-

trucción, en particular el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

Así mismo, se aplicará plenamente la normativa específica de SST sobre agentes químicos (RD 374/2001) y cancerígenos (RD 665/1997), teniendo presente de que el desconocimiento sobre la presencia de amianto y/o la ausencia de medidas preventivas puede provocar elevados niveles de exposición a los trabajadores que se encuentren en las proximidades de focos de emisión o en zonas contaminadas cerradas y mal ventiladas. Es preciso tener presente que, una vez que un foco de emisión contamine un recinto o espacio, las fibras de amianto son imperceptibles, pueden permanecer suspendidas en el aire largos periodos y los efectos sobre la salud no se manifestarán hasta décadas después de la exposición.

A continuación, se indican algunas situaciones y actuaciones que requieren una correcta gestión del amianto instalado en un lugar de trabajo para asegurar el objetivo *cero exposiciones accidentales*.

- Trabajos que requieran la manipulación y retirada de MCA en un lugar de trabajo.
- Trabajos de mantenimiento “en proximidad de MCA” en una edificación o infraestructura.
- Obras de construcción con presencia de amianto en elementos constructivos e instalaciones.
- Demolición total o parcial en un edificio o instalación anterior a 2002.
- Actividades profesionales en las que no hay intención de manipular amianto, pero con alta probabilidad de encontrar inesperadamente MCA, en muchas ocasiones realizadas en instalaciones ajenas y con participación frecuente de PYMES o trabajadores autónomos. Por ejemplo:
 - mantenimiento de instalaciones (electricistas, fontaneros, carpinteros, montadores/ instaladores).
 - colocación/mantenimiento de aislamientos térmicos y acústicos.
 - reforma, rehabilitación y mantenimiento de edificios e infraestructuras.
 - reparaciones y desguace en el sector naval, ferroviario, automoción, aeronáutico, etc.
 - excavaciones y movimientos de tierras (suelos contaminados, vertido incontrolado).
 - gestión y tratamiento de residuos.
 - actuaciones de emergencia (incendios, siniestros, vertidos, etc.).
 - renovación energética que requiera la retirada de amianto.
 - mantenimiento de redes de distribución de aguas.
 - instalación y mantenimiento de calefacción/climatización.
 - instalación de suministros, alarmas y sistemas de protección contra incendios.

3. ESTRATEGIA DE RETIRADA DE LA UE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

En España la legislación ha ido prohibiendo progresivamente, desde 1983, la utilización de las fibras de amianto, según variedades y usos, hasta su total prohibición en 2002. Sin embargo, los MCA instalados o en uso antes de su prohibición siguen estando permitidos hasta el *final de su “vida útil”* o su eliminación, siempre que estén en buen estado y no presenten riesgo de liberación de fibras de amianto al ambiente. Cuando un MCA haya alcanzado el *fin de su*

vida útil hay que retirarlo conforme al RD 396/2006 y gestionarlo como residuo peligroso, según la normativa ambiental aplicable, en particular la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.

Asimismo, el artículo 4 del RD 396/2006 redunda en la prohibición de comercialización y uso, y prohíbe expresamente las actividades que exponen a los trabajadores en la extracción, fabricación y “transformación” de MCA, subrayando que únicamente “se exceptúan de esta prohibición el tratamiento y desecho de los productos resultantes de la demolición y retirada del amianto”.

En este sentido, es importante recordar que las siguientes actividades están prohibidas:

- Fabricación de productos que contienen amianto.
- Almacenar MCA.
- Instalación de MCA.
- Reutilizar MCA.
- Transformar MCA.
- Transportar MCA (excepto para su eliminación).

A nivel de la Unión Europea, el Reglamento (CE) nº 1907/2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), en su anexo XVII «Restricciones a la fabricación, la comercialización y el uso de determinadas sustancias, mezclas y artículos peligrosos», establece en relación con el amianto, que “*se prohibirá la fabricación, comercialización y uso de estas fibras y de los artículos y mezclas que contengan estas fibras añadidas intencionadamente... el uso de artículos que contengan las fibras de amianto que ya estaban instalados o en servicio antes del 1 de enero de 2005 se seguirá admitiendo hasta su eliminación o el fin de su vida útil.*”.

Se entiende por “*vida útil*” el tiempo estimado que un producto puede realizar la función para la que fue fabricado. En el ámbito de la prevención, esta *vida útil* debe entenderse hasta que pueda perjudicar a la salud por su estado de deterioro o peligro de roturas, con la consiguiente probabilidad de liberar fibras de amianto al ambiente. El Parlamento Europeo considera “*que los materiales con amianto poseen habitualmente un ciclo de vida de entre 30 y 50 años*”.

En el caso del fibrocemento, material en cuya fabricación se dedicó en torno al 77% de las importaciones de amianto en España, se estima que su *vida útil* puede alcanzar alrededor de 30-35 años, contados desde que se fabrica el producto, puesto que pasado ese tiempo iría perdiendo propiedades y deteriorándose.

En cualquier caso, la estimación de la *vida útil* puede verse afectada por distintos parámetros como las condiciones de humedad, presión y temperatura, a las que se haya visto expuesto ese material, vibraciones y choques, almacenamiento antes de su puesta en servicio, etc., que pueden reducir ese tiempo.

En relación con el horizonte temporal, considerando su vida media en torno a los 40 años, y de acuerdo con los datos de toneladas importadas en España, podría considerarse que para 2020 debería estar desinstalado (retirado) y controlado (eliminado como residuo peligroso) el 64% de todo el amianto aún existente, para 2030 el 85% del mismo y no debe quedar nada instalado en 2040.

Según el Dictamen del Comité Económico y Social Europeo (CESE) sobre «*Erradicar el amianto en la UE*» (2015/C 251/03), la completa eliminación de todo el amianto usado y de todos los productos que contengan

amianto debe ser un *objetivo prioritario de la Unión Europea* (UE). En esta línea, los Estados miembros han establecido distintas iniciativas para la retirada y eliminación del amianto, centrándose en la retirada planificada y segura de amianto estableciendo cauces y financiación.

Por otra parte, más recientemente, un nuevo Dictamen del CESE «Trabajo con amianto en la renovación energética» (2019/C 240/04) reconoce el grave peligro que plantea el amianto e insiste en la necesidad de crear *sinergias* entre la Directiva relativa a la *eficiencia energética* de los edificios y la *eliminación*. En este sentido, tanto el *doblaje de cubiertas*³ como la instalación de placas fotovoltaicas/solares sobre cubiertas de amianto-cemento *son prácticas desaconsejadas* desde un punto de vista técnico-preventivo y *contrarias al objetivo de eliminación*. Por otro lado, este Dictamen indica que la Comisión Europea y los Estados miembros revisarán la transposición y la aplicación práctica de la Directiva 2009/148/CE sobre la exposición al amianto durante el trabajo desde la perspectiva de los diferentes *grupos de riesgo*, a fin de mejorar la protección de *todos* los trabajadores expuestos.

Por otro lado, este Dictamen indica que la Comisión Europea y los Estados miembros deberían trabajar juntos para hacer un uso eficaz de los *fondos estructurales y de inversión de la UE* a fin de reducir el amianto, y también subraya que la formación debe estar concebida para satisfacer las necesidades de los trabajadores que *se encuentren ocasionalmente* con amianto, así como que deberán considerarse por separado las necesidades de las empresas *especializadas* en la eliminación del amianto.

Estas consideraciones, además de proporcionar orientaciones y criterios útiles para todos los agentes implicados a nivel nacional, confirman que en la UE el amianto continuará siendo un grave y complejo problema de salud laboral, pública y para el medioambiente, que requerirá un gran esfuerzo humano y financiero.

4. ESQUEMA GENERAL PARA GESTIÓN DE MCA, DECISIONES Y ACCIONES DE RESPUESTA

La mera presencia de MCA en un lugar de trabajo no implica necesariamente una situación de riesgo, siempre y cuando se gestionen y controlen adecuadamente, tanto durante la actividad habitual de la empresa, como también en otras situaciones o actividades menos frecuentes (como mantenimiento, instalaciones y reparaciones, limpieza, obras de reforma o rehabilitación, demoliciones, etc.), y se disponga de protocolos de actuación segura en caso de incidentes y emergencias. Si el amianto no está en buen estado o su ubicación no es compatible para poder mantenerlo en condiciones de seguridad, debe procederse a su retirada conforme al RD 396/2006.

La gestión del amianto conservado debe revisarse periódicamente para comprobar que es eficaz (véase ciclo de la figura 2), en particular para asegurar que los MCA siguen en buen estado y controlados (se evita perturbarlos), así como que se facilita información sobre los MCA e instrucciones para los trabajos en proximidad a los trabajadores que lo precisen.

4.1. Estrategia y acciones para la gestión de MCA

En general, la opción de retirar y sustituir un MCA por otro material libre de amianto es la solución más segura para la salud de las personas. Los MCA que se decida mantener “in situ” deberán gestionarse hasta su retirada, que se planificará priorizando los de mayor riesgo potencial y aprovechando situaciones y momentos favorables (por ejemplo, retirar el calorifugado de una conducción durante una operación de mantenimiento programado en un horno o caldera de una instalación industrial).

Será la valoración del riesgo potencial de un MCA lo que permitirá determinar la mejor actuación sobre cada uno de ellos. En cualquier caso, se deberían documentar y justificar todas las decisiones y acciones planificadas. Las posibles acciones de respuesta (opciones de gestión) para un MCA son:

Opción A: RETIRAR Y ELIMINAR (solución definitiva)

Tal como se ha comentado, en general la retirada y eliminación es la actuación más recomendable, y debe realizarse conforme al RD 396/2006 y la normativa ambiental aplicable. En particular, los trabajos con amianto se ejecutarán por una empresa inscrita en el RERA (artículo 17), y conforme al plan de trabajo (artículo 11) presentado y aprobado previamente por la Autoridad Laboral (artículo 12), de forma que la exposición de los trabajadores (formados según el artículo 13) quedará reducida al mínimo (artículo 6) y, en cualquier caso, por debajo del valor límite (artículo 4), mediante la aplicación de medidas preventivas y de protección adecuadas (como mínimo artículos 6, 7, 8 y 9) y proporcionales al riesgo existente en base a los resultados de la evaluación de riesgos (artículo 5), así como asegurándose de que no existe riesgo para otras personas, tanto durante la ejecución de los trabajos como una vez finalizadas las obras de retirada (artículo 11.1b), verificando la conformidad de los trabajos tras la limpieza final y descontaminación de la zona intervenida.

Opción B: ESTABILIZAR / CONFINAR (y gestionar hasta eliminación)

Se entiende por *tratamientos de estabilización o confinamiento* a aquellas actuaciones preventivas que se realizan con el fin de evitar que se liberen las fibras de amianto que contiene un MCA de pequeñas dimensiones, y cuyo resultado final supone el recubrimiento de su superficie con una sustancia química (*encapsulado*) o su encerramiento con una barrera física (*confinamiento*), de forma que se impide la dispersión de fibras al ambiente. Estos tratamientos de estabilización requieren un estudio previo que demuestre que puede realizarse con garantías suficientes (MCA se mantendrá en buen estado y sin emitir fibras), son soluciones temporales para casos puntuales y MCA de dimensiones reducidas hasta su retirada (aumentará su dificultad y volumen del residuo peligroso), y se establecerá un *programa de monitorización y verificación* periódica de su estado. Así mismo, el *encapsulado* de MCA puede ser útil en trabajos de retirada y para acondicionamiento de residuos con amianto.

El *encapsulado* no tiene capacidad de restaurar las condiciones estructurales y funcionales de un MCA manufacturado. Los MCA encapsulados deben mantener

³ Cubrir una antigua cubierta de amianto-cemento superponiendo sobre la misma una segunda cubierta (metálica o de otros materiales).

los atributos correspondientes a su aplicación original y los tratamientos para estabilizar un MCA no supondrán una transformación del mismo (prohibida). Por ejemplo, una cubierta de fibrocemento deberá mantener las funciones de cubierta de la edificación; una protección ignífuga debe mantener su función de protección frente al fuego; un aislamiento debe mantener su función aislante del frío/calor, eléctrica, acústica, etc.

La estabilización mediante *encapsulado* o *sellado* se refiere a la aplicación de productos químicos adecuados específicos sobre el MCA mediante pulverización a baja presión y/o inyección, de tal forma que se crea un recubrimiento sobre la superficie (estabilización por cobertura o *sellado*) o bien penetrando y ligando los componentes del material (estabilización penetrante o *encapsulado*). La aplicación de pinturas decorativas y/o la reparación de tuberías de fibrocemento con revestimientos interiores mediante mangueras poliméricas curadas in situ no se considera estabilización.

El *confinamiento* (también denominado encapsulamiento físico o *encerramiento*) consiste en establecer una barrera física entre el MCA y los usuarios del recinto mediante un nuevo elemento constructivo (resistente al paso del aire). Esta técnica puede ser utilizada juntamente con la estabilización y no se debe confundir con el *confinamiento de la zona de trabajo* cuyo objetivo es evitar la dispersión de las fibras fuera de dicha zona durante los trabajos con amianto. Ejemplos serían preparar una nueva estructura (falso techo, tabique, pared, forjado) o un nuevo revestimiento grueso (revoco sobre malla metálica) que evite el paso de fibras al ambiente de trabajo desde el “material confinado”. No se consideran confinamientos una “sobrecubierta” o un “doblaje” de cubierta.

Además, de conformidad con la Resolución del Parlamento europeo de 2013, el encapsulado o el sellado de un MCA únicamente debería permitirse cuando se haya etiquetado debidamente con advertencias.

Opción C: MANTENER “IN SITU” (y gestionar hasta eliminación)

En caso de que sea seguro mantener “in situ” uno o varios MCA en buen estado en su emplazamiento, hasta su retirada y eliminación, se registrará toda la información sobre su localización y estado quedando incluidos en el *plan de gestión segura* de MCA, cuya finalidad es garantizar que los MCA no presenten un riesgo para la salud de los trabajadores. El *plan de gestión* incluirá, además del *registro de MCA* de la empresa y las acciones de respuesta (tomadas y planificadas en función de la valoración del riesgo potencial por presencia de cada MCA identificado), un *programa de monitorización periódica* del estado de conservación de los MCA (que permita controlar que no emiten fibras y detectar cambios que requieran nuevas medidas preventivas), así como las acciones necesarias para que se tenga en cuenta su presencia en la planificación de cualquier trabajo o actuación que pueda perturbarlos. Por ejemplo, señalización, permisos y procedimientos seguros para determinadas actividades de mantenimiento que puedan perturbar los MCA, procedimientos para evitar intervenciones peligrosas o inadecuadas sobre los MCA o en su proximidad, procedimientos de emergencia y descontaminación en caso de incidentes o accidentes, información a otras empresas concurrentes en cumplimiento del deber de coordinación de actividades (CAE), etc.

4.2. Diagrama de flujo para la gestión segura de MCA: decisiones y acciones

A fin de facilitar la toma de decisiones y para ilustrar el conjunto de actuaciones sucesivas que comprende el esquema general de actuación preventiva que se propone, se incluye un *diagrama de flujo general* (figura 3). Este flujograma es aplicable a todo tipo de organizaciones y plantea una serie de *cuestiones* a las que habría que ir dando respuesta (afirmativa o negativa) y va orientando, en cada momento y situación, las correspondientes *acciones* necesarias (localizar, identificar, valorar, registrar, decidir acciones de respuesta, planificar, controlar, retirar, revisar, etc.) con el fin de ayudar a alcanzar el objetivo de *cero exposiciones accidentales* (ciclo de gestión segura de la figura 2) en el que se centra esta serie de NTP.

El proceso se inicia con las fases del *diagnóstico de amianto*, diferenciando 2 tipos de *estudios de localización y diagnóstico de amianto* (con objetivos, alcance, nivel de intrusión y metodologías distintas) en función de si se van a acometer obras de construcción o mantenimiento que puedan perturbar los MCA presentes, como por ejemplo una demolición, en cuyo caso hay obligación de identificar todos los materiales que puedan contener amianto y se admiten técnicas destructivas (identificación para demolición o inspección tipo 2); o bien se trata de un diagnóstico de amianto para gestión (identificación básica para gestión o inspección tipo 1) en situaciones de actividad productiva habitual de la empresa (incluyendo actividades de mantenimiento preventivo programado de las instalaciones sin perturbación de MCA), en cuyo caso se localizan, identifican y valoran, con un nivel de acceso e intrusión menor, los MCA que puedan suponer un riesgo de exposición para los trabajadores.

Una vez finalizado el *proceso de diagnóstico*, que permite disponer de la información necesaria sobre los MCA identificados mediante evidencia y los *pMCA* (se realiza una presunción de que lo contienen) para elaborar el *registro de MCA* de la empresa, las siguientes cuestiones del flujograma orientan la toma de decisiones sobre las posibles *acciones de respuesta* u *opciones de gestión* descritas en el apartado anterior (retirar/estabilizar/mantener).

Este flujograma se ha estructurado de forma que todas estas actuaciones de *gestión segura de MCA*, para cualquier organización no especializada en trabajos con amianto, quedan recogidas en la parte izquierda del flujograma (dentro del recuadro de color verde) y se desarrollan detalladamente en otras publicaciones del INSST, mientras que en su parte derecha se han recogido (en el recuadro rojo) las acciones de respuesta cuando es imprescindible manipular amianto intencionadamente para retirarlo (o estabilizarlo de forma temporal) o ejecutar trabajos de mantenimiento en su proximidad (actividades con amianto reguladas en las que intervienen empresas especializadas).

Finalmente, el elemento fundamental al que conduce toda la secuencia de actuaciones del diagrama es el *plan de gestión segura de MCA* de la empresa (que se describe en la parte II de esta serie de NTP), o bien, a una situación final de no aplicación de la normativa de SST específica para amianto (RD 396/2006) cuando hayamos retirado todo el amianto.

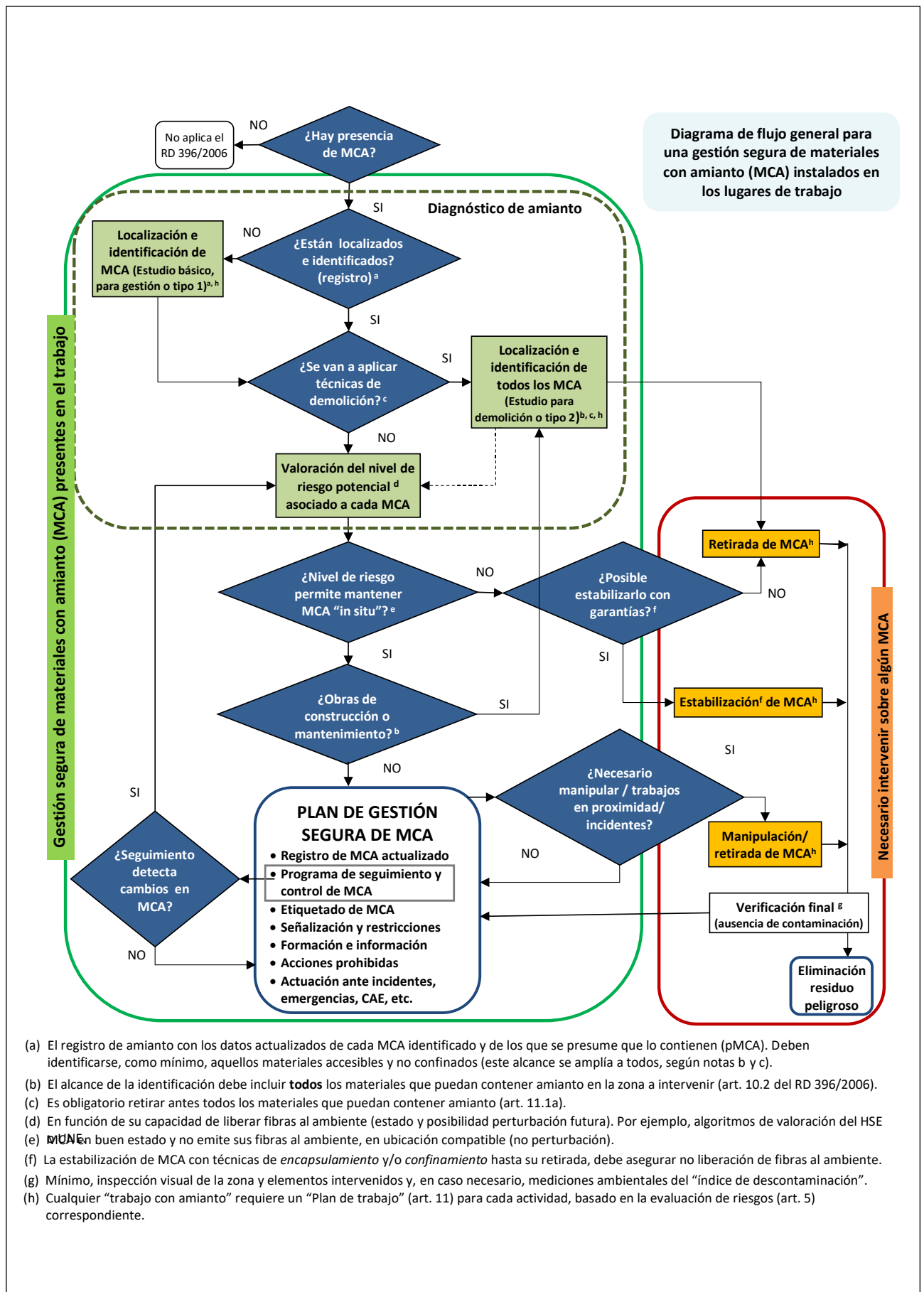


Figura 3. Flujograma general de acciones y decisiones preventivas propuestas para la gestión segura de materiales con amianto presentes en lugares de trabajo

BIBLIOGRAFÍA

NORMATIVA

DIRECTIVA 2009/148/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de noviembre de 2009 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al amianto durante el trabajo (versión codificada) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0148>

REGLAMENTO (CE) n° 1907/2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), en su anexo XVII «Restricciones a la fabricación, la comercialización y el uso de determinadas sustancias, mezclas y artículos peligrosos» <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/1907/2022-01-08>

RESOLUCIÓN del Parlamento Europeo, de 20 de octubre de 2021, con recomendaciones a la Comisión sobre la protección de los trabajadores contra el amianto (2019/2182(INL)) https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:JOC_2022_184_R_0003

RESOLUCIÓN del Parlamento Europeo sobre los riesgos para la salud en el lugar de trabajo relacionados con el amianto y perspectivas de eliminación de todo el amianto existente (2012/2065(INI)) https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-7-2013-0093_ES.html

DICTAMEN del Comité Económico y Social Europeo sobre «Trabajo con amianto en la renovación energética (2019/C 240/04) Ponente: Aurel Laurențiu PLOSCEANU <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018IE4791>

DICTAMEN del Comité Económico y Social Europeo sobre «Erradicar el amianto en la UE» (2015/C 251/03) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014IE5005>

REAL DECRETO 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/03/31/396/con>

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. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2001/04/06/374/con>

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. <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/05/12/665/con>

REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/10/24/1627/con>

COMITÉ DE ALTOS RESPONSABLES DE LA INSPECCIÓN DE TRABAJO. Guía de buenas prácticas para prevenir o minimizar los riesgos del amianto en los trabajos en los que esté presente (o pueda estarlo), destinada a empresarios, trabajadores e inspectores de trabajo. SLIC, 2006. https://www.mites.gob.es/itss/ITSS/ITSS_Descargas/Sala_de_comunicaciones/Noticias/2006/adj_not_200609_04_2.p df

DPTO. METROLOGÍA DE AGENTES QUÍMICOS del CNVM-INSST. Folleto “Amianto: un enemigo oculto”. INSST, 2022. <https://www.insst.es/documents/94886/0/Folleto%20Amianto%20un%20enemigo%20oculto%20-%20A%C3%B1o%202021.pdf>

FREIXA BLANXART, A. et al. Operaciones de demolición, retirada o mantenimiento con amianto: ejemplos prácticos. INSST, 2010. Notas Técnicas de Prevención: NTP 862. <https://www.insst.es/documents/94886/328681/862w.pdf/877014c5-8a5c-4b4d-a77e-624a22ef40b5?version=1.0&t=1528462495152>

FUNDACIÓN LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN. PRL en trabajos que pueden exposición amianto en construcción. FLC, 2019. https://istas.net/sites/default/files/2021-02/PRL_trabajos_que_pueden_tener_exposicion_amianto_2019.pdf

HEALTH AND SAFETY AUTHORITY. Asbestos-containing Materials (ACMs) in Workplaces. Practical Guidelines on ACM Management and Abatement (HSA, 2013). https://www.hsa.ie/eng/Publications_and_Forms/Publications/Chemical_and_Hazardous_Substances/Asbestos_Guidelines.pdf

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. HSG 264 Asbestos: The survey guide. HSE, 2012. <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg264.pdf>

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. HSG 227 A comprehensive guide to Managing Asbestos in premises. HSE, 2002. <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg227.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto. INSST, 2022.

<https://www.insst.es/documents/94886/2927460/Gu%C3%ADa%20t%C3%A9cnica%20para%20la%20evaluaci%C3%B3n%20y%20prevenci%C3%B3n%20de%20los%20riesgos%20relacionados%20con%20la%20exposici%C3%B3n%20al%20amianto.pdf>

L'INSTITUT NATIONAL DE RESARCHE ET SECURITÉ. ED 6091 Travaux de retrait ou d'encapsulage de matériaux contenant de l'amiante Guide de prévention. IRNS, 2012. <https://www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-6091/ed6091.pdf>

MENÉNDEZ NAVARRO, A., GARCÍA GÓMEZ M., GALLEGO FERNÁNDEZ, J. Guía. Las causas del infra-reconocimiento de los cánceres del amianto por el sistema español de Seguridad Social 2007-2016 (2019) https://www.ugt.es/sites/default/files/ugt_guia_cancer_amianto_2018_web.pdf

ROJO APARICIO et al. Análisis sobre el doblaje de cubiertas de amianto-cemento en España: propuestas de actuación preventiva. INSST, 2018. <https://www.insst.es/documents/94886/538970/An%C3%A1lisis+sobre+el+doblaje+de+cubiertas+de+amianto+cemento+en+Espa%C3%B1a+propuestas+de+actuaci%C3%B3n+preventiva.pdf/272d8df1-f19a-4d45-aeae-ef3117a9645f?t=1551312502463>

TRUJILLO, L. El amianto y la responsabilidad en la detección (Noticias CAAT 2011). Artículo traducido y adaptado por la autora fue publicado en la revista L'Informatiu del CAATEEB construcció, arquitectura, urbanisme nº316 y nº320 <http://www.edilar.net/wp-content/uploads/2011/06/Art%C3%ADculo-CAATValencia-noticias133.pdf>

Agradecimientos a:

Carmen Escalada López (Instituto Cántabro de Seguridad y Salud en el Trabajo)
Lucía Ferrón Vidán (Instituto de Seguridade e Saúde Laboral de Galicia)
Ofelia García Hevia (Instituto Asturiano de Prevención de Riesgos Laborales)
Cristina Pascal Fernández (Instituto de Salud Pública y Laboral de Navarra)
Nuria Sanz Peláez (Consejería de Industria, Comercio y Empleo, Junta de Castilla y León)

Amianto: Gestión y diagnóstico (parte II): Proceso de diagnóstico y plan de gestión de materiales con amianto

*Asbestos management and survey. Part I Management plan (duty to manage) and survey in workplaces
Gestion et diagnostic de l'amiante. Partie I Schéma d'action préventive et programme de gestion en milieu de travail*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

María Domínguez Dalda
(INSST-CNVN)

Esta NTP (parte II) es la continuación de la NTP 1.195 (parte I), que propone un esquema general para la gestión segura de los materiales con amianto (MCA), y describe el “diagnóstico de amianto” entendiéndolo como un proceso de dos etapas: (1) localización e identificación de MCA presentes en el edificio o instalación y (2) valoración del nivel de riesgo potencial asociado a cada MCA. Seguidamente se describe su utilidad para elaborar un “registro de MCA” y se aborda el “plan de gestión de MCA”, como herramienta de planificación preventiva.

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

El nuevo Marco estratégico de la UE en materia de salud y seguridad en el trabajo 2021-2027, indica que la exposición al amianto será un factor de riesgo para la salud en la “oleada de renovación”, que tiene por objeto la adaptación de los edificios a un futuro climáticamente neutro en el contexto del Pacto Verde Europeo.

Así mismo, Resolución del Parlamento Europeo, de 20 de octubre de 2021, con recomendaciones a la Comisión sobre la protección de los trabajadores contra el amianto, subraya que la eliminación segura del amianto es una tarea urgente, y reitera su llamamiento a favor de un enfoque global e integrado que conecte varios ámbitos de la formulación de políticas y pide a la Comisión que presente una Estrategia europea para la eliminación de todo el amianto.

En este contexto, a pesar de su prohibición total en toda la UE, y según se describe en la parte I de esta serie de NTP, actualmente todavía permanecen millones de toneladas de materiales con amianto (MCA) en muchos lugares de trabajo, como edificaciones, instalaciones, equipos de trabajo, vehículos, trenes, buques, etc., que es necesario gestionar “in situ” hasta su retirada y eliminación final.

Tal como se ha explicado en la parte I, centrada en la gestión segura del amianto instalado, antes de llevar a cabo cualquier trabajo que pueda dañar o perturbar los MCA presentes en un lugar de trabajo (como puede suceder en obras de construcción y mantenimiento), el empresario deberá determinar si la parte del edificio, instalación o elemento/s que podrían verse afectados por dicha actividad contienen amianto y, de ser así, debe disponer de información fiable sobre su localización, características y estado de conservación, de forma que le permita planificar los trabajos teniendo en cuenta este riesgo, así como las responsabilidades y obligaciones que se deriven de la actividad.

El objetivo de esta NTP (parte II) es explicar de manera sencilla el proceso de “diagnóstico de amianto”, como primer paso para la gestión segura de los MCA que puedan suponer un riesgo de exposición para los trabajadores, así como su utilidad y encaje en la gestión de este riesgo en la empresa, para finalizar describiendo el “plan de gestión de MCA”. No se profundiza en los agentes que intervienen o las metodologías aplicables, ni en su encaje en el sistema preventivo, cuestiones que se abordan en otras publicaciones incluidas en la bibliografía, en particular la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto (INSST, 2022).

A efectos de esta publicación entenderemos este “plan de gestión de MCA” de la empresa como una herramienta para la planificación de la “gestión segura de los MCA”, según la define la citada guía técnica; esto es, como el conjunto de acciones que el empresario adopta en su empresa encaminadas a evitar y/o controlar los riesgos de exposición a fibras de amianto de los materiales que las pueden contener. Así mismo, el “registro de MCA” es el documento que recoge la localización e información actualizada sobre los MCA presentes en sus edificios/instalaciones.

En definitiva, se pretende ofrecer orientaciones sobre el diagnóstico y el plan de gestión de MCA que pueden ser útiles para abordar el riesgo debido a la presencia de MCA en un centro de trabajo, que precisará responder a cuestiones como las siguientes:

- Dónde y cómo se encuentran los MCA que pueden implicar riesgo de exposición para los trabajadores en edificios, instalaciones, infraestructuras, máquinas, vehículos, etc.
- Cuáles son los riesgos asociados a los diferentes MCA presentes en un lugar de trabajo y cómo proteger a los trabajadores.
- Cómo tomar decisiones de gestión segura de MCA y priorizar acciones preventivas.

- Qué medidas preventivas y herramientas necesitan las empresas para mantener los MCA monitorizados y controlados, y cómo implantarlas de forma eficaz.
- En qué situaciones es necesario intervenir para retirar y eliminar algunos (o todos) los MCA, y cómo y quién puede hacerlo de forma segura.
- Qué actividades y lugares implican un riesgo de *exposición accidental* para profesionales no especializados en amianto.
- Qué información debo proporcionar, en cumplimiento del deber de coordinación de actividades, a otras empresas y/o personal autónomo, respecto al amianto presente en un lugar de trabajo
- Qué obligaciones legales y qué agentes intervienen en una obra de construcción con presencia de amianto.
- Cómo abordar la retirada previa de MCA obligatoria antes de aplicar técnicas de demolición.

2. PROCESO DE DIAGNÓSTICO DE AMIANTO

El *proceso de diagnóstico de amianto* en edificaciones/instalaciones comprende 2 etapas bien diferenciadas: una primera de *localización-identificación* y una segunda de *valoración de riesgo potencial*, cuyos objetivos y características se muestran en la figura 1, que recoge también algunas recomendaciones sobre las metodologías e informes de resultados.

A partir de los resultados recogidos en el *estudio de localización e identificación de MCA* (etapa 1), junto con información adicional proporcionada por el empresario sobre su actividad e instalaciones, en la etapa 2 se estimará el nivel de riesgo potencial asociado a cada MCA identificado, con el fin de orientar sobre las medidas más adecuadas a cada situación y escenario concreto y priorizarlas.

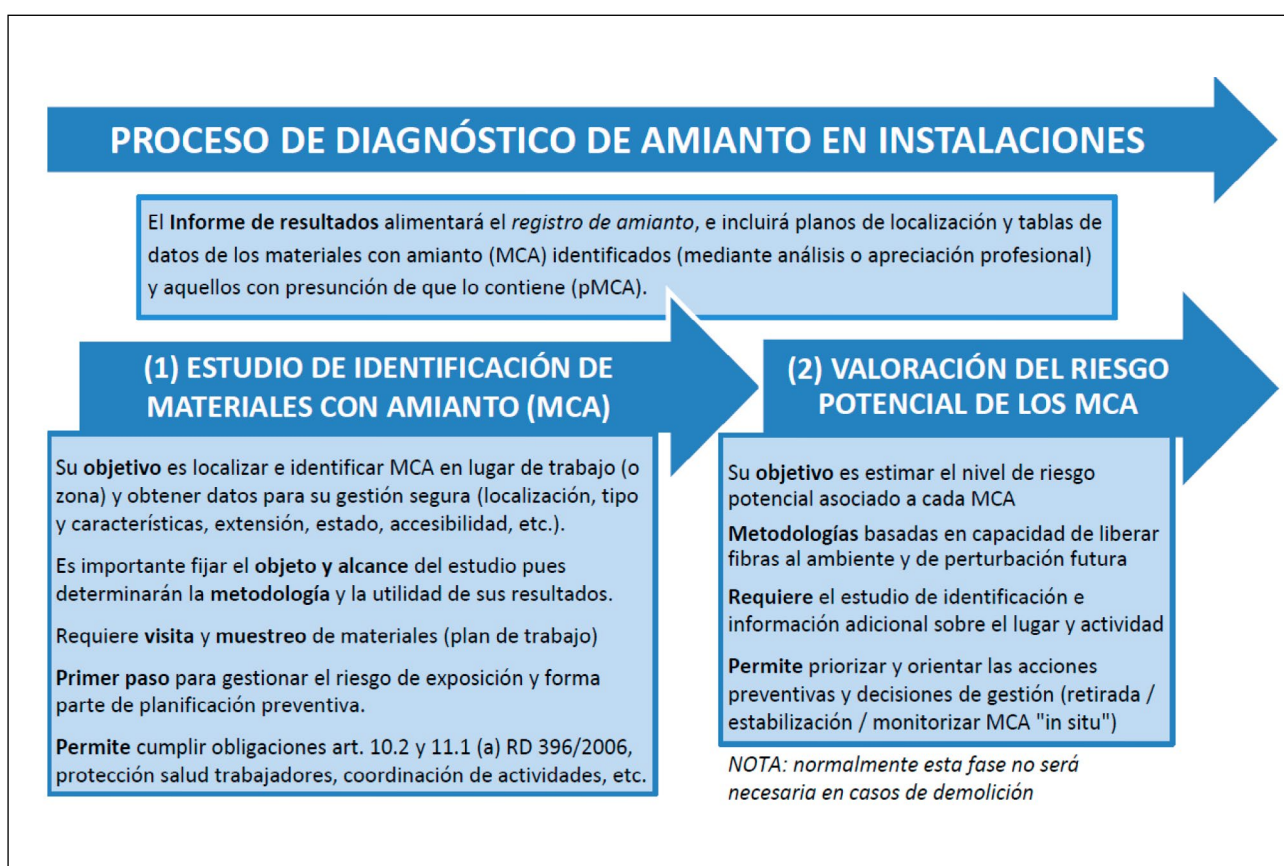


Figura 1. Etapas y características del proceso de diagnóstico de amianto en edificaciones/instalaciones

Según los objetivos, alcance y nivel de intrusión se diferencian 2 tipos de *estudios de localización y diagnóstico de amianto*, que requieren metodologías distintas:

- Identificación básica *para gestión* (o inspección tipo 1) si necesitamos un diagnóstico de amianto para la gestión segura de MCA en situaciones de actividad productiva habitual de la empresa, en cuyo caso se localizan, identifican y valoran, los MCA que puedan suponer un riesgo de exposición para los trabajadores con un nivel de acceso e intrusión mínimo.
- Identificación *para demolición* (o inspección tipo 2) necesaria si se van a acometer obras de construcción o mantenimiento que puedan perturbar los MCA presentes, como por ejemplo una demolición, en cuyo caso hay obligación de identificar todos los

materiales que puedan contener amianto y se admiten técnicas destructivas.

2.1. Localización e identificación de MCA

La identificación de MCA debe permitir clasificar los *materiales sospechosos de contener amianto* (MSCA), previamente localizados dentro del perímetro del estudio de identificación, en alguna de las 3 categorías (MCA/pMCA/sin amianto) que se describen en la tabla 1, en relación con la aplicación del RD 396/2006, siguiendo una metodología adecuada en función del tipo, alcance y nivel de intrusión del diagnóstico, establecidos previamente en respuesta a los objetivos marcados por el titular del edificio /instalación.

CLASIFICACIÓN DE MATERIALES PARA LA GESTIÓN DE AMIANTO CONFORME AL RD 396/2006		
Material con amianto (MCA)	Se ha confirmado la presencia de amianto (evidencia)	Aplica el RD 396/2006
Presunto Material con amianto (pMCA)	Se asume/presume que contiene amianto hasta que se disponga de evidencia, es decir, que se demuestre su ausencia mediante análisis o confirme su presencia "Presunto material con amianto" (pMCA): cualquier material que se corresponda con las aplicaciones típicas del amianto, pero del que no se dispone de suficiente evidencia para poder asegurar que no lo contiene	Aplica el RD 396/2006
Material no contiene amianto	Materiales sobre los que no hay duda (por ejemplo, madera) o un MsCA que se confirma que no contiene amianto (evidencia mediante análisis en laboratorio)	No aplica el RD 396/2006

NOTA: En caso de fibras vítreas artificiales (FVA) clasificadas¹ como carcinógenas de categoría 1B (por ejemplo, fibras cerámicas refractarias) les aplica la legislación de SST específica sobre cancerígenos (RD 665/1997 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo).

Tabla 1. Clasificación de materiales para la gestión de amianto conforme al RD 396/2006

Por tanto, la metodología empleada debe permitir, en primer lugar, la localización "in situ" de todos los *materiales sospechosos de contener amianto* (MsCA) y, en segundo lugar, su caracterización y clasificación a través de evidencia documental, apreciación profesional o toma de muestras y análisis, identificándolo como *material que contiene amianto* (MCA) o bien realizar una presunción (pMCA) en caso de no disponer de evidencia clara de que no lo contiene. Se requiere evidencia para poder asegurar que no lo contiene. El criterio general para clasificar los materiales sospechosos pasa por establecer una estrategia de muestreo, representativa y segura, y su posterior análisis en un laboratorio especializado.

La identificación de los MCA instalados es responsabilidad del empresario a cuya empresa pertenezcan o en la que están instalados, derivada de sus obligaciones en relación con la evaluación y prevención de riesgos presentes en el lugar de trabajo (en particular, Real Decreto 374/2001). Es importante tener en cuenta que la mayor parte de estos materiales se encuentran *instalados o integrados* en otros elementos y *acceder* a ellos con el fin de identificarlos puede implicar, en algunas ocasiones, la paralización de la actividad y la actuación sobre el propio elemento en el que están instalados, y además requiere intervenir sobre el propio MCA.

Dada la importancia de la fiabilidad de los resultados y conclusiones que proporciona el informe de *diagnóstico de amianto*, que alimentará el *registro de MCA* y fundamentará el *plan de gestión* de amianto de las organizaciones, así como cualquier estudio de situación en el que fundamentar planes de actuación, resulta imprescindible utilizar metodologías fiables y la intervención de personal cualificado que proporcione confianza sobre su calidad técnica y adecuación en función de los objetivos marcados. En particular, resulta esencial una correcta planificación y ejecución de las *visitas "in situ"* a las instalaciones (denominadas también "*inspecciones de amianto*" en la norma UNE 171370-2: 2021 Amianto. Parte 2: Localización y diagnóstico de amianto") que, además, requerirán aprobación por la autoridad laboral del correspondiente *plan de trabajo* (artículo 11), dado que incluyen actividades que implican manipular amianto (en particular, el

sondeo y la toma de muestras de materiales).

En función del tipo, dimensiones y complejidad de las instalaciones (por ejemplo, desde un pequeño centro educativo hasta un complejo industrial petroquímico o centrales térmicas), se podría requerir un equipo de expertos y un abordaje en fases, así como incluir varios tipos de inspección y, por tanto, de estrategias y metodologías diferentes para las distintas partes o zonas.

2.2. Valoración del riesgo potencial asociado a cada MCA

Existen diferencias sustanciales entre los distintos MCA en cuanto a su nivel de friabilidad y facilidad con la que pueden liberar fibras que contienen al ambiente, por tanto, la decisión de conservar o no un MCA debería fundamentarse en la valoración del riesgo de liberación de fibras de amianto asociado a cada MCA, el cual depende de una serie de factores determinantes del riesgo.

La friabilidad es un concepto técnico y de carácter dinámico utilizado en la normativa específica (RD 396/2006), que se define en citada guía técnica del INSST. No obstante, de forma intuitiva podemos asociar, en igualdad del resto de factores determinantes, un mayor riesgo a materiales "desmenuzables" con la mano (en los que las fibras están débilmente unidas a la matriz) y menor a materiales "duros y compactos" (en los que las fibras están fuertemente retenidas en su matriz).

De entre las diversas metodologías se recomienda una *aproximación cuantitativa* para la estimación del nivel de *riesgo potencial asociado a un MCA* instalado, basada en la valoración de una serie de factores que influyen en el potencial de liberación de fibras de amianto al ambiente por una persona experta, que asignará a cada factor determinante un valor numérico aplicando criterios técnicos prefijados, para después sumar todas las puntuaciones. La puntuación global obtenida valora conjuntamente el riesgo "intrínseco" del propio MCA en el momento de la valoración y la probabilidad de que sufra perturbaciones o daños en el futuro debido al "entorno" en el que se encuentra ubicado.

En este sentido, se recomienda utilizar metodologías que incluyen "algoritmos de valoración" como el incluido en la norma UNE 171370-2: 2021 o la propuesta del Reino Unido incluida en las guías "HSG 264 y "HSG 227" del Health and Safety Executive (HSE), ampliamente utilizado a nivel internacional. A continuación, en las tablas 6 y 7,

¹ Reglamento (CE) n° 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas

se resumen a modo de ejemplo, la tabla que recoge la priorización de acciones correctoras y las posibles acciones de respuesta para cada una de las categorías o niveles de riesgo potencial que se asignarían, a cada MCA identificado, aplicando cada una de estas metodologías.

TABLA EJEMPLO: RIESGO GLOBAL ASOCIADO A UN MCA Y PRIORIZACIÓN DE ACCIONES CORRECTORAS		
CATEGORÍA	Nivel de Riesgo Potencial	Acción recomendada
Categoría A	Elevado	Inmediata
Categoría B	Moderado	A corto plazo
Categoría C	Bajo	Inspección periódica
Categoría D	Muy bajo	Inspección anual

Tabla 2. Categorías o niveles de riesgo potencial global según el algoritmo del HSE

TABLA EJEMPLO: RIESGO ASOCIADO A UN MCA Y ORIENTACIONES SOBRE POSIBLES ACCIONES DE RESPUESTA		
Valor del riesgo	Prioridad	Acción recomendada
40-100	I	Retirada
20-39	II	Retirada / estabilización
< 19	III	Retirada / estabilización / no intervención

Tabla 3. Categorías o niveles de riesgo potencial según el algoritmo de la UNE 171370-2

2.3. Registro de MCA de la empresa

El *registro de amianto* de la empresa es el documento actualizado que recoge la información actualizada sobre MCA y pMCA presentes en un lugar de trabajo necesaria para su gestión segura. Incluirá como mínimo, la localización y datos fiables sobre aquellos materiales *accesibles* y *no confinados* (identificación *básica para gestión o inspección tipo 1*).

El registro de MCA se alimentará de los informes de resultados de los estudios de identificación de MCA que se hayan llevado a cabo en la empresa (que reflejan los hallazgos de la inspección realizada en una fecha determinada y con un alcance y perímetro definidos), u otras fuentes de información fiables. Debe mantenerse actualizado, en particular, después de cada monitorización periódica, cuando se identifiquen nuevos MCA/pMCA anteriormente ocultos / inaccesibles (por ejemplo, a raíz de una reforma u operaciones de mantenimiento) o se disponga de nuevas evidencias o información adicional sobre algún material. Por ejemplo, aprovechando que se necesita acceder para una operación de mantenimiento se toma una muestra de un pMCA con resultado analítico de identificación positiva y se reclasifica como MCA. En cualquier caso, se mantendrán los datos (registro histórico) incluso si se han retirado todos los MCA que estuvieron presentes en un emplazamiento.

El registro de amianto puede adoptar un formato de tabla, como la que se muestra en la figura 8, y se recomienda completarlo con planos/croquis de localización (por ejemplo, según se muestra en la figura 9) y/o fotografías que sitúen con precisión la localización los MCA y pMCA y proporcionen información sobre sus características y estado.

EJEMPLO DE REGISTRO DE MATERIALES CON AMIANTO PRESENTES EN UNA INSTALACIÓN O EDIFICACIÓN

Localización	Tipo de producto/material	Extensión/cantidad	Accesibilidad	Estado de conservación/daños	Tratamiento superficial	Variedad de amianto	Análisis de muestras/presunción	Valoración Riesgo potencial	Recomendación/prioridad
Cubierta del almacén XX	Placas onduladas de fibrocemento	60m ²	Normalmente inaccesible. Accede anualmente técnico de empresa de mantenimiento XX	Ninguna placa rota. No se observa deterioro en superficie	Ninguno	Crisotilo y amosita	MCA confirmado por análisis en laboratorio de muestra Ref. XX	Baja probabilidad de emitir fibras al ambiente. Puntuación 5 valoración del material según HSG 264 (algoritmo HSE)	
Sala de calderas en edificio YY	Aislamiento térmico (calorifugados) del exterior de la caldera y tuberías asociadas	Caldera pequeña y 10m lineales de tubería	Comprobación diaria de seguridad. Aunque no requiere contacto con el MCA, puede perturbarse de forma inadvertida						

Figura 2. Ejemplo del registro de amianto de una instalación

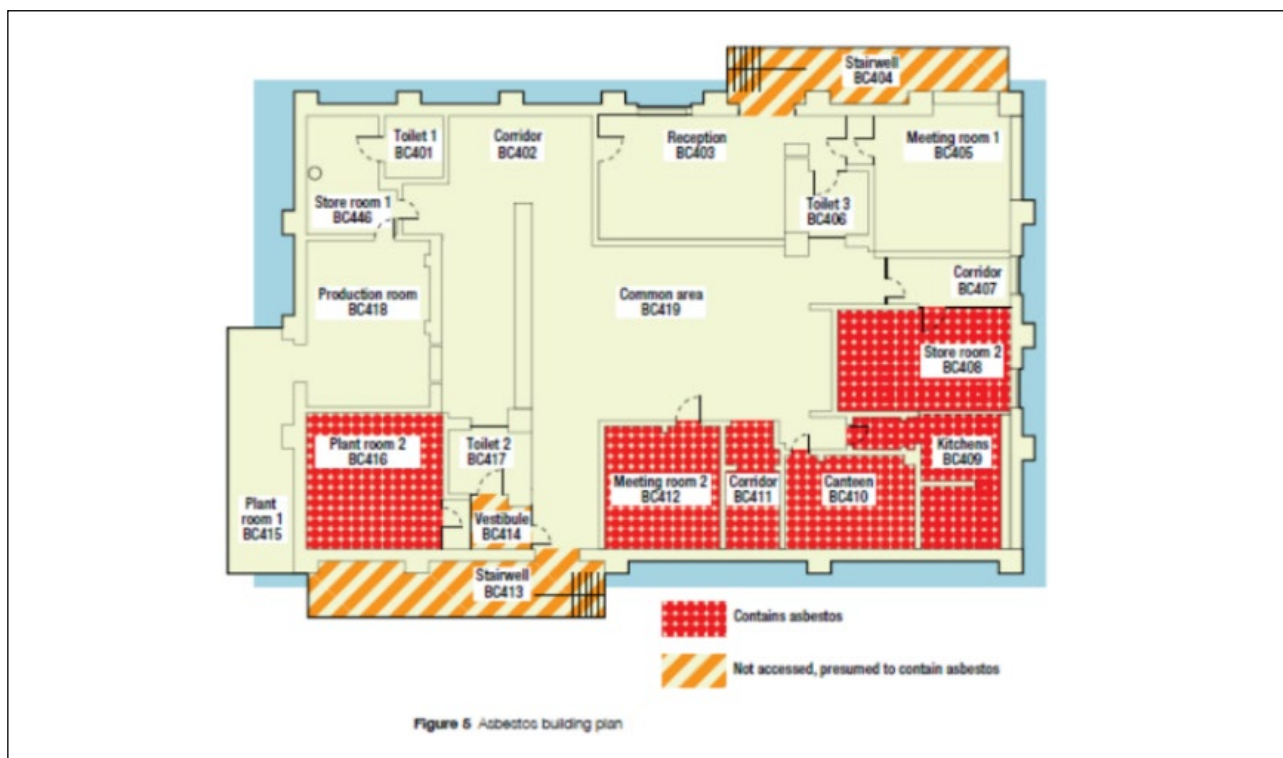


Figura 3. Ejemplo de un plano de localización de amianto en una instalación (Fuente HSE, 2012)

3. PLAN DE GESTIÓN SEGURA DE AMIANTO DE LA EMPRESA

El plan de gestión segura de amianto en la empresa (plan de gestión de MCA) es un instrumento para la planificación preventiva que recoge el conjunto de acciones preventivas necesarias para prevenir el riesgo de exposición al amianto en una organización.

Este plan de gestión es voluntario en España (a diferencia de algunos países, por ejemplo, en Reino Unido, donde es requerido para cumplir con el deber del empresario de gestionar el amianto, denominado "duty to manage") y se recomienda que se elabore después de un proceso de *diagnóstico de amianto* y antes de abordar cualquier actividad con amianto.

El contenido de este plan de gestión de MCA dependerá, en gran medida, de la complejidad de las instalaciones de la empresa y de la cantidad, tipo, características y situación de los MCA presentes, así como de su actividad (por ejemplo, una petroquímica, un centro educativo, una nave industrial, edificios de oficinas, concurrencia de empresas, etc.). En este sentido, a modo de ejemplo, en caso de que únicamente esté presente amianto-cemento en buen estado en un lugar inaccesible dará lugar a un sencillo plan de gestión. Sin embargo, la presencia en las instalaciones de una empresa de un elevado número de MCA de distintos tipos, localizaciones y estados de conservación, actividades frecuentes y cambiantes que pueden perturbar los MCA, situaciones de rehabilitación y derribo, concurrencia de empresas y personal autónomo, pública concurrencia, fácil acceso, requerirá un plan de gestión más complejo y amplio.

En general un plan de gestión incluirá el registro de amianto actualizado y los informes diagnóstico de amianto en instalaciones, edificaciones o lugares de trabajo (resultados de la localización, identificación y valoración del riesgo potencial), planos de localización de MCA en las

instalaciones, las decisiones/acciones de respuesta para gestionar los MCA presentes junto a su justificación, el conjunto de actuaciones preventivas planificadas, responsabilidades y plazos, programa de monitorización/verificación periódica del estado de los MCA y acciones de control inmediatas (protocolos en caso de detectar una situación de riesgo grave e inminente), mecanismos para comunicar a otros trabajadores y empresas la información que precisen en cada momento y situación para evitar perturbar los MCA, etiquetado (y en su caso coloreado) de MCA y restricciones de acceso, actividades prohibidas, formación y coordinación de actividades en caso de concurrencia, *procedimientos de trabajo seguros* para actividades de mantenimiento u otras en proximidad, *planes de trabajo* aprobados y ejecutados, protocolos de descontaminación, incidentes y emergencias, etc.

La elaboración e implantación de un plan de gestión de MCA, adaptado a las necesidades de su organización, ayudará al empresario en el cumplimiento de sus obligaciones legales en relación con el riesgo de exposición por existencia de amianto en sus instalaciones.

Tal como se ha explicado en la parte I de esta serie de NTP, el plan de gestión de MCA se centra en evitar las exposiciones "accidentales" descritas, recogiendo las decisiones y actuaciones necesarias en función de los resultados de proceso de diagnóstico anterior y ayudará al empresario a realizar de forma segura y planificada las intervenciones necesarias sobre algún/os de los MCA en un momento y zona concretos (por ejemplo, retirar las juntas con amianto presentes en una máquina aprovechando una operación de mantenimiento programada sobre la misma). Este plan de gestión incorporará, en caso necesario, los correspondientes "planes de trabajo" obligatorios para cada "actividad con amianto" concreta que se decida realizar.

El plan de trabajo es el documento en el que se describe de forma pormenorizada la acción que se pretende

ejecutar, la metodología a seguir y las medidas de prevención y protección técnicas y organizativas necesarias para que el trabajo se realice en condiciones de mínima exposición, con el fin de preservar la seguridad y salud, tanto de los trabajadores como de aquellas otras personas que se puedan ver afectadas por el mismo.

Finalmente, respecto al encaje de la gestión del riesgo específico de exposición al amianto en el marco del *sistema de gestión de prevención de riesgos laborales* de la organización, es importante que su *plan de gestión segura de amianto* se integre en su *Plan de prevención* de riesgos laborales, así como asegurar la implicación

de todos sus departamentos en todas sus actividades. En este sentido, según la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) los instrumentos esenciales para la gestión y aplicación del plan de prevención de riesgos, son la evaluación de riesgos laborales y la planificación de la actividad preventiva (LPRL, artículo 16.2), por lo que es importante tener en cuenta que la “identificación de materiales con amianto” debería formar parte de la “evaluación de riesgos” de la empresa y el “plan de gestión segura de amianto” debería formar parte de la “planificación preventiva” de la empresa en cuyas instalaciones haya presentes materiales con amianto.

BIBLIOGRAFÍA

NORMATIVA

RESOLUCIÓN del Parlamento Europeo, de 20 de octubre de 2021, con recomendaciones a la Comisión sobre la protección de los trabajadores contra el amianto (2019/2182(INL)) https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:JOC_2022_184_R_0003

REAL DECRETO 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/03/31/396/con>

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. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2001/04/06/374/con>

UNE 171370-2: 2021 Amianto. Parte 2: Localización y diagnóstico de amianto. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto. INSST.

FREIXA BLANXART, A. Materiales con amianto en viviendas: guía práctica (I) y (II). INSST, 2014. Notas Técnicas de Prevención: NTP 1006 <https://www.insst.es/documents/94886/566858/ntp-1006+w.pdf/cc4bfd0c-50e3-4038-b506-8aeba51d84e7?version=1.0&t=1617978846817> y NTP 1007 <https://www.insst.es/documents/94886/327695/ntp-1007+w.pdf/69572a08-06b1-4412-b127-65b9b7542062>

FREIXA BLANXART, A. et al. Operaciones de demolición, retirada o mantenimiento con amianto: ejemplos prácticos. INSST, 2010. Notas Técnicas de Prevención: NTP 862. <https://www.insst.es/documents/94886/328681/862w.pdf/877014c5-8a5c-4b4d-a77e-624a22ef40b5?version=1.0&t=1528462495152>

HEALTH AND SAFETY AUTHORITY. Asbestos-containing Materials (ACMs) in Workplaces. Practical Guidelines on ACM Management and Abatement (HSA, 2013). https://www.hsa.ie/eng/Publications_and_Forms/Publications/Chemical_and_Hazardous_Substances/Asbestos_Guidelines.pdf

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. HSG 264 Asbestos: The survey guide. HSE, 2012. <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg264.pdf>

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. HSG 227 A comprehensive guide to Managing Asbestos in premises. HSE, 2002. <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg227.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto. INSST, 2022. <https://www.insst.es/documents/94886/2927460/Gu%C3%ADa%20t%C3%A9cnica%20para%20la%20evaluaci%C3%B3n%20y%20prevenci%C3%B3n%20de%20los%20riesgos%20relacionados%20con%20la%20exposici%C3%B3n%20al%20amianto.pdf>

TRUJILLO, L. El amianto y la responsabilidad en la detección (Noticias CAAT 2011). Artículo traducido y adaptado por la autora fue publicado en la revista L'Informatiu del CAATEEB construcció, arquitectura, urbanisme nº316 y nº320 <http://www.edilar.net/wp-content/uploads/2011/06/Art%C3%ADculo-CAATValencia-noticias133.pdf>

Agradecimientos a:

Carmen Escalada López (Instituto Cántabro de Seguridad y Salud en el Trabajo)
Lucía Ferrón Vidán (Instituto de Seguridade e Saúde Laboral de Galicia)
Ofelia García Hevia (Instituto Asturiano de Prevención de Riesgos Laborales)
Cristina Pascal Fernández (Instituto de Salud Pública y Laboral de Navarra)
Nuria Sanz Peláez (Consejería de Industria, Comercio y Empleo, Junta de Castilla y León)

Ayudas menores para la movilización y transferencia de personas en los ámbitos sanitario y sociosanitario

*Auxiliary aids for the mobilization and transfer of patients in the healthcare and socio-sanitary sectors.
Des aides auxiliaires pour la mobilisation et le transfert des patients dans les domaines sanitaire et socio-sanitaire.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Tamara Parra Merino

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS. INSST

Lara Alamín Guijo

EVO TRAINING INSTITUTE

En esta NTP se presentan algunos de los productos de apoyo, anteriormente conocidos como “ayudas técnicas”, que existen en el mercado para facilitar la movilización y transferencia de personas en los sectores sanitario y sociosanitario. En concreto, se explica qué son las ayudas menores y se muestran algunos ejemplos de su utilización con el objetivo de prevenir la aparición de trastornos musculoesqueléticos (TME) de origen laboral en estos sectores.

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

Según la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, “los TME de origen laboral son alteraciones que sufren las estructuras corporales como los músculos, articulaciones o tendones, causadas o agravadas fundamentalmente por el trabajo o los efectos del entorno laboral inmediato”.

De acuerdo con la [Encuesta europea de empresas sobre riesgos nuevos y emergentes de 2019 \(ESENER\)](#), el tercer factor de riesgo relacionado con TME e identificado con mayor frecuencia en los países de la Unión Europea, es la elevación o desplazamiento de personas o cargas pesadas, detrás del movimiento repetitivo de manos o brazos y de permanecer sentados durante largos períodos de tiempo.

2. MOVILIZACIÓN O TRANSFERENCIA DE PERSONAS

Una inadecuada movilización o transferencia de personas puede originar daños importantes en la salud del personal que trabaja en los sectores sanitario o sociosanitario.

Realizar movimientos de flexión o torsión del tronco, permitir agarres del cuello, hombros y de la zona cervical por parte de la persona a movilizar, las restricciones de espacio, los sobreesfuerzos, la manipulación de pesos elevados o la adopción de posturas forzadas son algunos factores de riesgo de sufrir TME en el ámbito asistencial.

Para prevenir la aparición de daños a la salud relacionados con el trabajo, se debe prestar especial atención a aspectos como el diseño ergonómico de los puestos de trabajo (espacios de trabajo, mobiliario, condiciones termohigrométricas, iluminación, entre otros), la planificación adecuada de las tareas (tiempo suficiente, movilizaciones en equipo, realización de los movimientos de manera segura, etc.), la puesta a disposición de

productos de apoyo (ayudas mayores y menores), una adecuada formación en higiene postural (piernas flexionadas, espalda recta o estiramientos musculares, por ejemplo), etc.

Las posibles situaciones de movilización o transferencia de personas son muy variadas (reposicionamiento en cama, reposicionamiento en silla, lateralización en cama, transferencia de cama a silla y viceversa, etc.) y la forma de llevarlas a cabo dependerá, entre otros factores, de las capacidades funcionales de la persona a movilizar, actuando en base a sus necesidades.

La correcta utilización de productos de apoyo supondrá una manera más segura de llevar a cabo estas tareas.

3. ¿QUÉ SON LOS PRODUCTOS DE APOYO?

De acuerdo con la norma UNE-EN ISO 9999:2023 Productos de apoyo. Clasificación y terminología (ISO 9999:2022), se define producto de apoyo como:

“Producto que optimiza el funcionamiento de una persona y reduce la discapacidad.

NOTA 1 Véase el anexo B.

NOTA 2 Los productos de apoyo incluyen dispositivos, instrumentos, equipamiento y *software*.

NOTA 3 Los productos de apoyo pueden ser productos fabricados especialmente o estar disponibles en el mercado general” (definición literal recogida en la citada norma).

Para la movilización y transferencia de personas existen equipos de ayuda mecánicos (sillas de ruedas, grúas de movilización, bipedestadores mecánicos, mobiliario articulado, etc.) y no mecánicos (sábanas deslizantes, tablas deslizantes de transferencia horizontal, tablas para la transferencia en sedestación, discos giratorios, cinturones y bandas de movilización, unidireccionales de posicionamiento, etc.). Comúnmente, a esos equipos de ayuda no mecánicos, se les denomina “ayudas menores”. A continuación, se presenta información sobre algunas de las más utilizadas.

Sistema unidireccional para posicionamiento¹



Figura 1. Sistema unidireccional para posicionamiento

Descripción

Producto de apoyo para corrección de la postura de personas sentadas en silla de ruedas, butaca o silla. Sus propiedades permiten bloquear el deslizamiento hacia delante y facilitan el deslizamiento hacia atrás, previniendo lesiones musculoesqueléticas sobre la persona trabajadora al permitir deslizar el cuerpo de la persona hacia el respaldo de la silla con facilidad, suavidad y sin realizar sobreesfuerzos, evitando el levantamiento manual y el arrastre. Además, evita posturas de hundimiento en la persona a movilizar y minimiza el riesgo de caída. Puede llevar asas para facilitar su uso (Figura 1).

Características

Deslizante tubular, cara interna de baja fricción (ultra deslizante) con tejido unidireccional que permite limitar el deslizamiento hacia delante y favorecer el deslizamiento hacia atrás. La cara externa es suave al tacto y confortable. Posee unas bandas antideslizantes en el dorso para mayor seguridad.

Uso previsto

Elemento de prevención y corrección postural. Posicionador para sedestación.

Recomendaciones para su utilización

Planificar la técnica y, si es posible, pedir la colaboración de la persona a movilizar.

- 1- Propiciar la inclinación del tronco de la persona hacia delante. Esta posición ayuda al personal a reducir el esfuerzo a realizar.
- 2- Para trasladar el peso de la persona en dirección al respaldo de la silla, el/la profesional se sitúa frente a ella para empujar sus rodillas, en el espacio existente entre la rótula y la tibia y accionar, así, el deslizante acolchado (Figura 2).



Figura 2. Empujar las rodillas

Una vez la persona ha sido posicionada, el tubular acolchado se deja puesto bajo sus nalgas por si hubiese que realizar un posterior reposicionamiento (Figura 3).



Figura 3. Posicionar con el tubular bajo sus nalgas

Para más información, se puede visualizar el siguiente vídeo:

<https://youtu.be/QxPdJNiYaHk>

Sábana tubular deslizante²



Figura 4. Sábana tubular deslizante

Descripción

El reposicionamiento de una persona hacia el cabecero de la cama resulta una tarea compleja y en la que es necesario realizar esfuerzo físico. Este dispositivo es una ayuda muy útil para llevar a cabo tareas de movilización de pacientes en cama y como complemento para la realización de transferencias, efectuando movimientos de deslizamiento en lugar de realizar un levantamiento del cuerpo de la persona (Figura 4).

Características

Textil tubular, con tejido superdeslizante, que ayuda a los y las profesionales a realizar el reposicionamiento con más seguridad, ayudando a prevenir lesiones por sobreesfuerzos.

¹ Referenciado en la norma UNE-EN ISO 9999:2023 como tapete deslizante.

² Referenciado en la norma UNE-EN ISO 9999:2023 como sábana para giro.

fuerzas gracias a la baja fricción. Existen diferentes medidas para adaptarlo a las necesidades de cada persona.

Uso previsto

Transferencia y movilización de pacientes por desplazamiento.

Recomendaciones para su utilización

Planificar la técnica y, si es posible, pedir la colaboración de la persona a movilizar.

- 1- Preparación de la sábana deslizante: doblarla hacia dentro realizando varios pliegues.
- 2- Instalar la sábana deslizante debajo de la persona en posición decúbito supino, empezando por debajo de la almohada, desplegándola sin necesidad de lateralizar (Figura 5).



Figura 5. Deslizar la sábana empezando por la almohada

- 3- Los pliegues van en contacto con la sábana, para que en el despliegado no haya roce con la persona. Se despliega simultáneamente entre dos profesionales (Figura 6).



Figura 6. Despliegue de la sábana

- 4- Preparar la acción de empuje de la sábana deslizante. En este paso se puede utilizar el control remoto de la cama para elevar las piernas, colocando a la persona en posición de *trendelemburg*, es decir, tumbada boca arriba con los pies más altos que la cabeza. La sábana tubular deslizará sobre sí misma reposicionando a la persona hacia el cabecero de la cama (Figura 7).



Figura 7. Utilización del control remoto

- 5- Retirar la sábana desde los pies a la cabeza con un movimiento en diagonal sin lateralizar a la persona.

Se recomienda un producto por cada 5 pacientes no autónomos, debiendo higienizarse tras su uso.

Para más información, se puede visualizar el siguiente vídeo:

<https://youtu.be/9nZkXZbemWI>

Disco de suelo³ y cinturón de movilización⁴



Figura 8. Disco de suelo



Figura 9. Cinturón de movilización

Descripción del disco giratorio de suelo

Este disco giratorio ligero permite girar fácilmente a la persona durante una transferencia y reduce el riesgo de lesión en la persona trabajadora.

Ambas caras del disco son de base antideslizante para una rotación controlada que garantice la máxima estabilidad (Figura 8).

Descripción del cinturón de movilización

Puede colocarse en la persona a movilizar o en la persona trabajadora proporcionando un elemento de sujeción extra para la movilización y transferencia. De este modo se disminuye el esfuerzo evitando la sobrecarga lumbar de la persona trabajadora y aumentando la sensación de seguridad de la persona a movilizar. Se adapta al perímetro de la cintura mediante hebilla corredera. Dispone de asideros ergonómicamente colocados para tareas de transferencia y movilización. También tiene asas dorsales para deambulación (Figura 9).

³ Referenciado en la norma UNE-EN ISO 9999:2023 como disco de transferencia.

⁴ Referenciado en la norma UNE-EN ISO 9999:2023 como cinturón de transferencia.

Características

Disco pivotante con ambas superficies antideslizantes.
Cinturón con varias tallas y adaptado a la cintura.

Uso previsto

Evitan sobreesfuerzo físico cuando se va a realizar una transferencia de silla a cama o viceversa de una persona con necesidad de mínima asistencia.

Recomendaciones para su utilización

Planificar la técnica y pedir la colaboración de la persona a movilizar.

Para realizar esta transferencia la persona a movilizar ha de soportar su peso para ayudar a la bipedestación (en caso de que sus capacidades motoras no lo permitan, deberán utilizarse otros productos de apoyo mecánicos, como la grúa de movilización).

- 1- Intentar colocar las dos superficies al mismo nivel y en paralelo.
- 2- Colocar el disco de rotación equidistante entre la cama y la silla, pidiéndole a la persona que ponga los pies sobre él. El/la profesional coloca su pie más alejado de la superficie de destino entre medias (Figura 10).



Figura 10. Disco de rotación equidistante de la cama y de la silla

- 3- Colocar el cinturón de movilización en la cintura de la persona a movilizar (tener en cuenta que la talla del cinturón sea la correcta). El/la profesional flexiona sus piernas y acerca el cuerpo de esta al suyo lo máximo posible para reducir la carga y bascula su peso hacia atrás de forma que la persona se levante.
- 4- Realizar un movimiento de contrapeso y giro, pivotando sobre el disco de suelo, acompañando a la persona a la posición de sentada en la cama (Figura 11).



Figura 11. Movimiento de contrapeso y giro y pivotado sobre el disco

Para más información, se puede visualizar el siguiente vídeo:

<https://youtu.be/0th9DReJRGQ>

Disco giratorio blando⁵



Figura 12. Disco giratorio blando

Descripción

El disco giratorio blando facilita la transferencia de una persona mientras está sentada en el asiento del coche, cama o silla. Se compone de dos discos flexibles de baja fricción que giran sobre un eje central (Figura 12).

Características

Superficie superior suave y acolchada e inferior antideslizante. Es duradero, portátil y lavable a máquina.

Uso previsto

Facilitar la rotación de pacientes con movilidad reducida en cama, silla o asiento de coche.

Recomendaciones para su utilización

Planificar la técnica y, si es posible, pedir la colaboración de la persona a movilizar.

En cama, colocar el disco giratorio debajo de las nalgas de la persona realizando una ligera lateralización. A continuación, para realizar la sedestación de la persona al borde de la cama, el disco ayudará a que piernas y cadera giren al mismo tiempo evitando lesiones (Figura 13).



Figura 13. Colocación del disco en la cama

⁵ Referenciado en la norma UNE-EN ISO 9999:2023 como cojín para giro.

En asiento de coche, colocar el disco con anticipación, primero sacar una pierna del vehículo y después la otra (Figura 14).



Figura 14. Colocación del disco en el coche

Para más información, se puede visualizar el siguiente vídeo:

<https://youtu.be/DviKt1WdogI>

Tabla de transferencia horizontal (con o sin funda tubular)⁶

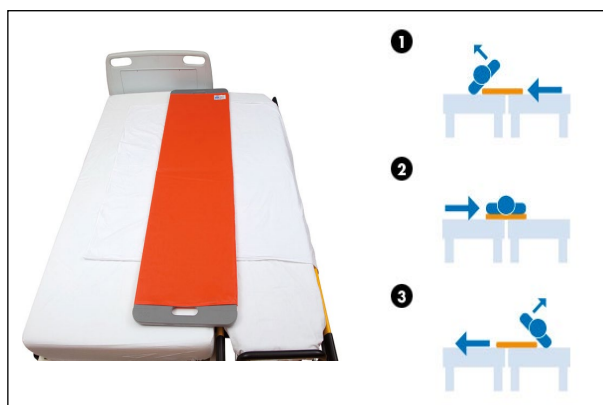


Figura 15. Tabla de transferencia horizontal

Descripción

La tabla de transferencia facilita la labor diaria de los y las profesionales de los sectores sanitario y sociosanitario, al permitir la realización del trabajo de una manera más segura y ergonómica, simplificando la tarea de transferencia de personas sin levantarlas, evitando sobreesfuerzos y posturas forzadas que pueden provocar lesiones.

Transferir a una persona con este tipo de producto requiere menos cambios posturales y, además, al permanecer siempre en posición horizontal, el movimiento de transferencia resulta más cómodo y seguro (Figura 15).

Características

Está formado por un núcleo compacto acolchado, ultraligero y muy resistente, cuya superficie tiene un acabado superdeslizante que reduce la fricción si se le añade la funda tubular.

La funda tubular debe ser de fácil higienización o desechable, con tacto agradable en el exterior y superficie deslizante en el interior, que permita un deslizamiento de la tabla sin necesidad de gran esfuerzo.

⁶ Referenciado en la norma UNE-EN ISO 9999:2023 como tabla de transferencia.

Uso previsto

Permite transferir cómodamente a pacientes entre dos superficies (camas, camillas, mesas de operaciones, etc.).

Recomendaciones para su utilización

Planificar la técnica y, si es posible, pedir la colaboración de la persona a movilizar.

- 1- Colocar las dos superficies donde se va a realizar la transferencia más o menos a la misma altura o a favor de la superficie de destino.
- 2- Un/una profesional realiza una mínima lateralización de la persona a transferir agarrando la sábana para que otro/a profesional pueda introducir un tercio de la tabla bajo su cuerpo (Figura 16).

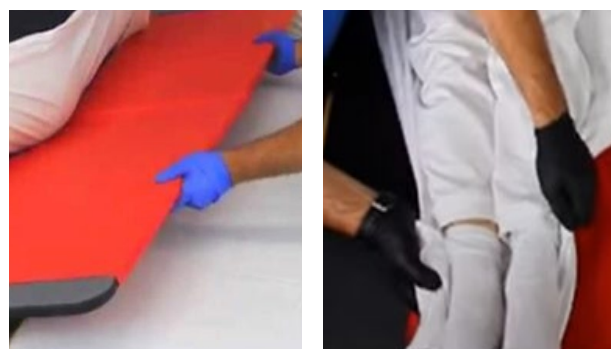


Figura 16. Colocación de la persona a movilizar con tabla de transferencia

- 3- Se colocan los pies de la persona encima de la tabla.
- 4- El/la profesional más alejado/a de la persona a transferir tira de la sábana con un movimiento de tracción, a la vez que el/la otro/a profesional acompaña la transferencia con un movimiento de empuje (Figura 17).

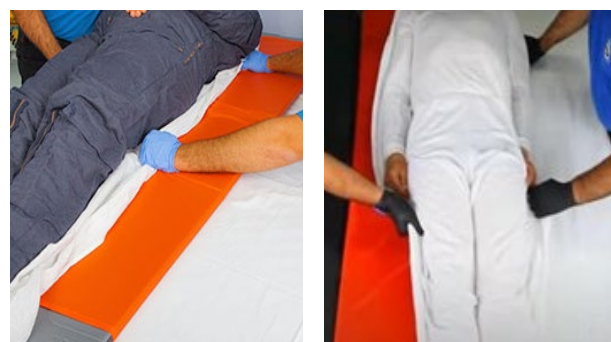


Figura 17. Acción simultánea de dos profesionales en la transferencia con tabla

- 5- Por último, se retira la tabla (Figura 18).



Figura 18. Retirada de la tabla

Se recomienda 2 productos por unidad asistencial, debiendo higienizarse tras su uso.

Para más información, se puede visualizar el siguiente vídeo:

<https://youtu.be/Vxd1zUHpcfU>

Tabla de transferencia en sedestación⁷



Figura 19. Tabla de transferencia en sedestación

Descripción

Tabla semirrígida para la transferencia de pacientes de cama a silla, silla de ruedas o butaca o viceversa. Reduce significativamente el esfuerzo que deben realizar los y las profesionales y aumenta la seguridad de la persona a transferir (Figura 19).

Características

Cara superior lisa con propiedades deslizantes y antideslizante por la cara posterior que permite asegurar la tabla en las superficies de apoyo.

Uso previsto

Realizar transferencias de personas sentadas entre dos superficies (cama, silla, sillón, inodoro, vehículo, etc.) de una forma cómoda, fácil, rápida, segura y con el mínimo esfuerzo.

Recomendaciones para su utilización

Planificar la técnica y, si es posible, pedir la colaboración de la persona a movilizar.

- 1- Pedir a la persona que lateralice el cuerpo para descargar la nalga y poder colocar la tabla de transferencia.

- 2- Se sitúa en diagonal al ángulo de la silla. Apoyo de las manos de la persona en la cama y en la silla, sobre la tabla.

- 3- El/la profesional coloca la pierna más alejada entre las piernas de la persona y la otra en dirección a la silla (Figura 20).



Figura 20. El/la profesional coloca la pierna más alejada entre las piernas de la persona

- 4- Guiar el movimiento con una mano en la zona costal cercana a la silla y la otra mano en la cadera. También se puede utilizar el cinturón de movilización colocado en la persona (Figura 21).



Figura 21. Empleo combinado con el cinturón de movilización en la persona a movilizar

- 5- Acompañar el deslizamiento de la persona sobre las nalgas, impulsándose con las extremidades superiores.
- 6- Otra opción es que el/la profesional se ponga el cinturón de movilización y que la persona se agarre a él (Figura 22).



Figura 22. Empleo combinado con profesional con cinturón de movilización

⁷ Referenciado en la norma UNE-EN ISO 9999:2023 como tabla de transferencia.

Para más información, se puede visualizar el siguiente vídeo:

<https://youtu.be/75HaCLrx8F4>

4. CONCLUSIONES

La utilización de productos de apoyo para llevar a cabo tareas relacionadas con la movilización y la transferencia de personas en los sectores sanitario y sociosanitario puede ayudar, si no a eliminar completamente el riesgo

de sufrir TME de origen laboral, sí al menos a disminuirlo de manera considerable. Por ello, es fundamental su puesta a disposición y su correcta utilización siempre que sea necesario.

Además, es importante destacar que una adecuada movilización de pacientes implica, entre otras acciones, una evaluación de las capacidades funcionales de la persona, un análisis del entorno donde se va a realizar la tarea, una valoración de los recursos materiales y humanos de los que se dispone y una planificación previa a la ejecución del trabajo que se vaya a realizar.

BIBLIOGRAFÍA

[Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo](#). Recuperado el 17 de abril de 2023.

Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (2019). Encuesta europea de empresas sobre riesgos nuevos y emergentes de 2019. Recuperado el 17 de abril de 2023 de <https://visualisation.osha.europa.eu/esener/es/survey/overview/2019>.

Organización Internacional de Normalización (ISO). Informe técnico ISO/TR 12296:2012 Manual handling of people in the healthcare sector.

Asociación Española de Normalización (UNE). Norma UNE-EN ISO 9999:2023 Productos de apoyo para personas con discapacidad. Clasificación y terminología (ISO 9999:2022).

Medi Care System. S.L.U., 2017. Técnicas para la transferencia y movilización de pacientes. Edición septiembre 2017.

Fotos proporcionadas por Medicare System. Recuperado el 17 de abril de 2023 de <https://medicaressystem.es>

Ficha de datos de seguridad: utilización en la empresa

Safety data sheets: use in the company
Fiches de données de sécurité: utilisation dans l'entreprise

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Sara Patricia González Hurst

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO. INSST

Las fichas de datos de seguridad suministran información sobre las características y peligros de las sustancias o mezclas químicas. Esta información es de gran interés para la empresa ya que permite conocer los posibles riesgos que pueden derivarse de la utilización (real o en proyecto) de las mismas, lo que a su vez facilita el prever qué medidas de prevención será más adecuado establecer para actuar frente a esos riesgos, teniendo en cuenta aspectos técnicos, económicos y de otra índole. Todo ello justifica que la utilización de estas fichas se integre en el sistema general de gestión de la empresa. Esta Nota Técnica de Prevención (NTP), que actualiza la NTP 686, expone una serie de criterios a fin de facilitar el uso y gestión de las fichas de datos de seguridad.

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

A nivel europeo, todo lo relativo a las fichas de datos de seguridad (FDS) se encuentra regulado en la normativa sobre comercialización de productos químicos peligrosos, que engloba el Reglamento (CE) nº 1907/2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (Reglamento REACH) y el Reglamento (CE) nº 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (Reglamento CLP).

El Reglamento REACH establece la FDS como el instrumento mediante el cual se va a transmitir, a lo largo de toda la cadena de suministro, la información asociada a las sustancias y mezclas químicas peligrosas. En su título IV regula todo lo relativo a estas fichas.

El Reglamento CLP establece en la Unión Europea un sistema armonizado para la clasificación y el etiquetado de las sustancias y mezclas químicas (basado en el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos desarrollado por Naciones Unidas y conocido por sus siglas en inglés SGA). La clasificación es lo que permite asociar a cada sustancia o mezcla una determinada información de peligro, y se lleva a cabo mediante el cumplimiento de los criterios de clasificación que el Reglamento CLP establece en su anexo I para cada una de las clases y categorías de peligro que prevé. Esta clasificación debe incluirse en la FDS para así ser trasladada a los diferentes agentes de la cadena de suministro que vayan a utilizar la sustancia o mezcla.

En el ámbito nacional, el Real Decreto 374/2001, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos

durante el trabajo, a través de sus artículos 3 y 9 identifica la FDS como un instrumento de información importante para la empresa en el ámbito de la prevención de riesgos laborales.

El artículo 3 indica que, a fin de realizar la evaluación de riesgos, se deberán conocer las propiedades peligrosas de los agentes químicos que están presentes en el lugar de trabajo, y cualquier otra información necesaria que deba facilitar el proveedor o que pueda recabarse de él, y especifica que entre esta información debe incluirse la FDS.

El artículo 9 establece que el empresario debe garantizar que las personas trabajadoras y sus representantes reciban una información adecuada sobre los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo. Para ello establece que deberá facilitarles la información sobre dichos agentes, tal como su denominación, los riesgos para la seguridad y la salud, los valores límite de exposición profesional y otros requisitos legales que les sean de aplicación, así como el acceso a toda ficha técnica facilitada por el proveedor, y, en particular, a la FDS.

De esta manera, la FDS tiene una doble utilidad en la empresa:

- Por un lado, es la principal fuente de información sobre la peligrosidad de las sustancias y mezclas químicas que se utilizan en la empresa, información que es esencial para realizar un análisis efectivo de los peligros asociados a las mismas, para llevar a cabo la evaluación de los riesgos que puedan derivarse de su presencia y uso en el lugar de trabajo, y para gestionar dichos riesgos.
- Por otro lado, es una herramienta eficaz para informar, tanto a las personas trabajadoras como a otros usuarios de la cadena de suministro, sobre las propiedades y características de la sustancia o mezcla y de sus peligros asociados.

2. CONCEPTOS

Para el mejor entendimiento de lo comentado en esta NTP, ya que se hace alusión a ellos, conviene conocer cuáles son los distintos agentes de la cadena de suministro, para los que la normativa establece distintas obligaciones respecto a las FDS.

Conforme al artículo 3 del Reglamento REACH, se entiende por:

- **Fabricante:** toda persona física o jurídica establecida en la Comunidad que fabrique una sustancia en la Comunidad.
- **Importador:** toda persona física o jurídica establecida en la Comunidad y responsable de la importación.
- **Distribuidor:** toda persona física o jurídica establecida en la Comunidad, incluidos los minoristas, que únicamente almacena y comercializa una sustancia, como tal o en forma de mezcla, destinada a terceros.
- **Usuario intermedio:** toda persona física o jurídica establecida en la Comunidad, distinta del fabricante o el importador, que use una sustancia, como tal o en forma de mezcla, en el transcurso de sus actividades industriales o profesionales. Los distribuidores o los consumidores no son usuarios intermedios. Se considerará usuario intermedio al reimportador cubierto por la exención contemplada en el artículo 2, apartado 7, letra c).
- **Proveedor:** todo fabricante, importador, usuario intermedio o distribuidor que comercializa una sustancia, como tal o en forma de mezcla, o una mezcla.

3. LA FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

La FDS es el documento a utilizar para transmitir a los usuarios de sustancias y mezclas químicas información sobre:

- Sus propiedades peligrosas (físicoquímicas, toxicológicas y ecotóxicas).
- Los riesgos que pueden derivarse de su utilización (para la seguridad, la salud y el medio ambiente).
- Las medidas de prevención y control que se deben implantar para que los riesgos derivados de su uso estén controlados (instrucciones para su manipulación, transporte, almacenamiento, eliminación, uso de equipos de protección individual, y otras medidas relativas a primeros auxilios, extinción de incendios, etc.).

Los requisitos que deben reunir las FDS (quién debe suministrarla y cuándo, idioma en el que debe facilitarse, epígrafes que debe contener, cuándo se debe actualizar, etc.) se recogen en el título IV del Reglamento REACH, y el anexo II del mismo desarrolla, a modo de guía, el contenido de cada epígrafe de la FDS.

De acuerdo con el artículo 31.1 del Reglamento REACH, el proveedor de una sustancia o mezcla debe facilitar a su destinatario (aunque este no la solicite) una FDS con el primer suministro, elaborada de conformidad con el anexo II, siempre que:

- la sustancia o mezcla reúna los criterios para ser clasificada como peligrosa conforme al Reglamento CLP; o
- la sustancia sea clasificada como persistente, bioacumulable y tóxica (PBT), o como muy persistente

y muy bioacumulable (mPmB), con arreglo a los criterios establecidos en el Anexo XIII del Reglamento REACH; o

- la sustancia aparezca en la lista de sustancias candidatas a ser incluidas en el Anexo XIV "Lista de sustancias sujetas a autorización" del Reglamento REACH.

Así mismo, según el artículo 31.3, el proveedor facilitará, a petición del destinatario (usuario intermedio o distribuidor), una FDS en el caso de mezclas que no reúnan los requisitos para ser clasificadas como peligrosas de conformidad con el Reglamento CLP pero contengan:

- al menos una sustancia peligrosa para la salud o para el medio ambiente en una concentración $\geq 1\%$ en peso para mezclas no gaseosas, y $\geq 0,2\%$ en volumen para mezclas gaseosas; o
- al menos una sustancia en una concentración $\geq 0,1\%$ en peso, para mezclas no gaseosas, clasificada como carcinógena de categoría 2, o tóxica para la reproducción de categoría 1A, 1B y 2, o sensibilizante cutáneo o respiratorio de categoría 1, o con efectos adversos sobre la lactancia o a través de ella, o PBT, o mPmB, o que esté incluida en la lista de sustancias que podrían ser incluidas en el Anexo XIV; o
- una sustancia para la que existan límites de exposición profesional comunitarios (independientemente de la concentración en la que esté presente en la mezcla).

Por otro lado, conforme al artículo 2 del Reglamento REACH, al no aplicar este en estos casos, quedan exentas de la obligación de ir acompañadas de una FDS:

- sustancias radiactivas,
- sustancias sometidas a supervisión aduanera,
- sustancias intermedias no aisladas,
- sustancias peligrosas, como tal o en forma de mezcla, durante su transporte por ferrocarril, carretera o vía fluvial, marítima o aérea,
- residuos,
- mezclas en fase de producto terminado, destinadas al usuario final (medicamentos para uso humano o veterinario, los productos cosméticos, los productos sanitarios invasivos o que se apliquen en contacto directo con el cuerpo humano, y los alimentos y piensos).

Igualmente, conforme al artículo 31.4 del Reglamento REACH, tampoco hay obligación de proporcionar una FDS en el caso de sustancias y mezclas peligrosas puestas a disposición del público en general (consumidores, distribuidores, usuarios intermedios) que vayan acompañadas de información suficiente para que el usuario pueda tomar las medidas necesarias, a no ser que la pida un usuario intermedio o un distribuidor.

El Reglamento REACH no establece un periodo de validez de las FDS, pero sí obliga a que estas se actualicen tan pronto como se disponga de nueva información que modifique la peligrosidad del producto, las medidas de gestión de riesgos, etc. Es decir, siempre que haya cambios que hagan que la información que se muestra en la ficha ya no sea correcta. Así, los proveedores están obligados a actualizar y reeditar la FDS cuando se modifique su contenido, y en los casos descritos en el artículo 31.9 del Reglamento REACH:

- tan pronto como se disponga de nueva información que pueda afectar a las medidas de gestión de riesgos, o de nueva información sobre peligros;
- cuando se haya concedido o denegado una autorización;
- cuando se imponga una restricción.

Además, será necesario actualizar la FDS por un cambio legislativo que modifique el anexo II del Reglamento REACH, ya que este establece los requisitos relativos a la estructura y el contenido de la FDS.

Las FDS revisadas se identificarán en la primera página como “Revisión: (fecha)”, deben incluir indicaciones sobre la versión actual y la versión que sustituyen, y deben informar sobre los cambios introducidos (en la sección 16 o en otra parte de la ficha).

Esta nueva versión de la ficha se proporcionará gratuitamente, en papel o por vía electrónica, a todos los usuarios a los que se les hubiera suministrado la sustancia o la mezcla en los 12 meses anteriores.

Respecto al idioma de la FDS, es obligatorio que el proveedor de la sustancia o mezcla química facilite la ficha en el idioma oficial del Estado miembro en el que la vaya a comercializar.

4. INFORMACIÓN CONTENIDA EN LA FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Conocer la información que contiene la FDS, saber cómo se distribuye esta entre sus diferentes secciones, y comprenderla, son premisas indispensables para utilizar la ficha de manera eficaz.

Las FDS deben elaborarse siguiendo los requisitos establecidos en el anexo II del Reglamento REACH, agrupando la información en 16 secciones:

1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa.
2. Identificación de los peligros.
3. Composición/información sobre los componentes.
4. Primeros auxilios.
5. Medidas de lucha contra incendios.
6. Medidas en caso de vertido accidental.
7. Manipulación y almacenamiento.
8. Controles de la exposición/protección individual.
9. Propiedades físicas y químicas.
10. Estabilidad y reactividad.
11. Información toxicológica.
12. Información ecológica.
13. Consideraciones relativas a la eliminación.
14. Información relativa al transporte.
15. Información reglamentaria.
16. Otra información.

Además de estas secciones, algunas FDS incluyen, en forma de anexo, escenarios de exposición, uno por cada uso previsto. Estas FDS se denominan FDS ampliadas.

El Reglamento REACH define “*Escenario de exposición*” (EE) como el conjunto de condiciones, incluidas las condiciones operativas y las medidas de gestión de riesgos, que describen el modo en que la sustancia se fabrica o se utiliza durante su ciclo de vida, así como

el modo en que el fabricante o importador controla, o recomienda a los usuarios intermedios que controlen, la exposición de la población y del medio ambiente. Es decir, un EE proporciona, para un determinado uso de la sustancia, información sobre las condiciones de trabajo para manipularla de forma segura y las medidas de prevención que se deben implantar para controlar los riesgos que podrían derivarse de dicho uso en esas condiciones de trabajo, tanto para la salud de las personas como para el medioambiente.

Un EE puede, según proceda, referirse a un solo proceso o uso específico, o bien abarcar varios procesos o usos. En este último caso, el EE estará compuesto de diferentes “*escenarios de exposición contributivos*”, cada uno de los cuales describirá un uso concreto de la sustancia dentro del mismo EE (por ejemplo, siendo el EE la exposición durante la fabricación de la sustancia, un EE contributivo podría ser la exposición durante la fabricación de la sustancia en un proceso cerrado sin probabilidad de exposición, y otro EE contributivo podría ser la exposición durante la fabricación de la sustancia en un proceso continuo con exposición ocasional).

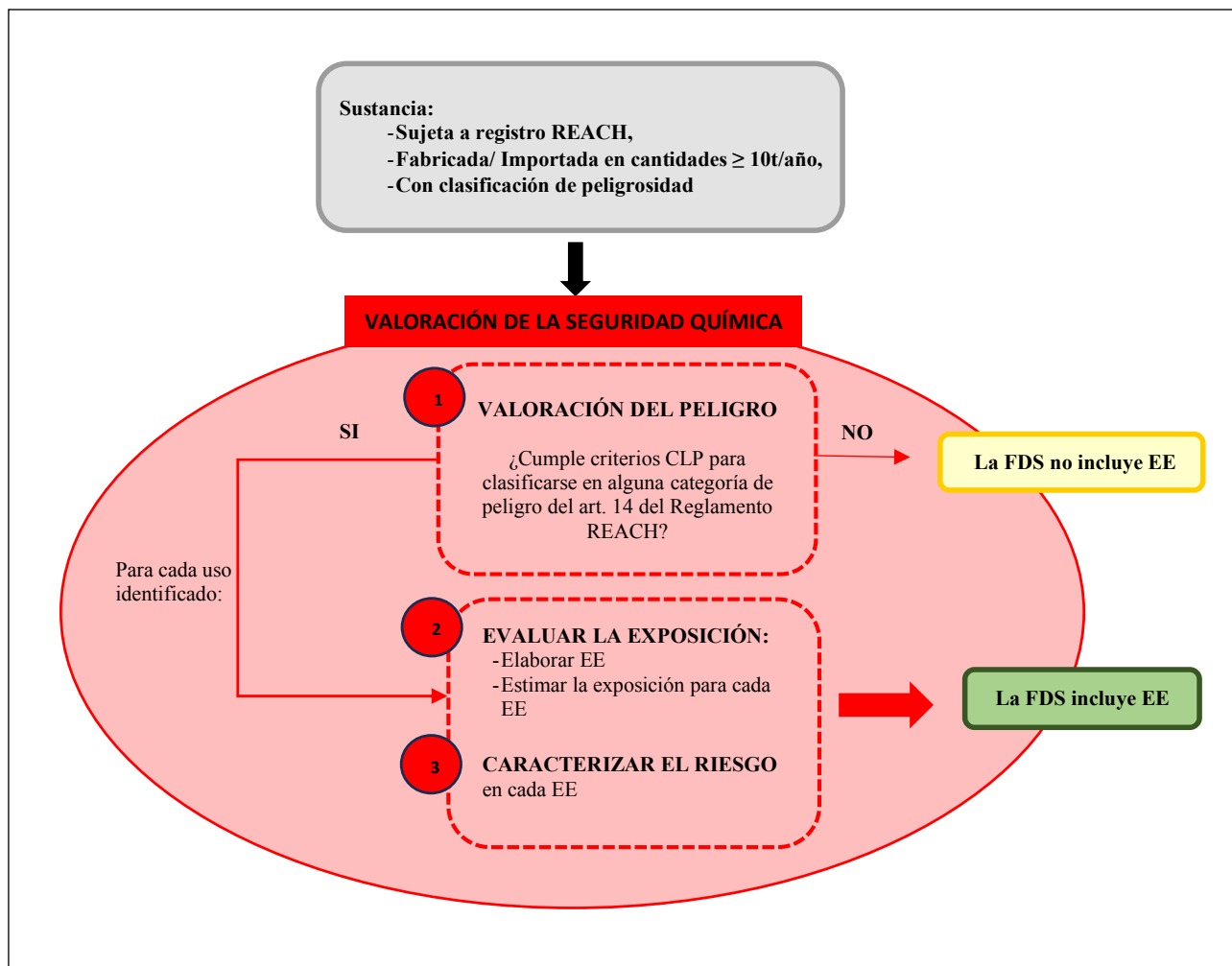
El Reglamento REACH no establece ningún formato ni contenido concreto para los EE, pero la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA), con el objetivo de armonizar en la medida de lo posible los EE recibidos desde los diferentes proveedores, propone el siguiente modelo:

1. Título del EE: esta sección incluye los usos contemplados por el EE y los EE contributivos.
2. Condiciones de uso: condiciones operativas y medidas de gestión del riesgo para cada EE contributivo.
3. Cálculo de la exposición: para cada EE contributivo indica el nivel de exposición estimado y la estimación del riesgo.
4. Orientaciones para los usuarios intermedios: consejos para interpretar los límites del EE y determinar si se trabaja cumpliendo con ellos.

Las FDS que deben incluir EE son las de aquellas sustancias, como tal o en forma de mezcla, que cumplan tres condiciones: estén sometidas a registro conforme al Reglamento REACH (esto es cuando sean fabricadas o importadas en cantidades iguales o superiores a 1 tonelada anual), sean fabricadas o importadas en cantidades iguales o superiores a 10 toneladas anuales por solicitante de registro, y reúnan criterios para ser clasificadas como peligrosas conforme al Reglamento CLP en una o varias de las categorías de peligro indicadas en el artículo 14.4 del Reglamento REACH o sean persistentes, bioacumulables y tóxicas (PBT) o muy persistentes y muy bioacumulables (mPmB).

En estos casos se debe realizar una valoración de la seguridad química, que incluirá la elaboración de los EE para cada uno de los usos identificados de la sustancia, y la evaluación de la exposición y caracterización del riesgo para cada uno de ellos. De esta forma se puede establecer, para cada uno de los posibles usos identificados de la sustancia, las condiciones operativas y las medidas de gestión de riesgos que permitirán garantizar la seguridad de los usuarios (ver figura 1). La valoración de la seguridad química quedará plasmada en el informe de seguridad química, y los EE se incorporarán a la FDS.

Figura 1. ¿Cuándo incluirá la ficha de datos de seguridad escenarios de exposición?



En el caso de las mezclas, también se pueden elaborar EE para la mezcla en sí misma, pero es complicado y tampoco se han desarrollado metodologías para ello. Siendo así, una práctica bastante extendida es que la información a incluir en la FDS de la mezcla en relación a sus condiciones de uso y medidas de gestión de riesgos, se extraiga de los EE de las sustancias peligrosas que la integran, o bien que directamente se adjunten dichos EE en su totalidad. Que se haga de una u otra forma va a depender de quién vaya a recibir la FDS de la mezcla:

- Si recibe la ficha un usuario intermedio que no sea formulador, la información relevante sobre las condiciones de uso de la mezcla se extrae de los EE de las sustancias individuales, y puede incluirse:
 - en el cuerpo de la FDS (sección 7 y 8), o
 - en un anexo de la FDS: para ello se pueden usar las llamadas plantillas SUMI (Safe Use Mixture Information). Algunas asociaciones empresariales las elaboran para las mezclas más comunes de su sector. No todos los sectores disponen de plantillas SUMI.
- Si recibe la ficha un formulador, los EE de las sustancias individuales que sean más relevantes para la clasificación de peligrosidad de la mezcla, se adjuntan en su totalidad en forma de anexo en la FDS. Existe una metodología, denominada LCID (Lead Component IDentification methodology), que ayuda a identificar el componente de la mezcla que

tiene el mayor peso en cuanto a su clasificación de peligrosidad.

La comprensión de la información contenida en la FDS va a depender en gran medida de los conocimientos de los que disponga la persona que la maneja o consulta. Algunos datos pueden ser sencillos y de interpretación inmediata, pero otros pueden precisar de un conocimiento previo para poder ser interpretados. Es el caso, por ejemplo, de los códigos numéricos para la identificación de sustancias (n° CAS, n° CE, etc), de datos fisicoquímicos como el punto de inflamación o el pH, de datos toxicológicos como la DL50 o la CL50 (dosis y concentración letal media, respectivamente), de los límites específicos de concentración, o de las categorías de peligrosidad de un producto y su significado según la normativa vigente.

Así, puede suceder que los trabajadores y trabajadoras, al leer la FDS, no entiendan los riesgos a los que están expuestos ni las medidas que deben aplicar para evitarlos o reducirlos, y también podría pasar que el personal de la empresa con competencia para proponer e implantar acciones con repercusión sobre las condiciones de trabajo, tuviera dificultades para comprender la información de las FDS y no pudiera obtener de ellas su máxima utilidad.

Por esta razón, más allá de cumplir con las obligaciones de formación e información a las personas trabajadoras que se establecen tanto en la Ley 31/1995,

de Prevención de Riesgos Laborales (art. 18 y 19) como el Real Decreto 374/2001 (art. 9) en relación a los riesgos a los que están expuestos en su puesto de trabajo, es aconsejable considerar si es suficiente con poner la FDS a disposición de las personas trabajadoras y sus representantes, o, si teniendo en cuenta el volumen y complejidad de la información que contienen las fichas, así como el grado de conocimiento de las personas que las van a manejar, puede ser necesario explicar de forma adecuada la información contenida en las mismas que vaya a ser necesaria para su puesto de trabajo.

De esta manera, conviene valorar, como primer paso en la utilización de las FDS, y de los EE, si el personal es capaz de comprender e interpretar la información contenida en las FDS que pueda tener relación con sus actividades laborales. Con esta finalidad puede ser útil disponer de las siguientes Notas Técnicas de Prevención del INSST:

- NTP 871 Regulación UE sobre productos químicos (I): Reglamento REACH
- NTP 878 Regulación UE sobre productos químicos (II). Reglamento CLP: aspectos básicos
- NTP 880 Regulación UE sobre productos químicos (III). Reglamento CLP: peligros físicos
- NTP 881 Regulación UE sobre productos químicos (IV). Reglamento CLP: peligros para la salud y para el medioambiente
- NTP 973 Reglamento CLP. Criterios generales para la clasificación de mezclas
- NTP 974 Reglamento CLP. Clasificación de mezclas: peligros para la salud
- NTP 1059 Reglamento CLP. Clasificación de mezclas: peligros para el medio ambiente
- NTP 1061 Aplicación de los escenarios de exposición del Reglamento REACH en la PRL

5. UTILIZACIÓN DE LAS FICHAS DE DATOS DE SEGURIDAD EN LA EMPRESA

Debido a su importancia para la identificación de peligros y para la prevención de los riesgos derivados de las sustancias y mezclas químicas presentes en el lugar de trabajo, podría considerarse que la utilización de las FDS forme parte del Plan de Prevención de Riesgos Laborales de la empresa (dispuesto en el artículo 16 de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales). De esta forma, la gestión de las FDS se integraría en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (artículo 1 del Real Decreto 39/1997, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención), y, por extensión, en el Sistema General de Gestión de la empresa, siendo necesario en este caso establecer las personas responsables, los procedimientos y los recursos necesarios para su gestión, en función de la complejidad de la organización y de su sistema productivo.

Como acciones principales que debe incluir una correcta gestión y utilización de las FDS destacan:

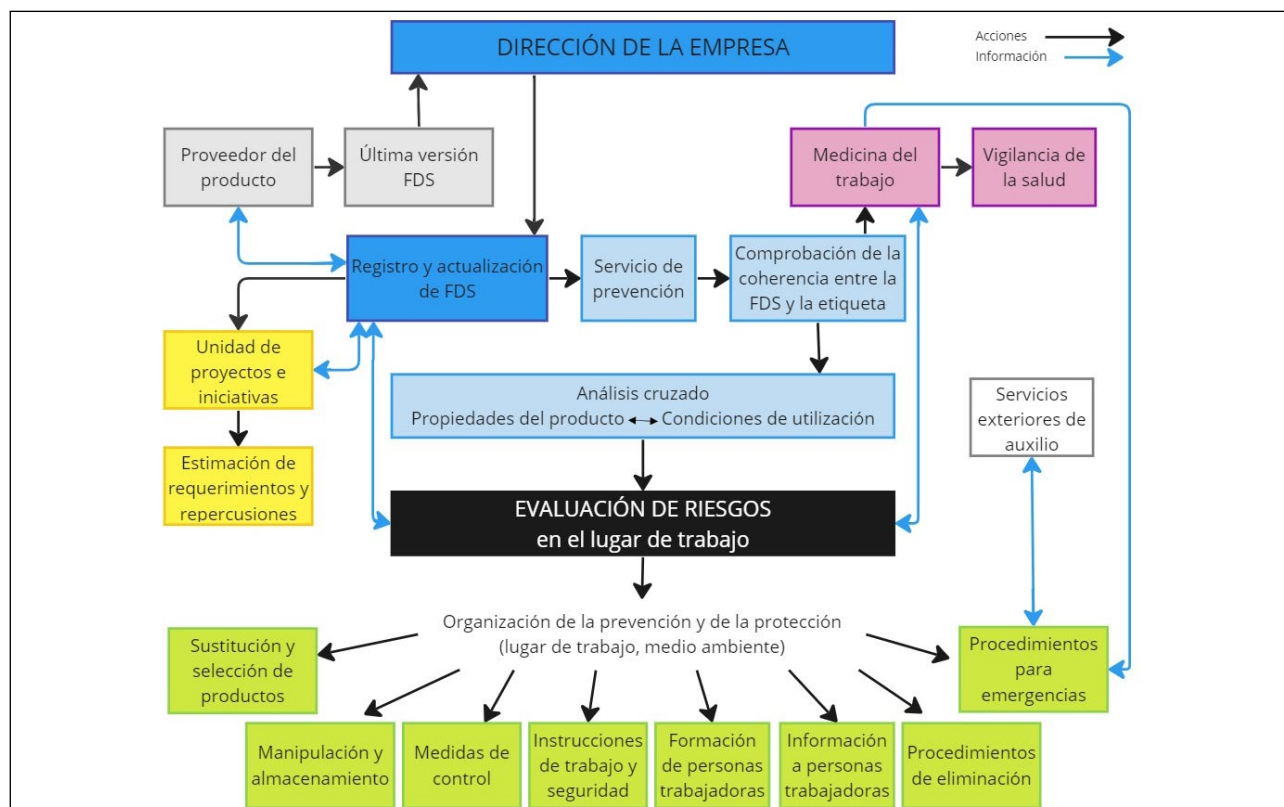
- Crear y mantener un registro actualizado de las FDS de las sustancias y mezclas químicas utilizadas en la empresa, así como de aquellas que figuren en los proyectos de nuevas actividades. Para ello es importante mantener un contacto fluido con los proveedores, y también para recabar información sobre los productos químicos que no van acompañados

de una ficha. Conviene conseguir las FDS con antelación al suministro de la sustancia o mezcla para poder decidir las mejores condiciones para su recepción, almacenado y manipulación, especialmente si se trata del primer suministro.

- Comprobar la coherencia entre la FDS y la etiqueta del producto correspondiente.
- Comprobar que el uso previsto de la sustancia o mezcla está cubierto por la FDS.
- Contrastar la información que contiene la FDS respecto a las condiciones operativas y medidas de gestión de riesgos con las condiciones de utilización del producto en la empresa y las medidas preventivas existentes, especialmente cuando se trate de un nuevo producto o cuando se reciba una nueva versión de una FDS.
- Comprobar si la FDS indica que, para el uso de la sustancia o mezcla, es de aplicación alguna legislación específica.
- Utilizar la información que proporcionan las FDS para llevar a cabo las evaluaciones de riesgos en el lugar de trabajo, mediante un análisis cruzado entre las propiedades de los productos y las condiciones de trabajo, y, en vista de los resultados, para decidir las acciones más convenientes relativas a:
 - Sustitución de productos.
 - Manipulación y almacenamiento.
 - Medidas de control.
 - Formación de las personas trabajadoras.
 - Instrucciones de trabajo y seguridad.
 - Información a las personas trabajadoras.
 - Procedimientos de eliminación.
 - Procedimientos para emergencias (incluida la información conveniente para los servicios externos de auxilio).
- Analizar la información contenida en las FDS de los productos cuya utilización esté prevista en proyectos de nuevas actividades o de modificación de las ya existentes, con el objetivo de utilizar estos datos para decidir, en las fases de concepción y diseño de las actividades, las medidas preventivas que deberían aplicarse o, si se plantea, la posible sustitución o la selección de productos menos peligrosos, así como para estimar los requerimientos técnicos, económicos o de otra naturaleza y las posibles repercusiones de la aplicación de estas medidas.
- Poner las FDS a disposición de los servicios de medicina del trabajo para su utilización al llevar a cabo la vigilancia de la salud, ya que la información contenida en ellas, junto con la información de las condiciones de uso y exposición, puede ser esencial para relacionar ciertos efectos sobre la salud con determinados resultados de la evaluación de riesgos. Así mismo, con la información de las FDS, estos servicios podrán colaborar con el Instituto Nacional de Toxicología en el proceso de establecimiento de procedimientos para las diferentes emergencias que pudieran darse.
- Tener las FDS a disposición de las personas trabajadoras y de sus representantes, de manera que puedan consultarlas siempre que lo necesiten durante la jornada laboral.

En la figura 2 se presenta un ejemplo de cómo llevar a cabo la gestión y utilización de las FDS en la empresa y de los flujos de información que se establecen a partir de ellas.

Figura 2. Gestión y utilización de la ficha de datos de seguridad



En la práctica, para usar de forma segura una sustancia o mezcla química es necesario tener en cuenta la información contenida en diferentes secciones de su FDS. En la tabla 1 se expone, a modo de ejemplo

para distintas aplicaciones (utilización, transporte, etc.), la información que sería necesario manejar y las secciones de la FDS en donde se encontraría dicha información.

Tabla 1. Aplicación de la Ficha de Datos de Seguridad

INFORMACIÓN GENERAL	Sección
Nombre del producto, del fabricante y del proveedor	1
Composición química	3
Propiedades fisicoquímicas, estabilidad y reactividad	9 y 10
Identificador único de fórmula (UFI) (para mezclas)	1
Fuentes de los datos	16
UTILIZACIÓN	Sección
Utilizaciones recomendadas y restricciones	1 y 16
Manipulación y almacenamiento	7 y 15
Valores límite de exposición	8
Protección del usuario y del medio ambiente	8
Limitaciones de comercialización y de empleo	15
TRANSPORTE	Sección
Precauciones y consejos	14
Peligrosidad para el transporte	14
PELIGROS	Sección
Seguridad: Inflamabilidad, explosividad, reactividad	2, 3, 9, 10, 15 y 16
Salud: toxicidad	2, 3, 11, 15 y 16
Medio ambiente: ecotoxicidad	2, 3, 12, 15 y 16
ELIMINACIÓN	Sección
Residuos / desechos, reciclado	13
EMERGENCIAS	Sección
Teléfono de urgencias	1
Primeros auxilios	4
Incendio	5
Fugas /vertidos	6

La información contenida en la FDS, y en los EE en el caso de FDS ampliadas, es de gran utilidad como fuente de información para la evaluación de riesgos. Sin embargo, es importante resaltar que, el mero cumplimiento de las medidas de control del riesgo incluidas en las fichas y en los EE, sin más comprobación, no es en absoluto sustitutorio de dicha evaluación. Y, si durante la evaluación de riesgos realizada en la empresa se detectara que esas medidas no son suficientes para mantener el riesgo a un nivel aceptable, el empresario está obligado a tomar las acciones correctoras pertinentes y volver a evaluar.

La persona responsable de la prevención en la empresa, al recibir una FDS debe asegurarse de que el uso que se va a hacer de la sustancia o mezcla en la empresa, así como las condiciones de uso, estén cubiertos por la ficha, ya que si no fuera así no se podría utilizar. Esta comprobación puede resultar complicada de llevar a cabo en FDS ampliadas por la dificultad de manejar y entender los EE. Si se cree que el uso de la sustancia en la empresa no está cubierto por un EE, o sí, pero que las condiciones de uso implantadas en la empresa no están contempladas como condiciones de uso seguras dentro del EE, habría que contactar con el proveedor de la sustancia o mezcla para asegurarnos de que efectivamente es así. Si se estuviera ante alguna de estas dos situaciones se podrá optar por una de las siguientes actuaciones:

- Sustitución: sustituir el proceso por otro que no requiera la sustancia, o bien, sustituir la sustancia por otra que no presente peligro o por otra que en su FDS incluya un EE que cubra el uso y las condiciones de uso propias.
- Cambiar de proveedor: encontrar otro proveedor que suministre la sustancia y que en su FDS incluya un EE que cubra el uso y las condiciones de uso propias.
- Adaptar las condiciones de uso: adaptar las condiciones de uso propias a las descritas en el EE que cubre el uso.
- Notificar el uso o las condiciones de uso al proveedor: notificar nuestro uso para que el proveedor de la sustancia lo incluya como uso identificado en un EE, o notificar nuestras condiciones de uso para que el proveedor las incluya en el EE correspondiente.
- Preparar un informe sobre la seguridad química (ISQ) para registrar el uso propio en la ECHA. En el anexo

XII del Reglamento REACH, se describe el proceso que seguirá el usuario intermedio a la hora de evaluar la seguridad química de las sustancias y elaborar el correspondiente ISQ.

Puede consultar el documento de la ECHA *Orientación para usuarios intermedios* para ampliar información sobre las actuaciones comentadas.

Es conveniente tener en cuenta que la información que proporcionan las FDS no solo sirve para situaciones laborales existentes, sino también para situaciones aún en fase de proyecto. En este último caso, la consulta de las FDS de los productos químicos peligrosos que se utilizarán permite establecer las condiciones de manipulación y utilización que serán más adecuadas para prevenir los posibles riesgos debidos a su presencia en los puestos de trabajo. Este conocimiento previo es importante ya que permite incorporar las medidas preventivas en la fase inicial de diseño, pudiendo seleccionar de antemano aquellas que serán más adecuadas, logrando así que sean efectivas y evitar posibles gastos futuros derivados de la corrección de medidas preventivas inadecuadas o insuficientes. Además, este conocimiento previo va a permitir realizar una mejor estimación del coste global del proyecto y de sus requerimientos en aspectos relacionados, como la formación y la vigilancia de la salud.

El mantenimiento del registro y la actualización de las FDS conviene que se lleve a cabo de forma asociada a la gestión de los suministros en la empresa, para asegurar de este modo el mejor contacto con los proveedores, que son los que deben proporcionar las FDS.

La unidad encargada del registro de las FDS es clave para la gestión eficaz de la información y comunicación del riesgo químico en la empresa. Esta unidad deberá facilitar la circulación de las fichas en la empresa, principalmente poniéndolas a disposición de las personas trabajadoras y sus representantes, del Servicio de Prevención, del Servicio de Vigilancia de la Salud y, si las hubiera, de las unidades responsables de proyectos e iniciativas, y además puede tramitar las solicitudes de información sobre los agentes químicos que dichas unidades le formulen.

BIBLIOGRAFÍA

Reglamento (CE) N° 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas, por el que se crea la agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento (CEE) no 793/93 del Consejo y el Reglamento (CE) no 1488/94 de la Comisión, así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión (Reglamento REACH). Disponible en: [EUR-Lex - 02006R1907-20231201 - ES - EUR-Lex \(europa.eu\)](http://eur-lex.europa.eu/LexUri.do?uri=CELEX:32006R1907:ES-ES)

Reglamento (CE) N° 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre 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). Disponible en: [EUR-Lex - 02008R1272-20231201 - ES - EUR-Lex \(europa.eu\)](http://eur-lex.europa.eu/LexUri.do?uri=CELEX:32008R1272:ES-ES)

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/l/1995/11/08/31/con>

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/01/17/39/con>

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. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2001/04/06/374/con>

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 el lugar de trabajo**. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/2927460/Gu%C3%ADa%20t%C3%A9cnica%20para%20la%20evaluaci%C3%B3n%20y%20prevenci%C3%B3n%20de%20los%20riesgos%20relacionados%20con%20agentes%20qu%C3%ADmicos%202022.pdf>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. GUARDINO SOLÁ X. **Regulación UE sobre productos químicos (I): Reglamento REACH**. INSST, 2010. Notas técnicas de prevención: NTP 871. Disponible en: <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/856a890/871w.pdf>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. GUARDINO SOLÁ X. **Regulación UE sobre productos químicos (II). Reglamento CLP: aspectos básicos**. INSST, 2010. Notas técnicas de prevención: NTP 878. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/328681/878w.pdf/7dbc6e10-0052-463e-a04a-5fa4e5d2b580>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. GUARDINO SOLÁ X. **Regulación UE sobre productos químicos (III). Reglamento CLP: peligros físicos**. INSST, 2010. Notas técnicas de prevención: NTP 880. Disponible en: <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/821a921/880w.pdf>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. GUARDINO SOLÁ X. **Regulación UE sobre productos químicos (IV). Reglamento CLP: peligros para la salud y para el medio ambiente**. INSST, 2010. Notas técnicas de prevención: NTP 881. Disponible en: <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/821a921/881w.pdf>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. GADEA CARRERA E, ROSELL FARRÁS M. G, ALONSO ESPADALÉ R. M. **Reglamento CLP: Criterios generales para la clasificación de mezclas**. INSST, 2013. Notas técnicas de prevención: NTP 973. Disponible en: <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/961a972/ntp-973w.pdf>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. ROSELL FARRÁS M. G, GADEA CARRERA E, ALONSO ESPADALÉ R. M. **Reglamento CLP. Clasificación de mezclas: peligros para la salud**. INSST, 2013. Notas técnicas de prevención: NTP 974. Disponible en: <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/961a972/ntp-974w.pdf>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. ALONSO ESPADALÉ R. M, GADEA CARRERA. **Reglamento CLP. Clasificación de mezclas: peligros para el medio ambiente**. INSST, 2015. Notas técnicas de prevención: NTP 1059. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/329558/ntp-1059w.pdf/23d4b446-fa44-4af4-97f9-0aa54c54fc60?version=1.0>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. SANZ ALBERT F. **Aplicación de los escenarios de exposición del Reglamento REACH en la PRL**. INSST, 2015. Notas técnicas de prevención: NTP 1061. Disponible en: <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/ntp-1061w.pdf>

Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas. **Orientación sobre la elaboración de las fichas de datos de seguridad**. ECHA, 2020. Disponible en: https://echa.europa.eu/documents/10162/23036412/sds_es.pdf/8141efc4-71b6-49a9-9bec-3e46602457b4

Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas. **Orientación para usuarios intermedios**. ECHA, 2014. Disponible en: https://echa.europa.eu/documents/10162/2324906/du_es.pdf/7ddfccf7-d0e4-4b16-96b7-5bf4aee8fbcc

Drones: utilización en la inspección de una línea eléctrica aérea

*Drones: use in power line inspection
Drones: utilisation pour l'inspection des lignes électriques*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Ana Sánchez Sauce

Servicios Centrales - Subdirección técnica (INSST)

Juan Carlos Bajo Albarracín

AMPELL CONSULTORES ASOCIADOS

En esta NTP se expone un caso práctico en el que se utiliza un dron para la inspección de una línea eléctrica aérea detallando los requisitos preventivos y aeronáuticos que deben cumplirse para desarrollar los trabajos de forma que se garantice la seguridad y salud de las personas trabajadoras.

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

El uso profesional de drones es cada vez más relevante en España ya que, en muchos casos, supone una reducción de tiempo y de costes en la realización de determinadas actividades comparado con la manera “convencional” de llevarlo a cabo. Además, su utilización puede conllevar una ventaja preventiva al eliminar o reducir la exposición de las personas trabajadoras a determinados riesgos que, en caso de materializarse, podrían tener consecuencias graves e incluso mortales. No obstante, su uso puede generar nuevos riesgos que deben ser identificados y controlados para garantizar la seguridad y salud de las personas trabajadoras. Así mismo, hay que tener en cuenta que su utilización implica que la aeronave está volando dentro del espacio aéreo y que, en consecuencia, puede generar un riesgo de colisión con otra aeronave o impacto contra una infraestructura o persona ajena a la operación de vuelo. Por todo ello, la utilización de los drones a nivel laboral requiere el cumplimiento, no solo de la normativa laboral, sino también de la normativa de seguridad aeronáutica.

A continuación, se expone un caso práctico donde una empresa eléctrica emplea un dron para realizar una inspección previa de un tramo de una línea eléctrica aérea señalando los requisitos normativos que debe tener en consideración para garantizar la seguridad y salud de las personas trabajadoras y, al mismo tiempo, asegurar que no se generen riesgos a otras aeronaves con las que comparten el espacio aéreo ni a personas ajenas a la actividad laboral durante la operación de vuelo. Para ello, se ha tomado como referencia el documento *Drones: prevención de riesgos laborales y seguridad aeronáutica* elaborado por el INSST en donde puede encontrarse más información sobre dichos requisitos.

2. ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LOS TRABAJOS

La realización de los trabajos de manera segura implica un estudio y análisis previo del tipo de vuelo que se va a realizar y de los riesgos que pueden ocasionarse, así como las características de la zona en donde se realiza y de las personas implicadas en la operación de vuelo. Ello permite categorizar el vuelo de acuerdo con la normativa de seguridad aeronáutica y, además, obtener la información necesaria para identificar los riesgos y determinar las medidas preventivas más adecuadas para garantizar la seguridad y salud y, con todo ello, realizar una adecuada gestión preventiva de la actividad.

2.1. Tipo de actividad a realizar durante el vuelo y tipo de dron

La finalidad de la operación de vuelo determina tanto el tipo de dron como los equipos o dispositivos (cámaras, sensores, etc.) que son acoplados a este y que se denominan *carga de pago*. El peso de la carga de pago y del propio dron son uno de los aspectos fundamentales para categorizar la operación de vuelo; cuanto mayor es el peso, más restrictivos son los requisitos normativos que cumplir.

CASO PRÁCTICO:

La finalidad del vuelo es realizar una inspección previa de un tramo de un tendido eléctrico, constituido por una línea eléctrica de 220 kV y torres eléctricas de 25 m de altura. Esta inspección se hace con un dron equipado con una cámara termográfica para la toma de fotografías y un sensor LiDAR (Light Detection and Ranging) para la medición de distancias y, así, obtener información que sirva para saber si es necesario realizar algún trabajo de mantenimiento sobre ella.

Teniendo en cuenta lo establecido en el Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, las características de diferentes drones existentes en el mercado y las operaciones a desarrollar, se selecciona un dron multirrotor con las siguientes características:

- Peso con baterías = 3,6 kg
- Carga máxima útil (peso máximo que puede transportar) = 2,7 kg
- Masa máxima al despegue = 9 kg
- Dimensión máxima = 0,90 m
- Velocidad = 18 m/s
- Energía cinética = 1.472,93 J
- Autonomía = 31 min
- Tipo de batería: LiPo 12 S
- Peso de baterías de LiPo (polímero de litio) = 1,35 kg aprox.
- Energía de las baterías: 227 Wh
- Etiqueta de clase: C3

El peso de los dos dispositivos que se acoplan al dron son:

- Cámara termográfica = 830 g
- Sensor LiDAR = 900 g

Esto supone que el peso total de la carga de pago es 1,73 kg (830 g+900 g) y, por tanto, puede acoplarse al dron ya que es inferior a su carga máxima útil (2,7 Kg).

Asimismo, el dron cumple con los requisitos del Reglamento Delegado (UE) 2019/945 de la Comisión de 12 de marzo de 2019 sobre los sistemas de aeronaves no tripuladas y los operadores de terceros países de sistemas de aeronaves no tripuladas.

La empresa cuenta con un programa de mantenimiento de los equipos de manera que se garantiza que es revisado y mantenido adecuadamente teniendo en cuenta el manual de instrucciones.

Por último, se conoce la distancia máxima a la que el piloto es capaz de ver el dron. Esta distancia, denominada alcance visual¹, es de 500 m.

2.2. Características de la zona de vuelo

Las características de la zona de vuelo (proximidad de los edificios, presencia de personas, orografía, etc.) y la altura del vuelo deben ser conocidas para poder determinar la categoría operacional de vuelo, planificar la operación y evitar accidentes. Además, es necesario conocer las posibles restricciones o limitaciones de uso del espacio aéreo a través de la [aplicación](#) de ENAIRE e informar de ello a la persona que operará el dron (piloto a distancia) antes de comenzar la operación. En general, está prohibido la realización de vuelos dentro de la zona de seguridad de cualquier aeropuerto o aeródromo, salvo que se acuerde un procedimiento de coordinación² con el correspondiente proveedor de servicio de tránsito aéreo. Los procedimientos de coordinación acordados deben documentarse y la empresa debe mantenerlos a disposición de la Agencia Estatal de Seguridad Aeronáutica (AESA).

Cuando se sobrevuelan espacios naturales protegidos, es necesario solicitar previamente un permiso a la comunidad autónoma correspondiente.

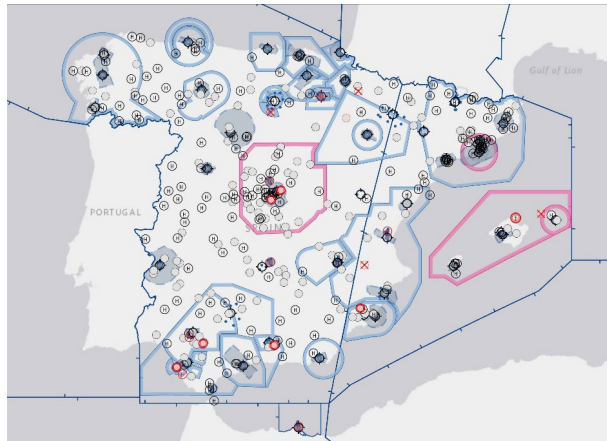
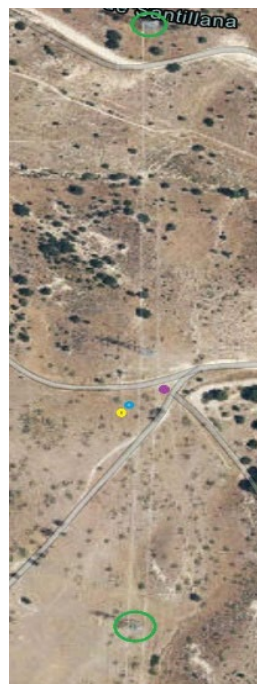


Figura 1: Prohibiciones, restricciones, zonas peligrosas y otras alertas del espacio aéreo. Fuente: Aplicación ENAIRE.

CASO PRÁCTICO:

El tramo de la línea eléctrica que se va a inspeccionar, situada en el norte de la Comunidad de Madrid, se extiende entre dos torres eléctricas idénticas de 25 m de altura. Una de ellas se encuentra próxima a la subestación La Cereal (40°35'56.4"N 3°43'21.9"W) y la otra en el punto de coordenadas 40°35'35.8"N, 3°43'21.9"W, existiendo una distancia entre ellas de 620 m aproximadamente (véase figura 2).



- Torre eléctrica
- Zona de pilotaje
- Zona de acopio de material
- Zona de despegue-aterrizaje

Figura 2: Imagen aérea de la zona donde se encuentra el tramo de la línea eléctrica aérea.

Teniendo en consideración esto, se determina la zona de pilotaje, la zona de despegue-aterrizaje y la zona de acopio de material (véase figura 2).

¹ El Reglamento 2019/947 no especifica cuál es la distancia máxima del alcance visual. No obstante, el Real Decreto 1036/2017, que regula la utilización civil de las aeronaves pilotadas por control remoto, establece el alcance visual del piloto en 500 metros de manera que puede tomarse como referencia dicha distancia para saber si la operación se realiza o no dentro del alcance visual.

² Para más información véase [Coordinación de operaciones con UAS | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento \(seguridadaerea.gob.es\)](#)

La zona de pilotaje se fija de manera que se pueda visualizar el dron durante el vuelo en todo momento, incluso en el momento de despegue y aterrizaje.

La zona de aterrizaje-despegue se encuentra aproximadamente a 10 m de la de pilotaje (véase figura 3) y está libre de ramas, piedras, etc. impidiendo que estas puedan ser proyectadas por el aire generado por el movimiento de las hélices del dron. En esta zona, el dron se coloca de manera que alrededor de él haya un espacio mínimo de 3 m libre de obstáculos.

La zona de acopio de material (maletines de transporte, sillas, mesas, etc.) está alejada de las zonas de pilotaje y despegue-aterrizaje con el fin de evitar tropiezos y caídas durante la operación y se garantiza que se mantiene ordenada en todo momento. A esta zona se accede a pie fácilmente desde el lugar donde se deja el vehículo utilizado para el traslado de todo el material que se encuentra almacenado en una nave que tiene la empresa en Alcobendas. Dicho vehículo, con ITV en vigor, tiene un mantenimiento de acuerdo con el manual de instrucciones. La distancia desde el vehículo hasta la zona de acopio de material es de aproximadamente 46 m (véase figura 3). El traslado de material hasta la zona de acopio se realiza conjuntamente entre el piloto a distancia y la persona encargada de conducir el vehículo, la cual se queda en la zona de acopio de material durante toda la operación de vuelo.







-  Zona de pilotaje
-  Zona de acopio de material
-  Zona de despegue-aterrizaje
-  Zona de aparcamiento

Figura 3: Distancia entre la zona de pilotaje y la zona de despegue-aterrizaje y entre la zona de acopio de material y el aparcamiento.

Haciendo uso de la [aplicación](#) de ENAIRE, se conocen los siguientes datos de la zona de operación de vuelo:

- A efectos de la calificación del riesgo de la operación (metodología SORA³), es clasificada como “escasamente poblada” al ser una zona agrícola.

- La única infraestructura próxima a la línea es una vía de ferrocarril que está a 171,31 m.
- Se encuentra en el espacio aéreo controlado CTR MADRID (véase figura 4) cuyo proveedor de servicios de tránsito aéreo es ENAIRE. Esto supone que la empresa realice una Evaluación y Atenuación del Riesgo Operacional (EARO) específica coordinada con ENAIRE para lo cual se sirve de los [modelos de “EARO”](#) disponibles en la propia web de ENAIRE. Para saber qué modelo utilizar, la empresa ha tenido que enmarcar primeramente el vuelo en una categoría operacional (véase apartado 3). En dicho modelo se describen las instrucciones, ordenadas cronológicamente, que la empresa debe seguir para llevar a cabo la operación de vuelo. Entre dichas instrucciones se encuentran, por ejemplo, remitir con un mínimo 10 días hábiles antes de la operación el modelo A y presentar un plan de vuelo para los servicios de tránsito aéreo según la [guía de ENAIRE](#) disponible en su web. La empresa presenta esta EARO ante AESA.
- Está próxima al Aeródromo-base aérea de Colmenar Viejo. Esto implica que se trata de una zona de protección de planes de vuelo (en inglés, Flight planning Buffer Zone– FBZ-)⁴ correspondiente a LED17 COLMENAR VIEJO (Madrid) (véase figura 5). Por ello, durante la fase de planificación del vuelo, la empresa elabora un procedimiento de coordinación con dicho aeródromo, donde se establecen las limitaciones/restricciones durante la operación de vuelo, tomando como base el [Modelo de acuerdo de coordinación entre aeródromos y helipuertos de uso restringido y operador UAS](#) disponible en la web de AESA.. La empresa mantiene siempre este procedimiento a disposición de AESA.
- Se sobrevuela la zona protegida de la Cuenca alta del Manzanares⁵ siendo necesario solicitar un permiso a la Comunidad de Madrid a través de su [página web](#) para poder realizarlo (véase figura 6).

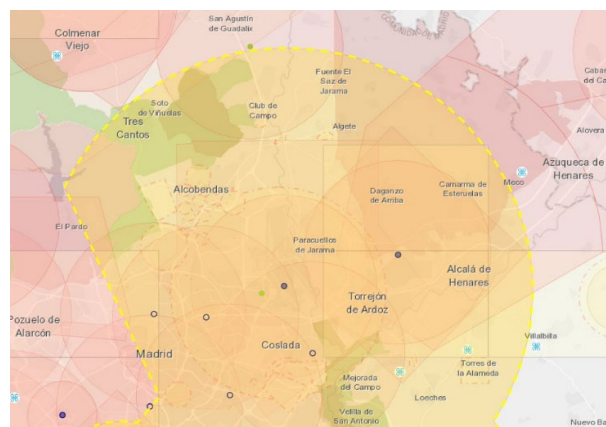


Figura 4: Espacio aéreo controlado CTR Madrid cuyo proveedor de servicios de tránsito aéreo es ENAIRE. Fuente: ENAIRE.

³ La metodología SORA (Specific Operations Risk Assessment) es una metodología de evaluación de riesgos que la AESA ha publicado como medio aceptable de cumplimiento del artículo 11 del Reglamento (UE) 2019/947.

⁴ Para más información sobre zonas prohibidas, restringidas, peligrosas y de protección de planes de vuelo, así como espacios aéreos temporalmente reservados y segregados véase [LE ENR 5_1 en.pdf \(enaire.es\)](#)

⁵ La información de los espacios naturales puede consultarse en la plataforma [Red Natura 2000](#) o en los [visores geográficos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico](#), donde se recoge el tipo de protección y datos de contacto de los responsables. No obstante, también se encuentran reflejadas en la aplicación [ENAIRE Drones](#) mediante las capas “espacios naturales protegidos” y “zonas de especial protección para las aves”.

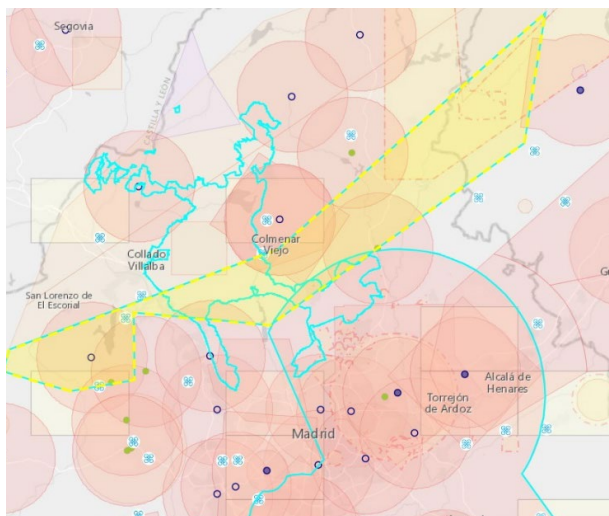


Figura 5: Zona de protección de planes de vuelo correspondiente a LED17 COLMENAR VIEJO (Madrid) controlado y gestionado por organismos del Ministerio de Defensa. Fuente: ENAIRE.

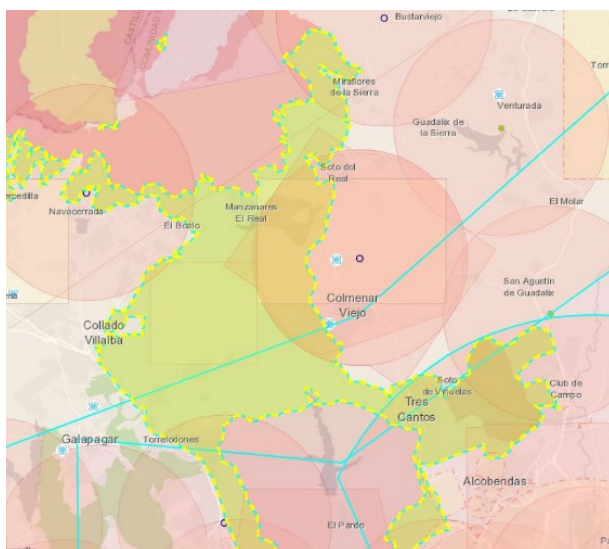


Figura 6: Detalle de la zona protegida de la Cuenca alta del Manzanares. Fuente: ENAIRE.

2.3. Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas deben ser conocidas con antelación para evitar realizar cualquier operación de vuelo en situaciones adversas que puedan suponer un riesgo para las personas trabajadoras o la estabilidad e integridad del dron teniendo en cuenta lo recogido en el manual de instrucciones. Dichas previsiones meteorológicas pueden conocerse a través de la página web de la Agencia Estatal de Meteorología (<https://www.aemet.es/es/portada>). No obstante, si en el momento de realizar la operación de vuelo las condiciones meteorológicas no son óptimas, la operación no debe ser realizada.

CASO PRÁCTICO:

A través de la página de AEMET, se obtienen las condiciones meteorológicas para los posibles días de la operación de vuelo (véase tabla 1 y tabla 2).




	Temperatura			
	Martes 16 de julio	Miércoles 17 de julio	Jueves 18 de julio	Viernes 19 de julio
8:00	 14°	 13°	 14°	 15°
14:00	 33°	 34°	 38°	 38°
20:00	 20°	 20°	 19°	 20°

Tabla 1: Temperaturas previstas en los días posibles de la operación del vuelo.

Valores de Viento	Martes 16 de julio	Miércoles 17 de julio	Jueves 18 de julio	Viernes 19 de julio
Racha máxima	15 m/s	10 m/s	9,5 m/s	11 m/s
Hora Racha	14:45	15:16	14:05	14:50
Velocidad Media	5,7 m/s	3 m/s	3,5 m/s	5 m/s

Tabla 2: Velocidad del viento prevista en los días posibles de la operación del vuelo.

De los cuatro posibles días, se elige el día 17 de julio por ser el óptimo para realizar el vuelo desde el punto de vista de la seguridad y la salud en el trabajo. Además, se comprueba que no hay impedimento para usar el dron en el día elegido teniendo en consideración las limitaciones de utilización del dron recogidas en el manual de instrucciones del fabricante (véase la tabla 3). No obstante, se solicitan los permisos y autorizaciones señaladas en apartados anteriores para los días 17, 18 y 19 de julio en previsión de que puedan cambiar.

Limitaciones de velocidad del viento	15 m/s
Resistencia a la lluvia, granizo, nieve, etc.	Cuenta con un nivel de protección IP45 que le permite salpicaduras de líquidos en todas direcciones (resistencia al agua) No será utilizado con lluvia, granizo o nieve.
Condiciones mínimas de visibilidad	5 km
Límites de la temperatura del aire	-20 a 50 °C
Formación de hielo en vuelo	Con temperaturas inferiores a -0 °C y humedad relativa superior a 80% no se podrá volar el dron.

Tabla 3: Limitaciones de uso del dron que aparecen en el manual de instrucciones del fabricante.

Por otro lado, se decide que la operación de vuelo se realice a primera hora de la jornada laboral (7:00 h) con el objetivo de que las personas trabajadoras no se vean expuestas a altas temperaturas ni a una elevada radiación solar.

2.4. Formación e información

Sin perjuicio de la formación e información preventiva que se tiene que garantizar de acuerdo con la normativa de seguridad laboral (véase apartado 4), las personas trabajadoras que intervienen durante la operación de vuelo deben disponer de la formación de capacitación adecuada a la categoría operacional del vuelo (Reglamento 2019/947) y estar informadas de las posibles limitaciones o restricciones existentes para la operación de vuelo prevista. Asimismo, cuando existan procedimientos de coordinación con un proveedor de servicio de tránsito aéreo, se debe garantizar que el piloto disponga de la formación específica indicada en los mismos (véase apartado 2.2).

CASO PRÁCTICO:

El piloto a distancia dispone de la capacitación de nivel 0, 1, 3 y 4 regulada en el Reglamento 2019/947 y los certificados de dichas formaciones están en vigor. Esto supone que puede realizar vuelos que se encuadren en cualquier categoría operacional salvo en la Categoría abierta- subcategoría A2.

Asimismo, con base en los procedimientos de coordinación establecidos, se garantiza que el piloto dispone de la formación específica indicada en los mismos como, por ejemplo, tener una formación acreditada de radiofonista. Además, se le informa de todas las restricciones y limitaciones del vuelo que debe cumplir durante el vuelo del dron de acuerdo con lo establecido en los procedimientos de coordinación (véase apartado 2.2).

En este caso no interviene ninguna persona con funciones de asistencia al piloto de drones durante el vuelo, pero sí una persona trabajadora (conductor) que conduce el vehículo y ayuda al piloto en el traslado de material desde el aparcamiento hasta la zona de acopio de material. Dicha persona debe disponer del carné de conducir B en vigor para conducir el monovolumen de la empresa.

3. GESTIÓN AERONAUTICA. CARACTERIZACIÓN OPERACIONAL DEL VUELO

Tras el análisis y la planificación de los trabajos se conoce las características de la zona de vuelo y las tareas a realizar durante el vuelo que, junto con el tipo de dron, son datos necesarios para que la empresa categorice⁶ la operación de vuelo y pueda registrarse como operadora de drones ante la AESA a través de su [sede electrónica](#). En el registro de la operación de vuelo ante la AESA es importante tener en cuenta que el dron o drones especificados, sean los mismos que aparecen en los posibles permisos solicitados (véase apartado 2.2). El número de registro digital es único y debe figurar en el dron o drones registrados.

Además, la empresa debe contratar una póliza de seguro que cubra la responsabilidad civil frente a terceros por daños que puedan surgir durante y por causa de la ejecución de cada vuelo que se realice.

⁶ Para más información sobre las categorías de vuelo, véase el anexo II del documento DRONES. Prevención de riesgos laborales y seguridad aeronáutica. A partir del 1 de enero de 2024, en la categoría específica, tanto en régimen declarativo (escenarios estándar nacionales y europeos) como en régimen de autorización operacional, se requiere que los drones estén equipados con un sistema de identificación a distancia directa (por sus siglas en inglés DRI: Direct Remote Identification).

CASO PRÁCTICO:

La empresa teniendo en cuenta que la masa máxima al despegue del dron es menor de 25 kg, la altura de vuelo requerida es 15 m por encima de la altura de los postes de la línea, es decir: $25\text{ m} + 15\text{ m} = 40\text{ m}$, y no se sobrevuela ninguna aglomeración de personas, decide enmarcar la operación de vuelo dentro de la categoría abierta- subcategoría A3 de entre las posibles categorías en las que podría enmarcarse el vuelo.

Determinada la categoría operacional, la empresa realiza el registro ante la AESA. En este caso, en el registro únicamente se hace referencia a un único dron por lo que, si en el momento de realizar la operación el dron no se encuentra en condiciones adecuadas, la operación deberá ser cancelada.

4. GESTIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES

La operación de vuelo con drones, aunque suponga una ventaja preventiva, puede dar lugar a una serie de riesgos para la seguridad y la salud de las personas trabajadoras que deben ser evaluados de acuerdo con el artículo 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) y con el capítulo II del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Los trabajos de planificación de la operación de vuelo junto con el cumplimiento de los requisitos determinados por la normativa de seguridad aeronáutica, concretamente los del Reglamento 2019/947, repercuten positivamente en la propia gestión preventiva. Ello es debido a que el análisis del tipo de vuelo a realizar y el cumplimiento de los requisitos para la gestión de la seguridad aeronáutica, contienen información que sirven para identificar los riesgos a los que pueden estar expuestos los trabajadores y establecer las medidas preventivas más adecuadas para su eliminación y control. Por tanto, una adecuada gestión integral permitirá garantizar la seguridad y salud tanto de las personas implicadas del vuelo como de las personas ajenas a la operación, además de evitar daños a edificios y bienes.

Quienes intervengan en la operación de vuelo deben ser informados de los riesgos a los que están expuestos y de las medidas de prevención y protección adoptadas frente a ellos, incluidas las medidas de emergencia de acuerdo con el artículo 20 de la LPRL. Igualmente, se debe garantizar que reciban una formación adecuada en materia de prevención de riesgos laborales conforme al artículo 19 de la LPRL sin perjuicio de la formación e información necesaria para utilizar adecuadamente los equipos de trabajo (artículo 5 del RD 1215/1997).

CASO PRÁCTICO:

Se evalúan los riesgos de la operación de vuelo teniendo en cuenta toda la información recogida durante el análisis de la tarea (véase apartado 2) para así establecer las medidas de prevención y protección más adecuadas.

A continuación, se citan algunos de los riesgos a los que se encuentra expuesto el **piloto a distancia** y las posibles medidas preventivas frente a ellos:

- **Riesgos ergonómicos** consecuencia del traslado de material necesario para la operación del vuelo desde el área de aparcamiento hasta las zonas de acopio de material y de despegue-aterrizaje establecidas (véase apartado 2.2). A pesar de que las distancias a recorrer son cortas (inferiores a 50 m) y que la carga es inferior a 15 kg, pueden producirse trastornos musculoesque-

léticos, principalmente dorsolumbares. La orografía impide el uso de maletines con ruedas o el uso de una carretilla para transportar el material. Por ello, se le forma de cómo realizar un correcto levantamiento⁷ y transporte de los materiales.

Además, durante la operación del vuelo, el piloto realiza movimientos repetitivos al manipular el mando de control del dron y debe mantener una postura semiestática. Ello hace que se determine la necesidad de realizar ejercicios de estiramientos antes y después del manejo del dron con el objetivo de reducir posibles lesiones en las extremidades superiores. Asimismo, el mando de control dispone de una correa para ser colgado al cuello y así minimizar el peso mantenido del mando durante la operación de vuelo.

El calzado del piloto dispone de absorción de energía del tacón adecuado para largos periodos de bipedestación con el objetivo de minimizar las consecuencias de mantener una postura de pie semiestática. También se pone a disposición del piloto una silla para poder sentarse en los momentos en donde no requiera estar de pie.

- **Riesgos psicosociales** relacionados con la carga mental y estrés⁸, consecuencia del trabajo de precisión necesario para evitar que el dron choque con la línea o una torre eléctrica.

Una formación adecuada sobre el uso del dron hace que el piloto adquiera una sensación de control y dominio de su trabajo reduciendo el estrés y ansiedad durante el vuelo. Asimismo, es recomendable otorgar al piloto autonomía para poder parar la operación de vuelo y poder realizar un descanso si lo considera necesario y oportuno.

- **Riesgo de corte con las hélices** durante las tareas de comprobación del estado del dron, de mantenimiento o de sustitución de componentes siendo necesario por ello, el uso de guantes en dichas tareas además de seguir siempre las instrucciones del fabricante.

- **Riesgos de caída al mismo nivel** consecuencia de la orografía de la zona. Por ello, se determinó como zona de pilotaje un área libre de obstáculos, lo más horizontal posible y lejos de desniveles para evitar caídas o tropezos del piloto durante la operación de vuelo.

En relación con el calzado, además de la suela con absorción de energía, este tiene también protección del tobillo para minimizar posibles daños por tropezos.

- **Riesgo eléctrico** por la proximidad a una línea eléctrica área. Ante ello, la ubicación de la zona de pilotaje, de la zona de acopio de material y de la zona de despegue-aterrizaje se han determinado a gran distancia de las torres eléctricas de manera que en ningún momento se invade la zona de proximidad ni la zona de peligro establecidas en 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, eliminando el riesgo en su origen.

- **Riesgo de incendio o explosión** consecuencia

de la propia batería del dron o del choque de este contra la línea eléctrica.

Las baterías de litio pueden dañarse como consecuencia de una sobrecarga eléctrica (durante la carga o la descarga), un sobrecalentamiento (causada por fuentes externas de calor o de energía) o por impactos y, por tanto, incendiarse o explotar. Se comprueba que se dispone de todos los dispositivos necesarios para realizar la carga de las baterías en condiciones de seguridad y esta se realiza, al igual que su mantenimiento, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Las baterías, durante el traslado y cuando no sean utilizadas, se deben guardar en su correspondiente maletín (estación de baterías inteligentes) con el fin de que no se deterioren o dañen.

En el caso de que la batería esté dañada o defectuosa, no se debe utilizar y se debe desechar correctamente.

- **Riesgos higiénicos** asociados a las condiciones meteorológicas a la que está expuesto el piloto a distancia durante la operación y al ruido generado por el movimiento de las hélices o de las aeronaves procedentes del aeropuerto y aeródromo.

Se comprueba que no existe ninguna alerta/aviso meteorológico en las posibles fechas de operación de vuelo. Asimismo, teniendo en cuenta las previsiones meteorológicas de la fecha de operación de vuelo elegida (17 de julio), se planifica para que se realice a primera hora de la jornada laboral para evitar las horas centrales del día en las que se prevé las temperaturas más elevadas. Se determina también la necesidad usar protección solar, gafas de sol y protección para la cabeza. Asimismo, se recomienda que el piloto lleve una vestimenta holgada, ligera y transpirable.

Además, el piloto debe llevar un protector auditivo como medida de protección frente al ruido generado por las hélices del dron en funcionamiento y se le dota de agua para evitar una posible deshidratación.

En relación con el **conductor**, algunos a los riesgos a los que se encuentra expuesto y las posibles medidas preventivas derivadas de la correspondiente evaluación de riesgos son:

- **Riesgos asociados a la seguridad vial** ya que para acceder a la zona de vuelo conduce un monovolumen con fecha de matriculación en el año 2016 perteneciente a la empresa. Por ello, es necesario que se realice un adecuado mantenimiento y tenga la correspondiente ITV en vigor. Además, se debe garantizar una formación relativa a seguridad vial⁹ y que se disponga del carné de conducir acorde al tipo de vehículo, en este caso el carné tipo B.
- **Riesgos ergonómicos** consecuencia de la conducción del vehículo como, al igual que el piloto a distancia, de la manipulación manual del material desde el área de aparcamiento hasta la zona de acopio de material. Por lo que para evitar trastornos musculoesqueléticos se garantiza que el conductor recibe una formación preventiva en materia de manipulación manual de cargas⁷. Por otro lado, puesto que el conductor durante la operación del vuelo no realiza ninguna actividad, se le dota de una silla

⁷ Para más información sobre manipulación manual de carga, véase la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas.

⁸ Para más información sobre la prevención de carga mental y el estrés en el trabajo, diríjase al portal Riesgos Psicosociales del INSST.

⁹ Para más información, diríjase al portal Seguridad Vial Laboral del INSST.

para poder sentarse durante el tiempo de duración de la operación de vuelo.

- **Riesgos higiénicos** asociados a las condiciones meteorológicas a la que está expuesto mientras que se realiza la operación de vuelo. Del mismo modo que en el caso del piloto, teniendo en cuenta la previsión meteorológica se define la necesidad de llevar una vestimenta holgada, ligera y transpirable y usar protección solar, gafas de sol y protección para la cabeza. También se le proporciona una pequeña carpa/sombrilla donde resguardarse del sol y protectores auditivos como medida de protección frente al ruido generado por las hélices del dron en funcionamiento y se le dota de agua para poder hidratarse.

En relación con las medidas de emergencias, se debe disponer de un extintor portátil para caso de pequeños conatos de fuego y de un teléfono para llamar a los servicios de emergencia en caso de que el incendio se propague. Tanto el piloto como el conductor son formados para un uso correcto del extintor portátil.

El piloto y el conductor son informados de los riesgos a los que pueden estar expuestos y reciben la información y formación correspondiente a las medidas de prevención y protección adoptadas, así como de las medidas de emergencia.

Por último, el piloto recibe una formación específica sobre la utilización correcta del dron y de los equipos que se acoplan a este.

5. OPERACIÓN DE VUELO

La operación de vuelo con drones debe realizarse bajo la categoría operacional y con el tipo de dron para el que se encuentra registrado ante la AESA y, en su caso, cumplir con las limitaciones/restricciones establecidas en los procedimientos de coordinación (véase apartado 2.2).

Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, a las personas implicadas en la operación se les debe de dotar de todas las medidas de prevención y protección necesarias, así como informarlas y formarlas de los riesgos a los que pueden verse expuestos y cómo utilizar adecuadamente dichas medidas.

CASO PRÁCTICO:

Antes de realizar la operación de vuelo, se comprueba que se dispone de toda la documentación aeronáutica necesaria (permisos y autorizaciones) para poder realizar el vuelo. Además, se verifican aspectos como que:

- Las condiciones meteorológicas son adecuadas y no suponen ningún riesgo para la seguridad y salud de las personas trabajadoras.
- Las personas trabajadoras disponen de la formación e información necesaria y adecuada para desarrollar la operación de vuelo en condiciones seguras.
- Los equipos de trabajo están en buenas condiciones y se dispone de todos los medios de prevención y protección necesarios y en buen estado.
- El dron, tras su montaje, se encuentra en condiciones de operar. En caso de que no se encuentre en condiciones adecuadas, la operación debe ser cancelada ya que, en los procedimientos de coordinación, permisos y en el registro ante la AESA únicamente se ha identificado dicho dron (véase apartados 2.2 y 3).
- La zona de vuelo, de acopio de material y de despe-

gue-aterrizaje coincide con las características para las que se planificó la operación y no existen riesgos que no se hubieran tenido en cuenta durante la planificación como consecuencia de cambios en la zona como, por ejemplo, otros tendidos eléctricos, presencia de personas en la zona, etc.

- La zona de pilotaje cumple con los requisitos determinados en la planificación de la operación de vuelo, está libre de obstáculos y permite la visibilidad del dron en todo momento.
- La comunicación con los proveedores de servicio de tránsito aéreo es adecuada de acuerdo con los procedimientos de coordinación establecidos. En caso de no poderse comunicar con alguno de ellos, no se realiza la operación.

Verificados los requisitos previos a la operación del vuelo y colocados todos los equipos de protección, el piloto pone en funcionamiento el dron. En este momento, únicamente el piloto debe encontrarse en la zona de despegue-aterrizaje. Este comprueba que existe señal entre el dron y el mando de control remoto (emparejamiento del dron) de manera que, en caso contrario, procede a su emparejamiento. A continuación, el piloto debe dirigirse a la zona de pilotaje definida e iniciar el despegue del dron elevándolo a una altura aproximada de 2 m y mantenerlo en posición estacionaria durante, al menos, 30 segundos para comprobar su correcto funcionamiento y estabilidad. Tras ello, el piloto debe hacer volar el dron haciendo el recorrido de toda la línea eléctrica para realizar su inspección tomando fotografías que se analizarán posteriormente. Durante esta operación, el piloto debe ser consciente en todo momento de la situación, estando alerta ante cualquier obstáculo o cambio en las condiciones climáticas que puedan afectar al vuelo del dron o a su propia integridad. Asimismo, durante el vuelo, no debe haber pérdida de comunicación entre el dron y todos los dispositivos que participen en el vuelo (seguridad de la red) conocido como "C2 Link"¹⁰.

Finalizada la toma de fotografías en toda la línea objeto de la inspección, el piloto aterriza el dron en la zona de despegue-aterrizaje establecida. A dicha zona no debe acceder nadie hasta que se haya procedido a la parada total de las hélices. Tras lo cual, se apaga el dron y se informa a los proveedores de servicio de tránsito aéreo de la finalización de la operación.

6. CONCLUSIONES

Las tareas con drones en el ámbito laboral cada vez son más frecuentes como consecuencia de las diversas ventajas, económicas al reducir el coste y tiempo de ejecución de una tarea, de eficacia al poder utilizarse en zonas de muy difícil acceso e incluso preventivas al facilitar el cumplimiento de algunas de las obligaciones establecidas en el marco de la normativa de prevención de riesgos laborales. Su utilización también permite reducir o eliminar la exposición a determinados riesgos laborales como en el caso práctico expuesto en esta NTP donde se evita tener que subir a una torre eléctrica para conocer el estado de una línea eléctrica, sino que la inspección del estado de la línea se realiza con un dron equipado con una cámara lo que permite eliminar riesgos como, por

¹⁰ Este tipo de seguridad impide que terceras personas puedan utilizar sistema de comunicaciones y tomar control o manipular la configuración del dron, creando una situación de riesgo durante la ejecución del vuelo.

ejemplo, caída en altura o contacto eléctrico cuyas consecuencias pueden ser muy graves e incluso mortales. Sin embargo, su utilización supone el uso del espacio aéreo teniendo que cumplir con la normativa de seguridad aeronáutica y puede ocasionar la aparición de riesgos que deben ser evaluados y controlados. Ello implica aplicar dos marcos normativos diferentes, el de prevención de riesgos laborales y el de seguridad aeronáutica, para poder realizar una adecuada gestión preventiva y garantizar así la seguridad y la salud.

Una adecuada gestión preventiva de las actividades laborales con drones supone un análisis concreto del tipo de vuelo y conocer detalladamente la zona donde se va a ejecutar, así como de la clase de dron a utilizar. Esto permite, desde el punto de vista de la seguridad aeronáutica, enmarcar la operación en una de las posibles categorías de vuelo y, con ello, entre otros requisitos, fijar

la formación de capacitación necesaria del piloto y las posibles limitaciones o restricciones de vuelo. Desde el punto de vista de la seguridad laboral, permite conocer la tarea y las condiciones de trabajo existentes para evaluar los posibles riesgos y adoptar las medidas preventivas y de protección más adecuadas para garantizar la seguridad y salud de las personas trabajadoras, además de la información y formación preventiva específica y necesaria para ejecutar la tarea en condiciones de seguridad.

Por último, en relación con las responsabilidades de las personas trabajadoras que intervienen en operaciones de vuelo, la normativa aeronáutica fija una serie de obligaciones en función de la categoría operacional del vuelo estando algunas de ellas recogidas también en la normativa de prevención de riesgos laborales como, por ejemplo, usar adecuadamente los equipos de trabajo o paralizar la tarea en caso de riesgo grave e inminente.

BIBLIOGRAFÍA

[Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.](#)

[Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.](#)

[Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.](#)

[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.](#)

[Real Decreto 1036/2017, de 15 de diciembre, por el que se regula la utilización civil de las aeronaves pilotadas por control remoto, y se modifican el Real Decreto 552/2014, de 27 de junio, por el que se desarrolla el Reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea y el Real Decreto 57/2002, de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Aérea.](#)

[Reglamento de Ejecución \(UE\) 2019/947 de la Comisión de 24 de mayo de 2019 relativo a las normas y los procedimientos aplicables a la utilización de aeronaves no tripuladas.](#)

[Reglamento Delegado \(UE\) 2019/945 de la Comisión, de 12 de marzo de 2019, sobre los sistemas de aeronaves no tripuladas y los operadores de terceros países de sistemas de aeronaves no tripuladas.](#)

Agencia Estatal de Seguridad Aérea. Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. Artículo: [España termina 2023 con más de 94.000 operadores de drones registrados en AESA](#)

Aplicación web [ENAIRe Drones](#).

Plan Estratégico para el desarrollo del sector civil de los drones en España. Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. Disponible en: [Plan Estratégico para el desarrollo del sector civil de los drones en España 2018-2021 | Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana \(mitma.gob.es\)](#)

Plataforma Red Natura 2000. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Disponible en: [Red Natura 2000 \(miteco.gob.es\)](#)

Visores geográficos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Disponible en: [Acceda a nuestros visores geográficos \(miteco.gob.es\)](#)

Sede electrónica de la Comunidad de Madrid: [Autorización de actividades y obras en el medio natural y espacios protegidos. Actividades y obras espacios naturales.](#)

Web de la Agencia Estatal de Meteorología: <https://www.aemet.es/es/portada>

Guía sobre requisitos y limitaciones al vuelo de UAS en función del lugar de operación (zonas geográficas de UAS). Agencia Estatal de Seguridad Aérea. Disponible en: [Coordinación de operaciones con UAS | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento \(seguridadeaerea.gob.es\)](https://www.aesa.gob.es/operaciones)

Guía evaluación de riesgo operacional. Agencia Estatal de Seguridad Aérea. Disponible en: [UAS-OPR-P01-DT07 Ed.1 Guia.evaluación.riesgo \(seguridadeaerea.gob.es\)](https://www.aesa.gob.es/operaciones)

Sede electrónica Registro de operadores de UAS. Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

Guía sobre el contenido del Manual de Operaciones. Agencia Estatal de Seguridad Aérea. Disponible en: [Operaciones con UAS/Drones - Categoría Específica | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento \(seguridadeaerea.gob.es\)](https://www.aesa.gob.es/operaciones)

[Explanatory Note to Decision 2022/002/R - Regular update of the acceptable means of compliance and guidance material to Regulation \(EU\) 2019/947 on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft.](https://www.easa.europa.eu/en/explanatory-note-to-decision-2022-002/r-regular-update-of-the-acceptable-means-of-compliance-and-guidance-material-to-regulation-(eu)-2019-947-on-the-rules-and-procedures-for-the-operation-of-unmanned-aircraft)

Cuestionario de categorización de operaciones. Agencia Estatal de Seguridad Aérea. Disponible en: [cuestionario](https://www.aesa.gob.es/operaciones)

Drones;prevención de riesgos laborales y seguridad aeronáutica-Año 2023. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/drones-prevencion-de-riesgos-laborales-y-seguridad-aeronautica-2023>

[Portal Riesgos Psicosociales](https://www.insst.es/portal-riesgos-psicosociales) del INSST.

[Portal Seguridad Vial Laboral](https://www.insst.es/portal-seguridad-vial-laboral) del INSST.

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas. INSST. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/guia-tecnica-para-la-evaluacion-y-prevencion-de-los-riesgos-relativos-a-la-manipulacion-manual-de-cargas>

Vitrinas de gases: su integración en el laboratorio.

*Fume cupboards. Installation in the laboratory.
Sorbonnes. Exigences d'installation le laboratoire.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Javier Pla Figueroa.

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS. INSST.

Beatriz Martín Pérez.

CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA. INSST.

Antton Altube Basterretxea.

HIBLAB.

Las vitrinas de gases son dispositivos de protección colectiva frente a los riesgos derivados de la exposición a agentes químicos. Además de su adecuada selección, como se indica en la NTP 1188 “Vitrinas de gases: requisitos de seguridad, tipos y selección”, es esencial su correcta integración en los centros de trabajo para lograr un control eficaz de los agentes químicos en las áreas o zonas en que serán ubicadas.

Esta NTP actualiza la información ofrecida en la NTP 646 “Seguridad en el laboratorio: selección y ubicación de vitrinas” en lo que respecta a la situación de las vitrinas en los laboratorios, y complementa la indicada en la NTP 672 “Extracción localizada en el laboratorio”, aportando criterios orientativos para comprobar el estado del sistema de extracción de las vitrinas. En ella se indican aspectos a tener en cuenta para el correcto emplazamiento e instalación de las vitrinas de gases en los laboratorios, de manera que sean correctamente integradas en estos y estén en condiciones de responder a su finalidad prevista.

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 presencia y uso de vitrinas de gases es habitual en los laboratorios de centros de trabajo tales como instalaciones industriales, institutos, universidades y centros de investigación, entre otros posibles. La continua innovación tecnológica ha hecho que, con el paso del tiempo, hayan evolucionado las maneras de diseñar, ensayar, instalar y mantener estos equipos, estableciéndose estándares de referencia diversos encaminados a garantizar el correcto funcionamiento de las vitrinas desde el momento de su puesta a disposición hasta el final de su vida útil. En este documento, se contemplan aspectos trascendentes en la instalación de vitrinas en laboratorios para su **integración física en los espacios de trabajo y su integración técnica con las demás instalaciones**, entre los que se pueden destacar:

- El **diseño del laboratorio y su entorno**. Su configuración y características influyen significativamente en la selección de la vitrina más idónea y también en las acciones a realizar para su integración en el lugar de trabajo.
- La **ubicación de la vitrina**. Su emplazamiento condiciona en gran medida la eficacia de la vitrina y, por tanto, también la seguridad y salud de quienes las utilicen.
- La **instalación de climatización y el conjunto de las instalaciones** para servir lo que demanda

cada vitrina de gases en concreto. La disposición física de las instalaciones y sus características son determinantes para que la vitrina pueda responder adecuadamente a su uso previsto. Asimismo, la antigüedad, configuración, estado de conservación y el mantenimiento realizado a lo largo del tiempo de estas instalaciones pueden incidir en la eficacia de la vitrina.

Parte de los criterios y recomendaciones que se indican en esta NTP tienen como referencia la serie de normas UNE-EN 14175 “Vitrinas de gases” y, la norma UNE-EN 14056:2004 “Mobiliario de laboratorio. Recomendaciones para el diseño y la instalación”. Cabe indicar que las citadas normas no son de obligado cumplimiento, salvo que así se establezca en una disposición normativa vigente.

2. DISEÑO DEL LABORATORIO Y SU ENTORNO

La configuración del laboratorio y su entorno en cuanto a sus características espaciales condiciona en gran medida el emplazamiento donde ubicar la vitrina. En la tabla 1 se contemplan algunos aspectos relacionados con el diseño y su relevancia para una integración coherente de la vitrina en el local.

Aspectos del diseño	Relevancia
Distribución de presiones	El reparto de presiones es determinante en la dirección y sentido del movimiento del aire. Si se desea que el local donde se encuentra la vitrina y el conducto que transporta el aire contaminado queden en depresión respecto a la presión atmosférica es altamente recomendable valorar la posibilidad de extraer aire del local mediante ventiladores situados en el exterior o en lugares tales como azoteas u otros emplazamientos que ofrezcan las debidas garantías teniendo en cuenta la normativa vigente. La capacidad del laboratorio de compensación del aire primario es clave en el reparto de presiones.
Espacios técnicos verticales y zonas de ubicación de maquinaria (por ejemplo, extractores, unidades de tratamiento de aire (UTAs))	El espacio físico requerido para el trasiego de flujos de aire de extracción y compensación puede variar sustancialmente según el número de vitrinas. Una correcta elección de los emplazamientos donde ubicar los ventiladores y los conductos de extracción es trascendente para garantizar su funcionalidad, facilitar el acceso seguro a estos, facilitar las acciones de mantenimiento y limpieza de las instalaciones y, para evitar situaciones peligrosas para el personal que ejecuta estas u otras tareas.
Distribución de escaleras, pasillos, salas, patios técnicos, azoteas, conductos de ventilación y difusores, falsos techos, ascensores, montacargas, etc.	Puede ser determinante en la operativa de trabajo diario para el uso y mantenimiento seguro de las vitrinas. Así, por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> • la ubicación y emplazamiento de los conductos de ventilación y difusores es relevante para evitar corrientes de aire indeseadas en el entorno de la vitrina de gases; • la altura de los falsos techos influye en la colocación y localización de las luminarias, aspecto que a su vez incide en la distribución de los niveles de iluminación en el entorno de trabajo; • el traslado de materiales para instalar la vitrina, repararla, mantenerla o comprobar su estado puede verse facilitado o dificultado por la configuración física del edificio y del propio laboratorio.

Tabla 1. Aspectos del diseño del laboratorio y su entorno y su relevancia en la integración de la vitrina

Además, el diseño del laboratorio y su entorno condiciona en gran medida la forma en la que llevar a cabo las actividades a realizar en la vitrina. Así, en el caso de un laboratorio en el que se desea instalar una vitrina para realizar experimentos que precisan de montajes diversos (por ejemplo, destilaciones, procesos de síntesis, etc.) y en los que se trabajará con gran variedad de productos químicos:

- La ubicación de las dependencias que contienen los materiales para los montajes (por ejemplo, matraces, probetas, refrigerantes, etc.) incide en los recorridos a seguir por el personal desde ellas hasta la vitrina o desde la vitrina hasta ellas. En ese contexto, una ubicación que facilite el traslado de los materiales puede contribuir, por ejemplo, a reducir la fatiga física de las personas y el riesgo de caída de objetos en manipulación.
- La existencia de superficies de trabajo en las proximidades de la vitrina puede contribuir a facilitar la realización de las tareas, permitiendo disponer de los útiles y materiales necesarios para las mismas cerca de la persona usuaria de la vitrina y reduciendo la posibilidad de que sobrevengan situaciones peligrosas (por ejemplo, por falta de espacio dentro de la vitrina, por desplazamientos de reactivos químicos, etc.).
- La forma de gestionar el almacenamiento de productos químicos puede incidir en que los posibles peligros (por ejemplo, derrames, incendios o explosiones) por la presencia de estos se encuentren controlados o que por el contrario no lo estén. Cabe recordar la importancia que tiene mantener activa la ventilación de los almacenamientos. En este sentido, el almacenamiento debería seguir buenas prácticas preventivas teniendo en cuenta los requisitos establecidos por la normativa vigente. Véase el documento “Buenas prácticas para el almacenamiento de productos químicos peligrosos”, elaborado por el INSST.

Cabe destacar que las instalaciones eléctricas y mecánicas que han de servir a una vitrina de gases deberían considerarse también en su conjunto como parte del entorno de la vitrina, teniendo en cuenta los posibles aspectos técnicos en la distribución de dichas instalaciones que

puedan influir en la elección del emplazamiento más idóneo de estas. En cualquier caso, deberá preverse la normativa existente (por ejemplo, atmósferas explosivas, extinción de incendios, equipos a presión, agentes químicos, etc.) para que las instalaciones donde se desea ubicar la vitrina se ciñan a lo dispuesto en la misma.

En definitiva, las características del laboratorio y de su entorno y las de las actividades que se realizan en él condicionan las medidas preventivas a aplicar, ya sea en la integración de la vitrina en el laboratorio, en su uso diario una vez instalada, o cuando se precise proceder a su reparación o mantenimiento.

3. UBICACIÓN DE LA VITRINAS DE GASES

Para la correcta ubicación de la vitrina es necesario tener presente factores como las entradas de aire, las distancias a considerar y la eficacia de las vías de evacuación.

Entradas de aire

En relación con las entradas de aire en la sala donde se encuentra la vitrina de gases, es necesario tener en cuenta, entre otros posibles parámetros, la velocidad del flujo del aire en la habitación y la altura de techo.

Velocidad del flujo de aire en la habitación

La norma UNE - CEN/TS 14175-5:2009. EX “Vitrinas de gases. Parte 5: Recomendaciones para la instalación y el mantenimiento” recomienda que el flujo de aire de la habitación no exceda de 0,2 m/s en una zona de 400 mm a partir de la guillotina, según las posiciones de las sondas del anemómetro descritas en la norma UNE-EN 14175-4:2005 “Vitrinas de gases. Parte 4: Métodos de ensayo in situ”. Concretamente, la norma 14175-4:2005 contempla entre otros, los siguientes criterios:

- En lo concerniente al ensayo de velocidad del aire en la habitación, deja claro que este pretende cuantificar

el caudal de aire próximo a la vitrina. Este dato es relevante, ya que según apunta la norma, cuando el caudal de aire de la habitación excede de 0,2 m/s la capacidad de contención de la vitrina puede verse reducida.

- En lo relativo al posicionamiento de las sondas para la realización del citado ensayo:
 - Las medidas deben llevarse a cabo en un plano vertical localizado aproximadamente a 400 mm por delante del *plano de la guillotina* de la vitrina. Nótese que la norma UNE-EN 14175-3:2020 “Vitrinas de gases. Parte 3: Métodos de ensayo de tipo” entiende por *plano de la guillotina* el plano central situado entre las superficies de pantalla interior y exterior, de aquella parte de la guillotina que constituya el límite superior de la apertura de ensayo de la guillotina.

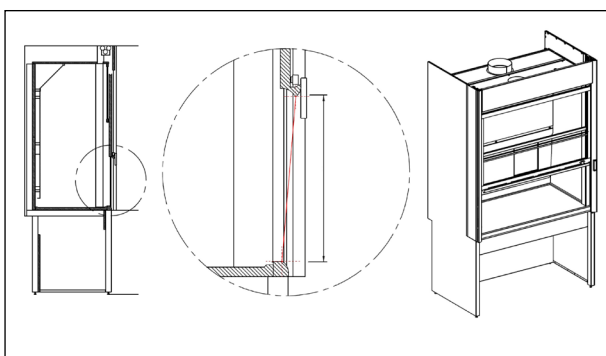


Figura 1. Esquema orientativo del plano de la guillotina

- La sonda del anemómetro debe situarse en el plano vertical mencionado. Concretamente, en los puntos que resultan de la intersección de las siguientes líneas:
 - Dos líneas horizontales, trazadas aproximadamente a 900 mm y 1.400 mm, desde el nivel del suelo.
 - Cinco líneas verticales, distribuidas de la siguiente forma:
 - 1) Dos líneas alineadas con las paredes laterales de la vitrina de gases;
 - 2) Una línea en el centro de esas dos líneas, alineada con el centro de la vitrina de gases;

3) Dos líneas aproximadamente a 250 mm a la derecha y a la izquierda de las líneas alineadas con las paredes laterales.

Obsérvese que estos datos se corresponden con el *ensayo de velocidad del flujo del aire en la habitación*, no con el *ensayo de velocidad frontal*. En este último ensayo el posicionamiento de las sondas es distinto, describiéndose en la citada norma UNE-EN 14175-3:2020 y en la NTP 677 “Seguridad en el laboratorio. Vitrinas de gases de laboratorio: utilización y mantenimiento”. Cabe destacar que el *ensayo de velocidad frontal* también es de especial interés en el ámbito de vitrinas, ya que pretende comprobar el perfil de velocidad del aire frontal en la vitrina y comparar el valor obtenido con el resultado del ensayo de tipo. Tal comparación permite valorar si la instalación de la vitrina de gases es adecuada e identificar la presencia de efectos no deseados derivados de las condiciones ambientales de la sala en que se sitúa la vitrina.

Altura del techo

Según la citada norma UNE - CEN/TS 14175-5:2009. EX se recomienda una altura de 3 m, siendo la altura mínima de 2,7 m.

Distancias

Para minimizar las corrientes de aire producidas por la circulación de personal, por el desarrollo de actividades de laboratorio o por el uso de otros sistemas de captación, se recomienda tener en cuenta lo indicado en la tabla 2. Cabe señalar que las distancias de separación que se indican tienen un carácter meramente orientativo, pudiendo ser adecuadas otras dimensiones alternativas, y debiendo en todo caso observarse las disposiciones que establezca la normativa existente con relación al espacio necesario y dimensiones. Una vez elegidas las distancias se recomienda verificar la efectividad que proporcionan mediante métodos de ensayo. A tal fin, pueden seguirse los métodos descritos en la serie de normas UNE-EN 14175 u otros de entidades de reconocido prestigio.

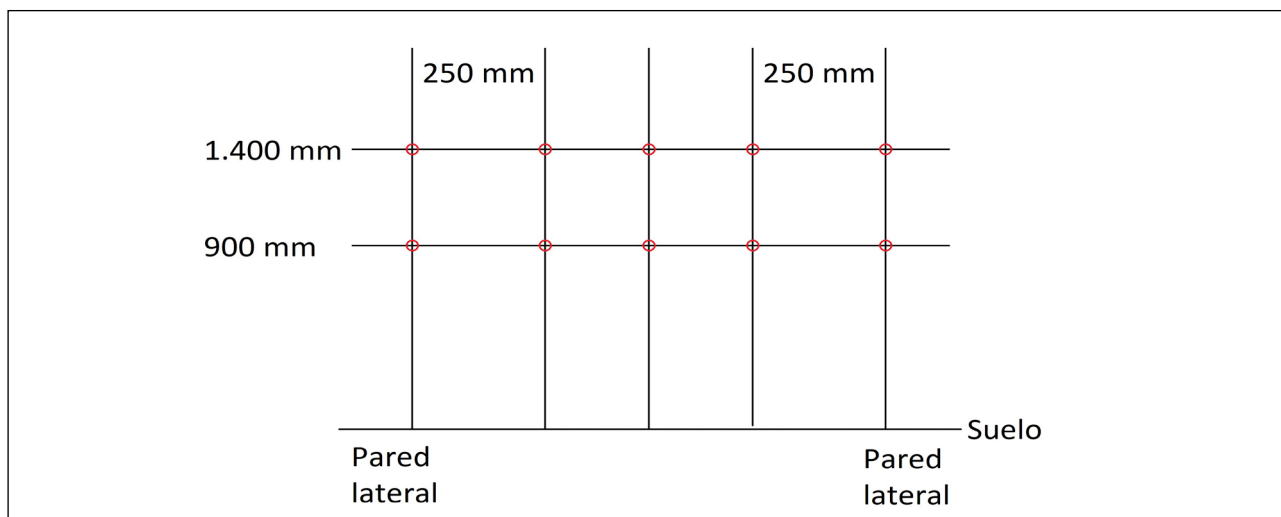


Figura 2: Disposición de las líneas horizontales y verticales para la colocación de la sonda del anemómetro

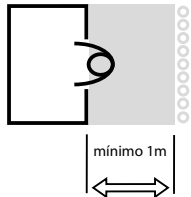
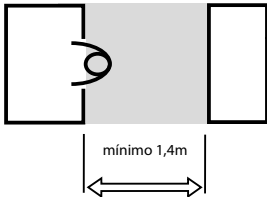
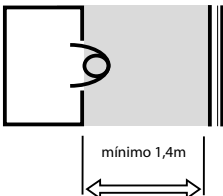
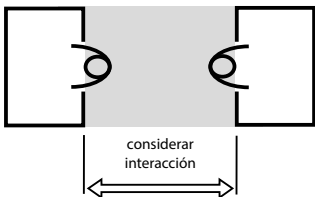
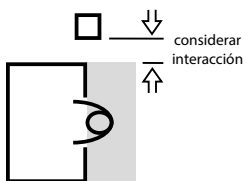
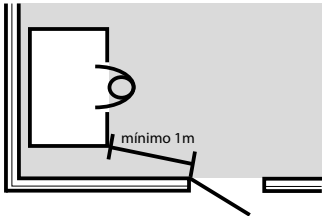
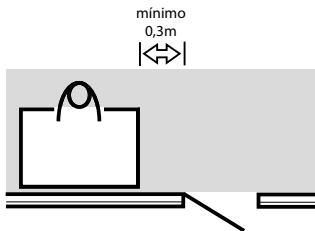
Espacio	Recomendaciones	Situación
Entre guillotina y zona de paso	Dejar una separación de al menos 1 m entre la guillotina de la vitrina y cualquier área que se utilice con frecuencia por el personal.	
Entre guillotina y mesa de laboratorio	Dejar una separación de al menos 1,4 m entre la guillotina y una mesa de laboratorio situada enfrente de la misma utilizada por la misma persona. En caso de que el espacio se utilice por varias personas valorar establecer una distancia mayor.	
Entre guillotina y pared trasera	Dejar una separación de al menos 1,4 m entre la guillotina y una pared trasera (o cualquier obstáculo capaz de influir en el caudal de aire) enfrente de la misma. Para conseguir mayores requisitos de caudal de aire de determinados tipos de vitrinas o de un elevado número de vitrinas valorar establecer una separación aproximada de 2 m.	
Entre guillotinas opuestas	Si es posible, evitar la colocación de vitrinas de forma que sus guillotinas estén situadas frente a frente (guillotinas opuestas). De no haber otra disposición más favorable, considerar la posible interacción entre dichas vitrinas y establecer una separación suficiente entre las guillotinas para evitar interferencias.	
Entre vitrina y obstáculo	Si es posible, evitar la presencia de grandes obstáculos aislados (p.ej: columna) cerca de la vitrina de gases, ya que pueden influir en su funcionamiento. De no haber otra disposición más favorable, considerar la posible interacción que tienen con la vitrina y dejar la mayor distancia posible entre vitrina y obstáculo.	
Entre guillotina y puerta	Dejar una separación de al menos 1 m entre la guillotina y cualquier puerta de uso frecuente que quede en pared lateral a esta. Esta recomendación no es aplicable a puertas que únicamente se usan como salidas de emergencia.	
Entre lateral de la vitrina y puerta	Dejar una separación de al menos 0,3 m entre el lateral de la vitrina y cualquier puerta de uso frecuente que quede en pared frontal a la misma. Esta recomendación no es aplicable a puertas que únicamente se usan como salidas de emergencia.	

Tabla 2. Espacios recomendados entre la vitrina de gases y los elementos del edificio u otro equipamiento (fuente: UNE - CEN/TS 14175-5:2009. EX "Vitrinas de gases. Parte 5: Recomendaciones para la instalación y el mantenimiento". Las imágenes que se muestran no son una reproducción visual de las de esta norma, si bien están inspiradas en los criterios que esta expone.)

Vías de evacuación

A la hora de buscar el emplazamiento más idóneo de la vitrina debe valorarse la posibilidad de que se produzca una situación peligrosa en la misma (por ejemplo, reacción no controlada, incendio, explosión), de forma que exista al menos una vía de evacuación operativa en caso de emergencia. Para más información véase lo indicado en la NTP 646.

4. SISTEMA DE EXTRACCIÓN

Según la norma UNE-EN 14175-1:2004 “Vitrinas de gases. Parte 1: Vocabulario” se entiende por *sistema de extracción* cualquier conducción y su equipamiento asociado, instalada entre el punto de conexión de la vitrina de gases y el punto de descarga. A fin de lograr un funcionamiento óptimo de la vitrina, es preciso tener en cuenta los siste-

mas de extracción a los que conectarla y los sistemas de introducción del aire de compensación. En consecuencia, es fundamental proporcionar los requisitos del aire de la vitrina y las características técnicas de esta a las personas que diseñen dichos sistemas.

Se recomienda realizar un estudio previo del sistema de extracción existente y de las necesidades requeridas, de forma que queden descritos los principales parámetros a considerar en la instalación, las condiciones iniciales del laboratorio donde se va a instalar la vitrina (por ejemplo, inventario de equipos, caudales de aire extraído, caudales de aire impulsado, nivel de presión del laboratorio, sistemas de compensación, ocupación, etc.) y la correspondiente propuesta de instalación (por ejemplo, conductos de extracción, extractor, conductos de salida o chimenea, depurador, materiales de los elementos a instalar, etc.). En la tabla 3 se muestran algunos ejemplos de parámetros a considerar en la instalación de vitrinas, relacionados con el sistema de extracción.

Parámetros	Observaciones
Distribución de presiones	Comprobar la distribución de presiones para evitar que el aire interior de la vitrina se propague al laboratorio. Esta distribución puede verificarse en continuo, por ejemplo, mediante un sensor de presiones en la sala donde se encuentra la vitrina, si el nivel de estanqueidad en dicha sala es fiable.
Distribución y número de las unidades para la impulsión del aporte de aire	Comprobar que la velocidad del aire de impulsión no afecte al funcionamiento de las vitrinas.
Confort térmico	Seguir lo establecido por la normativa existente. Véase anexo III del 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.
Calidad del aire	Seguir lo establecido por la normativa existente. Véase Parte II: Instrucción Técnica IT1: Criterios de diseño y dimensionado del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Tabla 3. Parámetros relacionados con el sistema de extracción

En el caso de las vitrinas que se encuentren temporalmente fuera de uso, para evitar cualquier tipo de contaminación de estas al entorno se recomienda establecer una presión inferior (depresión) en sus conductos que la de los emplazamientos donde están ubicadas. Esta presión menor puede mantenerse aplicando un pequeño caudal de extracción en la vitrina. Otras alternativas serían sellar herméticamente la vitrina o limpiar esta en profundidad y sellar su sistema de conducción.

Por otro lado, el uso de sistemas automatizados de compuertas motorizadas en los sistemas de extracción de las vitrinas y de soluciones de volumen de aire variable (véase la norma UNE-EN 14175-6:2007 “Vitrinas de gases. Parte 6: Vitrinas de gases de volumen de aire variable”) puede comportar importantes ventajas. Entre ellas, favorecer una mayor eficacia en la extracción del aire viciado y en la extracción de humos en caso de incendio, permitir un mejor aislamiento térmico del sistema y, contribuir a evitar pérdidas de energía. Así, por ejemplo, si se dispone de un laboratorio con presencia de varias vitrinas y se da la circunstancia de que en parte de ellas se están realizando experimentos (por ejemplo, destilaciones) y en las otras no se está trabajando, el uso de estas compuertas contribuirá a evitar pérdidas energéticas en la extracción, optimizando además la extracción de contaminantes en las vitrinas que sí se están utilizando.

5. SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

La instalación de una vitrina puede implicar una modificación sustancial de las condiciones de ventilación y climatización existentes. En consecuencia, se recomienda valorar antes de su adquisición, las posibilidades de integración de la vitrina en el laboratorio, atendiendo tanto a las características de este como a las del edificio en que se encuentra. En este sentido, la información intercambiada antes de la instalación con la empresa instaladora es fundamental para poder realizar una integración adecuada de la vitrina.

A efectos de la instalación de la vitrina en el laboratorio, se recomienda seguir lo indicado en la norma UNE - CEN/TS 14175-5:2009. EX “Vitrinas de gases. Parte 5: Recomendaciones para la instalación y el mantenimiento”. Esta norma, tiene en cuenta, entre otros aspectos, la conexión de la vitrina con los sistemas de ventilación y alimentación, y la interacción que tiene con estos sistemas. La correcta integración de la vitrina con los respectivos sistemas de su entorno es relevante, pues de ella depende en gran medida la eficacia en su uso. A este respecto, en lo referente a la accesibilidad, las entradas y salidas de los sistemas de alimentación del local donde emplazar la vitrina, se recomienda seguir lo indicado en la norma UNE-EN 14056:2004. Con relación a estas cuestiones se resumen algunos aspectos destacados en la tabla 4.

Elemento	Recomendaciones
Zona de distribución de los servicios del mobiliario	Tener en cuenta la ubicación de las galerías donde se distribuyen los servicios a la hora de establecer la disposición del mobiliario.
	Agrupar los servicios en categorías (por ejemplo, electricidad, comunicaciones, agua, vapor, tipos de gas, evacuación, etc.).
	Aislar térmicamente las conducciones de agua fría y vapor.
	Fijar las conducciones para evitar que se deformen al ser usadas.
Toma de servicios	Valorar la distribución del mobiliario según la localización de los puntos de conexión con las alimentaciones del edificio.
	Disponer de conexiones murales fácilmente accesibles.
	Contar con un terminal de alimentación para el equipamiento móvil.
	Valorar la distribución de la zona de acceso a las tomas de servicio, así como sus conexiones. Comprobar tanto las tomas como sus conexiones periódicamente y realizar un adecuado mantenimiento de ambas.
	Disponer de un sistema que permita interrumpir la alimentación de forma localizada. En este sentido, se recomienda que los puntos de aislamiento y protección sean contiguos a la salida del laboratorio donde se sitúa la vitrina.
	Contemplar las necesidades de aislamiento y protección de los dispositivos de separación para los servicios individuales (por ejemplo, ventilación, agua, residuos, vapor, gases, electricidad, comunicaciones, etc.).
Salidas de servicio	<p>Salidas en las mesas. En general, tienen entre sus objetivos, servir como puntos de suministro y evacuación de fluidos y gases próximos a la zona de trabajo. Con relación a estas salidas cabe destacar las siguientes recomendaciones generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer una distribución modular, tanto para facilitar la actividad desarrollada como para promover una mayor seguridad en la misma. • Ubicar las tomas eléctricas de manera que no puedan verse afectadas por salpicaduras. • Diseñar las salidas de las mesas e instalarlas de manera que sean resistentes al desgaste normal previsible en el laboratorio. • En el caso de las salidas de agua y vapor, salvo en casos tales como los de las duchas y lavaojos de emergencia, es aconsejable que cuenten con una pila o cubeta.
	<p>Servicios portátiles (aquellos que posibilitan que el mobiliario y los equipos reciban o distribuyan servicios adicionales a los proporcionados por los sistemas principales de distribución, haciendo uso de salidas distintas). En caso de optar por estos se recomienda valorar la necesidad de uso de otros equipos (por ejemplo, compresores, bombas de vacío, botellas de gases). Para garantizar el uso seguro de los equipos portátiles es conveniente que estos se encuentren adecuadamente diseñados y especialmente protegidos, a fin de evitar situaciones peligrosas (por ejemplo, por cables, conexiones y conductos en mal estado).</p>

Tabla 4. Recomendaciones relacionadas con accesibilidad, entradas y salidas de los sistemas de alimentación

6. CRITERIOS DE COMPROBACIÓN

Tras integrar la vitrina en el laboratorio, para garantizar su buen funcionamiento es necesario comprobar periódicamente que esta preserva sus condiciones originarias, de

forma que pueda responder a su finalidad prevista. De forma orientativa, la tabla 5 presenta un listado no exhaustivo de puntos de comprobación con vistas a facilitar que la vitrina se mantenga correctamente integrada en el laboratorio.

MUEBLE (Vitrina)			
Punto de control	Recomendación	Aspectos favorables	Observaciones
Estado general del mueble	Inspección visual	<ul style="list-style-type: none"> Estructura en buen estado, exterior e interior 	<ul style="list-style-type: none"> Valorar si se garantiza la estanqueidad Tener en cuenta las características de los productos con los que se va a trabajar (por ejemplo, ácidos, bases, etc.) y su potencial para causar daños
Guillotina	Comprobación del funcionamiento e inspección visual	<ul style="list-style-type: none"> Deslizamiento suave y sencillo de la guillotina Presencia de tope de desplazamiento vertical de la guillotina Alarma sonora y/o visual 	<ul style="list-style-type: none"> Valorar si existen desperfectos en la guillotina, y en tal caso, si estos pueden comprometer la seguridad de las personas usuarias Comprobar la presencia de tope de desplazamiento vertical de la guillotina y de alarma sonora y/o visual para asegurar la contención
Superficie de trabajo	Inspección visual	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia de signos de deterioro Superficie limpia Se preservan las características de resistencia química, mecánica y térmica 	<ul style="list-style-type: none"> Valorar si existen desperfectos que afectan a la resistencia de la superficie de trabajo
Deflector	Inspección visual	<ul style="list-style-type: none"> Superficie limpia y libre de obstáculos 	<ul style="list-style-type: none"> Valorar las condiciones de orden y limpieza y si se da la presencia de obstáculos que puedan afectar sustancialmente a la distribución del aire que se mueve en el interior de la vitrina
Fluidos y tomas eléctricas	Inspección visual	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia de fugas Ausencia de signos de deterioro en las tomas eléctricas 	<ul style="list-style-type: none"> Valorar si existen fugas en la vitrina y si pueden afectar al normal funcionamiento y uso de esta Valorar si existen desperfectos en las tomas eléctricas
Mandos y accionamientos	Inspección visual	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia de signos de deterioro Se preservan las funcionalidades de la vitrina 	<ul style="list-style-type: none"> Valorar si existen indicios de anomalías en los mandos y accionamientos Comprobar si se mantienen las funcionalidades (por ejemplo, encendido y apagado de la vitrina)
SISTEMA DE EXTRACCIÓN			
Punto de control	Recomendación	Aspectos favorables	Observaciones
Motor extractor	Inspección visual	<ul style="list-style-type: none"> Conjunto estabilizado, preferentemente anclado a la superficie 	<ul style="list-style-type: none"> Valorar la estabilidad del conjunto
		<ul style="list-style-type: none"> Sin signos de anomalías (por ejemplo, corrosión u oxidación, ruidos anómalos, vibraciones excesivas, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> Valorar si existen indicios de anomalías (por ejemplo, corrosión u oxidación, ruidos, vibraciones, etc.)
		<ul style="list-style-type: none"> Conexión eléctrica y protección del motor en buen estado 	<ul style="list-style-type: none"> Valorar el estado de la conexión eléctrica y si el motor está protegido
Conducciones	Inspección visual donde sea posible	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia de agujeros, grietas y desconexiones entre tramos Protección contra entrada de animales y agua en buen estado 	<ul style="list-style-type: none"> Valorar la localización de las conducciones (por ejemplo, si se encuentran junto a zonas de entrada de aire al edificio) y si estas se encuentran en sobrepresión, rotas o desacopladas
Vitrina de gases	Ensayo "in situ"	<ul style="list-style-type: none"> La valoración según el elemento analizado en el ensayo es positiva 	<ul style="list-style-type: none"> Valorar si se cumplen los requisitos deseados según el ensayo y si se precisa intervención para acondicionar la vitrina
Visualización de aire	Comprobación con generador de humo	<ul style="list-style-type: none"> Entrada homogénea y rápida del humo 	<ul style="list-style-type: none"> Valorar si el humo discurre con turbulencias, si no pasa al interior de la vitrina, si retorna al exterior, etc.

SISTEMA DE EXTRACCIÓN			
Punto de control	Recomendación	Aspectos favorables	Observaciones
Filtros	Inspección visual	<ul style="list-style-type: none"> Fecha de caducidad no sobrepasada 	<ul style="list-style-type: none"> Observar si la fecha de caducidad está sobrepasada y si hay sospecha de colmatación de los filtros con relación a las pruebas del año anterior
Alarma de velocidad/caudal	Comprobación del funcionamiento de las alarmas	<ul style="list-style-type: none"> Activación de alarma al disminuir la velocidad o caudal en el equipo 	<ul style="list-style-type: none"> Valorar si se dispone de algún sistema que avise a las personas usuarias en caso de que disminuya la velocidad o el caudal en el equipo
INSTALACIONES			
Punto de control	Recomendación	Aspectos favorables	Observaciones
Servicios y elementos auxiliares (instalación eléctrica, instalaciones para la circulación de gases o fluidos)	Inspección visual	<ul style="list-style-type: none"> Presencia de diferencial independiente Bases de conexión, cableado, órganos de puesta en marcha en buen estado y con partes en tensión protegidas 	<ul style="list-style-type: none"> Valorar si existen indicios de anomalías (por ejemplo, ausencia de diferencial independiente, elementos en aparente mal estado o partes en tensión desprotegidas)
		<ul style="list-style-type: none"> Conexiones de gas con válvulas de seguridad y presencia de llaves identificadas que abren/cierran adecuadamente 	<ul style="list-style-type: none"> Comprobar el estado de la instalación para verificar la ausencia de fugas
Iluminación	Medición del nivel de iluminación	<ul style="list-style-type: none"> Nivel mínimo de iluminación no inferior a 500 lux 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar el nivel de iluminación. Los niveles de iluminación deben permitir el seguro desarrollo de las tareas. Véase anexo IV del Real Decreto 486/1997.
Desagüe	Inspección visual	<ul style="list-style-type: none"> En buen estado y sin obturaciones 	<ul style="list-style-type: none"> Valorar si existen indicios de anomalías (por ejemplo, desperfectos, presencia de pequeñas incrustaciones que puedan dificultar en menor o en mayor medida el desaguado)

Tabla 5. Principales puntos de comprobación en el mueble, en el sistema de extracción y en las instalaciones

BIBLIOGRAFÍA

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. [BOE-A-1997-8669 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 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. [BOE-A-2007-15820 Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.](#)

UNE-EN 14175-1:2004. Vitrinas de gases. Parte 1: Vocabulario. AENOR

UNE-EN 14175-3:2020. Vitrinas de gases. Parte 3. Métodos de ensayo de tipo. AENOR.

UNE-EN 14175-4:2005. Vitrinas de gases. Parte 4: Métodos de ensayo in situ. AENOR.

UNE-EN 14175-6:2007. Vitrinas de gases. Parte 6: Vitrinas de gases de volumen de aire variable. AENOR.

UNE-CEN/TS 14175-5:2009. EX Vitrinas de gases. Parte 5: Recomendaciones para la instalación y el mantenimiento. AENOR.

UNE-EN 14056:2004. Mobiliario de laboratorio. Recomendaciones para el diseño y la instalación. AENOR.

Documento divulgativo “Buenas prácticas para el almacenamiento de productos químicos peligrosos”, Ministerio de Trabajo y Economía Social. INSST, 2023. Disponible en: [Buenas prácticas para el almacenamiento de productos químicos peligrosos - INSST](#)

NTP 646. Seguridad en el laboratorio: selección y ubicación de vitrinas. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, Ministerio de Trabajo y Economía Social. INSST, 2004. Disponible en: [NTP 646. Seguridad en el laboratorio: selección y ubicación de vitrinas. \(insst.es\)](#)

NTP 672. Extracción localizada en el laboratorio. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, Ministerio de Trabajo y Economía Social. INSST, 2004. Disponible en: [NTP 672. Extracción localizada en el laboratorio. \(insst.es\)](#)

NTP 1188. Vitrinas de gases: requisitos de seguridad, tipos y selección. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, Ministerio de Trabajo y Economía Social. INSST, 2023. Disponible en: [NTP 1188: Vitrinas de gases: requisitos de seguridad, tipos y selección. \(insst.es\)](#)

Riesgo biológico: utilización confinada de organismos modificados genéticamente.

*Biological risk: the contained use of genetically modified organisms.
Risque biologique : l'utilisation confinée d'organismes génétiquement modifiés.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Emma Mauriz Osorio.

Laura Gómez Guijarro.

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS (INSST).

Grupo de trabajo para la actualización de la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos.

Han colaborado en la redacción de la presente NTP los siguientes miembros del grupo de trabajo: Francisco Díaz García y Eva M^a Hoyas Pablos (Centro Nacional de Medios de Protección); Beatriz Diego Segura (Subdirección Técnica); Rocío Guevara de Bonis y Xavier Solans Lampurlanés (Centro Nacional de Condiciones de Trabajo).

Esta NTP proporciona información sobre el riesgo biológico existente en actividades de utilización confinada de organismos modificados genéticamente, reguladas por la Ley 9/2003 y el Real Decreto 178/2004, de desarrollo de la ley. El objetivo es ofrecer contenido técnico que facilite la identificación y evaluación de los riesgos, así como la aplicación de las medidas de protección y confinamiento adecuadas para evitar los potenciales efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente derivados de estas actividades.

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

El artículo 2 del Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, define los agentes biológicos como *microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad*.

Por tanto, el Real Decreto 664/1997 es aplicable a los microorganismos modificados genéticamente, sin perjuicio de las disposiciones específicas dictadas frente a los riesgos derivados de su utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización.

La utilización confinada y liberación voluntaria en el medio ambiente de organismos modificados genéticamente (OMG) está regulada por la Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente, a fin de prevenir los riesgos para la salud humana y para el medio ambiente, y por el Real Decreto 178/2004, de 30 de enero, por el que se aprueba el Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003.

Además, algunas comunidades autónomas han desarrollado su propia legislación en materia de OMG, con el fin de poder desempeñar las funciones asignadas por la citada ley.

Tal y como explica la ley en su exposición de motivos, los principios que la inspiran son:

- El de prevención y cautela, que implica adoptar las medidas adecuadas para evitar los potenciales efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente derivados de estas actividades;
- El de "caso por caso", esto es, la evaluación de los riesgos asociados a los organismos modificados genéticamente para cada uno de ellos;
- El de "paso a paso", que supone que solo se procederá a la liberación de organismos modificados genéticamente cuando la evaluación de las etapas anteriores revele que puede pasarse a la siguiente sin existencia de riesgos;
- El de información y participación pública, garantizando la consulta al público antes de autorizar algunas actividades de utilización confinada, así como todas las de liberación voluntaria y las de comercialización de organismos modificados genéticamente o productos que los contengan;
- El acceso de los ciudadanos a la información sobre las liberaciones o comercializaciones autorizadas.

Asimismo, la ley define los siguientes conceptos:

- **Organismo:** cualquier entidad biológica capaz de reproducirse o de transferir material genético, incluyendo dentro de este concepto a las entidades microbiológicas, sean o no celulares.
- **Organismo modificado genéticamente:** cualquier

organismo, con excepción de los seres humanos, cuyo material genético ha sido modificado de una manera que no se produce de forma natural en el apareamiento o en la recombinación natural, siempre que se utilicen las técnicas que reglamentariamente se establezcan.

Las técnicas que dan lugar a una modificación genética son:

- Técnicas de recombinación del ácido nucleico, que incluyen la formación de combinaciones nuevas de material genético mediante la inserción de moléculas de ácido nucleico -obtenidas por cualquier medio fuera de un organismo- en un virus, plásmido bacteriano u otro sistema de vector y su incorporación a un organismo hospedador en el que no se encuentren de forma natural pero puedan seguir reproduciéndose.
- Técnicas que suponen la incorporación directa en un organismo de material hereditario preparado fuera del organismo, incluidas la microinyección, macroinyección y la microencapsulación.
- Técnicas de fusión de células (incluida la fusión de protoplastos) o de hibridación en las que se formen células vivas con combinaciones nuevas de material genético hereditario mediante la fusión de dos o más células utilizando métodos que no se producen naturalmente.

La normativa excluye las actividades en las que la modificación genética de los organismos se obtenga por técnicas de mutagénesis o de fusión (incluida la de protoplastos) de células vegetales, en las que los organismos resultantes puedan producirse también mediante métodos tradicionales de multiplicación o de cultivo, siempre que tales técnicas no supongan la utilización de moléculas de ácido nucleico recombinante ni de organismos modificados genéticamente.

Igualmente, quedan excluidas la utilización de las técnicas de fertilización *in vitro*, conjugación, transducción, transformación o cualquier otro proceso natural y la inducción poliploide, siempre que no supongan la utilización de moléculas de ácido nucleico recombinante ni de organismos modificados genéticamente obtenidos mediante técnicas o métodos distintos de los que quedan excluidos en virtud del párrafo anterior.

2. UTILIZACIÓN CONFINADA DE OMG

Se entiende por utilización confinada cualquier actividad por la que se modifique el material genético de un organismo o por la que este, así modificado, se cultive, almacene, emplee, transporte, destruya o elimine, siempre que en la realización de tales actividades se utilicen medidas de confinamiento, con el fin de limitar su contacto con la población y el medio ambiente.

El uso por primera vez de instalaciones específicas para utilizaciones confinadas de OMG, debe ser comunicado previamente a la autoridad competente. Esta comunicación será igualmente exigible a cualquier actividad de utilización confinada de OMG, salvo que se trate de actividades de riesgo nulo o insignificante.

La Ley 9/2003 establece las competencias que la Administración General del Estado y las comunidades autónomas tienen en relación con las distintas actividades reguladas en la misma.

La Administración General del Estado es competente para:

- Otorgar las autorizaciones para la comercialización de OMG o de productos que los contengan.
- Autorizar los ensayos de liberaciones voluntarias a la comercialización.

- Conceder las autorizaciones relacionadas con la importación y exportación de OMG y de los productos que los contengan, incluida la vigilancia, control y sanción.

Además, es competente para conceder autorizaciones para cualquier otro fin distinto de la comercialización en los siguientes supuestos:

- Cuando su objeto sea la posible incorporación a medicamentos de uso humano y veterinario, así como a los demás productos y artículos sanitarios y a aquellos que por afectar al ser humano puedan suponer un riesgo para la salud humana.
- Cuando se disponga de financiación del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación para las actividades propuestas.

Las competencias atribuidas por la ley a la Administración General del Estado son ejercidas por dos órganos colegiados:

- El Consejo Interministerial de Organismos Modificados Genéticamente (CIOMG), órgano consultivo competente para otorgar las autorizaciones de solicitudes de OMG cuando la responsabilidad recae en la Administración General del Estado.
- La Comisión Nacional de Bioseguridad (CNB), órgano consultivo cuya misión es evaluar e informar preceptivamente sobre las solicitudes de autorización presentadas a la Administración General del Estado y a las comunidades autónomas.

Las comunidades autónomas son competentes para otorgar autorizaciones salvo los casos que corresponden a la Administración General del Estado, de utilización confinada y de liberación voluntaria de OMG con fines de investigación y desarrollo y cualquier otro distinto de la comercialización.

Las comunidades autónomas pueden contar, además, con órganos propios de evaluación de riesgos adicionales a la CNB.

3. EVALUACIÓN DE RIESGOS

La evaluación de riesgos, tanto para la salud humana como para el medio ambiente, es la pieza clave para otorgar la autorización que permita la posterior ejecución de las distintas operaciones a las que la ley se aplica, siendo uno de los aspectos más destacables que el riesgo de las utilizaciones confinadas se determina en función de las actividades a desarrollar con los organismos.

Esta evaluación y la aplicación de las medidas de confinamiento y protección en cada actividad se harán siguiendo la sistemática descrita en el Real Decreto 178/2004 y observando lo establecido en el Real Decreto 664/1997.

En la evaluación de riesgos es fundamental tomar en consideración los efectos potencialmente nocivos, entre los que cabe destacar:

- Enfermedades que afecten a las personas, incluidos los efectos alérgicos o tóxicos.
- Enfermedades que afecten a los animales o a los vegetales.
- Efectos deletéreos debidos a la imposibilidad de tratar una enfermedad o de realizar una profilaxis eficaz.
- Efectos deletéreos debidos al establecimiento o a la diseminación en el medio ambiente.

- Efectos deletéreos debidos a la transferencia natural de material genético insertado a otros organismos.

La evaluación de riesgos se basará en lo siguiente:

1. La identificación de cualquier efecto potencialmente nocivo y, en particular, los relacionados con:
 - a. el organismo receptor,
 - b. el material genético insertado procedente del organismo donante,
 - c. el vector,
 - d. el organismo donante (si se utiliza durante la operación),
 - e. el organismo modificado genéticamente resultante.
2. El análisis de las características de la actividad.
3. La gravedad de los efectos potencialmente nocivos.
4. La probabilidad de que dichos efectos se produzcan.

Efecto potencialmente nocivo del organismo modificado genéticamente

Peligros potenciales relacionados con el organismo receptor

El principal factor que se debe tomar en consideración es la peligrosidad del organismo receptor. En ese sentido, en la lista del anexo II del Real Decreto 664/1997 se encuentran clasificados en grupos de riesgo los agentes biológicos que pueden causar infección, así como los efectos tóxicos o alérgicos de estos.

Para los agentes biológicos no clasificados es preciso valorar, en función de los criterios establecidos para su clasificación, los riesgos potenciales que suponen. En términos generales, muchos de ellos se considerarán clasificados como grupo 1 cuando no causen infección, pero, además, se deberán tener en cuenta los posibles efectos alérgicos o tóxicos que puedan causar. Es conveniente recordar que la primera medida preventiva consiste en la sustitución del agente biológico por otro menos peligroso siempre que sea factible. Cuando ello no sea técnicamente posible, se deberán documentar las razones que así lo justifiquen. Como posibles agentes sustitutos se deberá valorar el uso de cepas inactivadas o atenuadas, cepas menos virulentas o que no tengan al ser humano como huésped. En esos supuestos, antes de rebajar las necesidades de confinamiento, se debe conocer bien la naturaleza de la atenuación o disponer de un historial de uso seguro de las cepas atenuadas.

Peligros potenciales asociados con el inserto

Normalmente se hace referencia a insertos que codifican productos con actividad biológica potencialmente peligrosa, por ejemplo, toxinas, citoquinas, alérgenos, hormonas u oncogenes. En estos casos, se deben tener en cuenta las condiciones experimentales (por ejemplo, el nivel de expresión previsto) y las posibles consecuencias de la exposición. En los casos en los que el inserto no se expresa o en los que el producto es inactivo existe una probabilidad muy baja de que se produzca un daño. Ese es el caso de genes humanos expresados en *Escherichia coli* u otros organismos procariotas, puesto que las proteínas carecen de las necesarias modificaciones traslacionales y no pueden ser activas.

Debe prestarse una especial atención a los genes de procariotas potencialmente peligrosos expresados en procariotas, por ejemplo, los que regulan la producción de toxinas bacterianas y a los productos activos en células eucariotas transportados por vectores virales, en particular, los genes que codifican reguladores del crecimiento y diferenciación celular, por ejemplo: moléculas de señalización,

reguladores de la apoptosis, mediadores de la diferenciación y oncogenes.

Otros peligros asociados con la alteración de rasgos patogénicos existentes serían los siguientes: insertos que codifican determinantes de patogenicidad o virulencia; modificaciones que alteran el tropismo natural o el rango de hospedadores; modificaciones que alteran la susceptibilidad del organismo a la profilaxis, etc.

Probabilidad de que el OMG sea un riesgo para la salud

En el análisis de si un OMG puede ser un riesgo para la salud entran en juego dos factores: la viabilidad del OMG y la probabilidad de que sucesos infrecuentes ocurran.

Sobre el primero de los factores, se debe evaluar la capacidad del OMG de penetrar y multiplicarse dentro del huésped (viabilidad), así como la capacidad de transmitirse a otro huésped o a la comunidad. Cualquier incertidumbre debe ser tenida en cuenta y el principio de precaución aplicado. Es importante recordar que la viabilidad y la patogenicidad no son interdependientes. Algunas modificaciones que volverían, en teoría, al OMG más patógeno pueden afectar negativamente a su viabilidad.

En cuanto al segundo factor, en ocasiones es posible cuantificar la frecuencia de un evento, por ejemplo, las tasas de mutación o la frecuencia de recombinación durante la replicación microbiana. Sin embargo, en otras ocasiones solo se podrá utilizar una aproximación semicuantitativa o descriptiva de la frecuencia de un evento, por ejemplo, la probabilidad de que un OMG atenuado o inactivado revierta al tipo salvaje debe ser evaluada con base en el número de eventos discretos que deben ocurrir, de forma que cuantos más eventos sean necesarios menor será la probabilidad de que la reversión ocurra.

Características de la actividad

Una vez identificada la peligrosidad del organismo modificado genéticamente se analizarán las características de la actividad:

- Las características del medio ambiente que pueda quedar expuesto a los OMG (por ejemplo, la presencia de fauna y flora conocidas que puedan verse afectadas negativamente por los microorganismos empleados en la actividad de utilización confinada).
- Propósito y escala (magnitud) de la actividad.
- Cualesquiera operaciones no normalizadas (por ejemplo, inoculación de animales con OMG, uso de equipo que pueda generar aerosoles, etc.).

Finalmente, atendiendo a la información obtenida en la evaluación de riesgos para la salud humana y el medio ambiente, las actividades de utilización confinada de OMG se clasifican en cuatro tipos, que determinan las medidas de control y protección que se han de implantar:

- Tipo 1** Actividades de **riesgo nulo** o insignificante: aquellas en las cuales el grado 1 de confinamiento es suficiente para proteger la salud humana y el medio ambiente.
- Tipo 2** Actividades de **bajo riesgo**: aquellas en las cuales el grado 2 de confinamiento es suficiente para proteger la salud humana y el medio ambiente.
- Tipo 3** Actividades de **riesgo moderado**: aquellas en las cuales el grado 3 de confinamiento es suficiente para proteger la salud humana y el medio ambiente.
- Tipo 4** Actividades de **alto riesgo**: aquellas en las cuales el grado 4 de confinamiento es suficiente para proteger la salud humana y el medio ambiente.

De manera general, se considerarán apropiados para su inclusión en el tipo 1 únicamente los OMG que presenten las siguientes características:

- Que sea poco probable que el receptor u organismo de origen cause enfermedad en seres humanos, animales o plantas (únicamente animales y plantas pertenecientes al medio ambiente que podría verse expuesto).
- Que la naturaleza del vector y del material incorporado sean tales que no transmitan al organismo modificado genéticamente un fenotipo que pueda causar enfermedad en seres humanos, animales o plantas (únicamente animales y plantas pertenecientes al medio ambiente que podría verse expuesto), ni efectos deletéreos en el medio ambiente.
- Que sea poco probable que el organismo modificado genéticamente cause enfermedad en seres humanos, animales o plantas (únicamente animales y plantas pertenecientes al medio ambiente que podría verse expuesto) y que sea poco probable que tenga efectos nocivos sobre el medio ambiente.

Por ejemplo, hay cepas de *E. coli* que están clasificadas como grupo 2 y 3, lo que implicaría su manipulación en grado 2 o 3 de confinamiento o contención; sin embargo, muchos derivados de la cepa *E. coli* K-12 se han demostrado como no virulentos y se dispone de información suficiente sobre la seguridad de su uso; por lo tanto, pueden ser manipuladas en un grado 1 de confinamiento.

Esta reclasificación solo afecta a las cepas receptoras

inactivadas; los efectos potenciales asociados a los insertos pueden llevar asociado un incremento del riesgo y, por tanto, requerir medidas de control adicionales.

No obstante, cuando existan dudas razonables sobre la clasificación de una determinada actividad, se aplicarán las medidas correspondientes al tipo de riesgo más elevado.

4. MEDIDAS DE CONFINAMIENTO Y OTRAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN

A continuación, se recogen los requisitos mínimos en cuanto a las medidas de confinamiento y otras medidas de protección aplicables a:

- Las actividades de laboratorio (véase tabla 1).
- Las actividades en invernaderos y semilleros. Los términos «invernadero» y «semillero» se refieren a estructuras con paredes, techo y suelo diseñadas y empleadas principalmente para cultivar plantas en un entorno protegido y controlado. En las actividades realizadas en estas estructuras se aplicarán todas las normas recogidas en la tabla 1 con las adiciones o modificaciones indicadas en la tabla 2.
- Las actividades en unidades de animales. En estas actividades se aplicarán todas las normas recogidas en la tabla 1 con las adiciones o modificaciones indicadas en la tabla 3.
- Otras actividades (véase tabla 4).

Especificaciones	Grado de confinamiento			
	1	2	3	4
Dependencias de laboratorio. <i>Aislamiento: el laboratorio se encuentra separado de otras zonas del mismo edificio o en un edificio separado</i>	No exigida	No exigida	Exigida	Exigida
Laboratorio: hermético para efectuar una fumigación	No exigida	No exigida	Exigida	Exigida
Entrada y salida independientes	No exigida	No exigida	Exigida	Exigida
Equipo				
Superficies resistentes a ácidos, álcalis, disolventes, desinfectantes y agentes de descontaminación y de fácil limpieza	Exigida (mesa)	Exigida (mesa)	Exigida (mesa y suelo)	Exigida (mesa, suelo, techo y paredes)
Acceso al laboratorio a través de una esclusa. <i>La entrada debe efectuarse a través de una esclusa aislada del laboratorio. El lado limpio ha de estar separado del lado restringido mediante unas instalaciones con vestuarios o duchas y preferentemente con puertas de cerradura dependiente</i>	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
Presión negativa respecto a la presión del medio ambiente inmediato	No exigida	No exigida	Exigida con excepción de <i>las actividades en que la transmisión no es por vía aérea</i>	Exigida
Aire de entrada y salida del laboratorio tratado con filtros HEPA (<i>High Efficiency Particulate Air</i>)	No exigida	No exigida	Exigida (HEPA): aire de salida, con excepción de <i>las actividades en que la transmisión no es por vía aérea</i>	Exigida (HEPA): aire de entrada y de salida. <i>En los locales en los que se manipulen virus que no sean retenidos por los filtros HEPA, serán necesarios otros requisitos relativos al aire de salida</i>

Especificaciones	Grado de confinamiento			
	1	2	3	4
Recinto o campana de seguridad microbiológica	No exigida	Opcional	Exigida	Exigida
Autoclave	<i>In situ</i>	En el edificio	En las dependencias del laboratorio. <i>Se permite el transporte seguro de material al autoclave que se encuentre fuera del laboratorio mediante procedimientos validados y con un nivel de protección equivalente</i>	En el laboratorio. Autoclave con doble puerta
Normas de trabajo				
Acceso restringido	No exigida	Exigida	Exigida	Exigida
Señalización de un peligro biológico en la puerta	No exigida	Exigida	Exigida	Exigida
Medidas específicas para el control de la formación y difusión de aerosoles	No exigida	Exigida: minimizar	Exigida: evitar	Exigida: evitar
Ducha	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
Indumentaria de protección	Indumentaria de protección adecuada	Indumentaria de protección adecuada	Indumentaria y calzado de protección adecuados	Cambio completo de ropa y calzado antes de entrar y de salir
Guantes	No exigida	Opcional	Exigida	Exigida
Control eficaz de vectores (p. ej., roedores e insectos)	Opcional	Exigida	Exigida	Exigida
Residuos				
Inactivación de los OMG en los efluentes de lavabos, desagües y duchas o efluentes similares	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
Inactivación de los OMG en el material contaminado y en los residuos	Opcional	Exigida	Exigida	Exigida
Otras medidas				
Almacenamiento del equipo en el propio laboratorio	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
Ventana de observación o similar para ver a los ocupantes	Opcional	Opcional	Opcional	Exigida

Tabla 1. Medidas de confinamiento y otras medidas de protección para las actividades de laboratorio.

Especificaciones	Grado de confinamiento			
	1	2	3	4
Edificio				
Invernadero: estructura permanente <i>El invernadero será una estructura permanente con cubierta continua e impermeable, situada en un lugar cuya pendiente permita evitar la entrada de la escorrentía de aguas superficiales y provista de puertas de cierre automático</i>	No exigida	Exigida	Exigida	Exigida
Equipo				
Entrada a través de esclusa con dos puertas con cerradura dependiente	No exigida	Opcional	Opcional	Exigida

Especificaciones	Grado de confinamiento			
	1	2	3	4
Equipo				
Control de la escorrentía de agua contaminada	Opcional	Minimizar la escorrentía <i>Cuando pueda haber transmisión por el suelo</i>	Evitar la escorrentía	Evitar la escorrentía
Normas de trabajo				
Medidas para controlar las especies no deseadas (insectos y otros artrópodos, roedores, etc.)	Exigida	Exigida	Exigida	Exigida
Procedimientos para evitar la diseminación de organismos modificados genéticamente durante el transporte de material vivo entre el invernadero o semillero, la estructura protectora y el laboratorio	Minimizar la diseminación	Minimizar la diseminación	Evitar la diseminación	Evitar la diseminación

Tabla 2. Medidas de confinamiento y otras medidas de protección para las actividades en invernaderos y semilleros.

Especificaciones	Grado de confinamiento			
	1	2	3	4
Instalaciones				
Aislamiento de la unidad de animales <i>Unidad de animales: edificio o zona separada de un edificio que disponga de locales y otras zonas como vestuarios, duchas, autoclaves, almacén de alimentos, etc.</i>	Opcional	Exigida	Exigida	Exigida
Locales de animales separados mediante puertas bloqueables <i>Locales de animales: locales que habitualmente se empleen para alojar animales de reserva, cría o experimentación o para realizar pequeñas intervenciones quirúrgicas</i>	Opcional	Exigida	Exigida	Exigida
Locales de animales diseñados para la descontaminación material (jaulas, etc.), impermeable y fácil de lavar	Opcional	Opcional	Exigida	Exigida
Suelo y paredes fáciles de lavar	Opcional	Exigida (suelo)	Exigida (suelo y paredes)	Exigida (suelo y paredes)
Confinamiento de los animales en recipientes adecuados como jaulas, corrales o cajas	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional
Filtros en las cajas de aislamiento o habitaciones aisladas <i>Cajas de aislamiento: cajas transparentes en las que pueden introducirse animales, dentro o fuera de la jaula; para animales grandes sería más apropiado utilizar habitaciones aisladas</i>	No exigida	Opcional	Exigida	Exigida

Tabla 3. Medidas de confinamiento y otras medidas de protección para las actividades en unidades de animales.

Especificaciones	Grado de confinamiento			
	1	2	3	4
Disposiciones generales				
Los organismos viables deben mantenerse en un sistema que separe el proceso del entorno (sistema cerrado)	Opcional	Exigida	Exigida	Exigida
Control de los gases de escape del sistema cerrado	No exigida	Exigida, minimizando la liberación	Exigida, evitando la liberación	Exigida, evitando la liberación
Control de aerosoles durante la toma de muestras, la introducción de material en un sistema cerrado o la transferencia de material a otro sistema cerrado	Opcional	Exigida, minimizando la liberación	Exigida, evitando la liberación	Exigida, evitando la liberación
Inactivación del líquido de cultivo en masa antes de extraerlo del sistema cerrado	Opcional	Exigida, con medios validados	Exigida, con medios validados	Exigida, con medios validados
Sistemas de cierre diseñados para minimizar o evitar la liberación	Ningún requisito específico	Minimizar la liberación	Evitar la liberación	Evitar la liberación
Zona controlada con capacidad para contener el vertido de todo el contenido del sistema cerrado	Opcional	Opcional	Exigida	Exigida
Zona controlada hermética para fumigación	No exigida	Opcional	Opcional	Exigida
Equipo				
Entrada a través de esclusa	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
Superficies resistentes a ácidos, álcalis, disolventes, desinfectantes y agentes de descontaminación y de fácil limpieza	Exigida (mesa, si la hay)	Exigida (mesa, si la hay)	Exigida (mesa, si la hay, y suelo)	Exigida (mesa, suelo, techo y paredes)
Medidas específicas para ventilar adecuadamente la zona controlada y de ese modo minimizar la contaminación atmosférica	Opcional	Opcional	Opcional	Exigida
Zona controlada con presión negativa respecto a la presión circundante	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
Tratamiento del aire de salida y entrada de la zona filtrado con filtros HEPA	No exigida	No exigida	Exigida (aire de salida, facultativa para el aire de entrada)	Exigida (aire de entrada y de salida)
Normas de trabajo				
Sistemas cerrados situados en una zona controlada	No exigida	Opcional	Exigida	Exigida
Acceso restringido exclusivamente al personal autorizado	No exigida	Exigida	Exigida	Exigida
Obligación de indicar el peligro biológico	No exigida	Exigida	Exigida	Exigida
El personal deberá ducharse antes de abandonar la zona controlada	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
Indumentaria de protección para el personal	Exigida (indumentaria de trabajo)	Exigida (indumentaria de trabajo)	Exigida	Cambio completo de indumentaria antes de entrar y de salir
Residuos				
Inactivación de los OMG en los efluentes de lavabos y duchas o efluentes similares	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
Inactivación de los OMG en el material contaminado y en los residuos, incluidos los OMG presentes en el efluente de trabajo antes del vertido final	Opcional	Exigida, con medios validados	Exigida, con medios validados	Exigida, con medios validados

Tabla 4. Medidas de confinamiento y otras medidas de protección para otras actividades.

El confinamiento también puede garantizarse mediante el uso de buenas prácticas de trabajo, formación, equipos de confinamiento y diseño de las instalaciones. En todas las actividades en las que intervengan OMG se aplicarán

los principios de las buenas prácticas microbiológicas, así como los principios fundamentales de seguridad e higiene en el lugar de trabajo, en particular los contenidos en el Real Decreto 664/1997.

BIBLIOGRAFÍA

Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente. Boletín Oficial del Estado, n.º 100 (26-04-2003).

Real Decreto 178/2004, de 30 de enero, por el que se aprueba el Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente. Boletín Oficial del Estado, n.º 27 (31-01-2004).

Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Boletín Oficial del Estado, n.º 124 (24-05-1997).

Health and Safety Executive. Scientific Advisory Committee on Genetic Modification (SACGM). *The SACGM Compendium of guidance*. Disponible en: <https://www.hse.gov.uk/biosafety/gmo/acgm/acgmcomp/>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Organismos modificados genéticamente (OMG). Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/biotecnologia/omg/>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Organismos modificados genéticamente (OMG). Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-.html>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Secretaría de la Comisión Nacional de Bioseguridad. Guía práctica para la remisión de solicitudes de registro de instalaciones para llevar a cabo actividades de utilización confinada con organismos modificados genéticamente. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/notificaciones-y-autorizaciones/uso_confinado.html

Exposición a agentes biológicos. Equipos de seguridad: Cabinas de seguridad biológica.

*Exposure to biological agents. Safety equipment: Biological safety cabinets.
L'exposition aux agents biologiques. Équipements de sécurité: Cabines de sécurité biologique.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Laura Gómez Guijarro.

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS (INSST).

Las cabinas de seguridad biológica constituyen un elemento esencial en los laboratorios donde se realizan actividades que implican la manipulación de agentes biológicos; por ejemplo, laboratorios clínicos, de microbiología, biomedicina y biotecnología. El objetivo fundamental es confinar al agente biológico en el área de manipulación y así garantizar una adecuada protección de las personas trabajadoras y el entorno. Algunas cabinas también ofrecen protección de la muestra o producto manipulado. En esta NTP se describen en detalle estos equipos, su clasificación y, además, se proporciona información para su selección, instalación, mantenimiento y certificación.

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

El Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, establece una clasificación de los agentes biológicos en cuatro grupos de riesgo, basándose en la patogenicidad en humanos, la facilidad de propagación entre la colectividad y la existencia de profilaxis o tratamiento eficaz.

El trabajo con agentes patógenos o materiales y muestras potencialmente contaminadas debe realizarse bajo estrictas condiciones de bioseguridad. Se entiende por bioseguridad la aplicación combinada de prácticas de trabajo, técnicas y elementos de contención con el objetivo de proteger a las personas trabajadoras y evitar la liberación de agentes biológicos. Existen cuatro niveles de bioseguridad o contención, al igual que hay cuatro grupos de riesgo para los agentes biológicos. El nivel de contención requerido para una instalación se determina en función de los resultados de la evaluación, teniendo en cuenta tanto el peligro intrínseco del agente biológico como las características de la actividad.

Dentro de los elementos de contención se distinguen las barreras físicas primarias, cuyo objetivo es el confinamiento físico del agente para impedir su fuga al ambiente de trabajo, y las barreras físicas secundarias, relacionadas con el diseño y construcción de la instalación para evitar la liberación de agentes biológicos al exterior.

Las cabinas de seguridad biológica (CSB) se encuentran dentro de estas barreras físicas primarias, y constituyen un elemento principal para la protección frente a la exposición a agentes biológicos.

El anexo IV del Real Decreto 664/1997 recoge indicaciones relativas a las medidas y los niveles de contención para los laboratorios que trabajan con agentes biológicos con fines de investigación, desarrollo, enseñanza o diagnóstico. Tal y como establece, el uso de las CSB está indicado o es exigible cuando durante el

procedimiento de trabajo existe la posibilidad de que se generen bioaerosoles peligrosos. Esto puede suceder en operaciones de centrifugación, trituración, mezclado, agitación, disrupción sónica, apertura de envases de materiales infecciosos cuya presión interna pueda diferir de la ambiental o determinadas operaciones con animales de experimentación infectados.

Las CSB se definen en la norma UNE-EN 12469¹. Dicha norma especifica la clasificación de las cabinas, los criterios de funcionamiento y los métodos de ensayo aplicables.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS CABINAS DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

Las CSB consisten en recintos cerrados que cuentan con una circulación forzada de aire, evitando el paso de bioaerosoles a la atmósfera de trabajo. Su fin es la contención del agente en su recipiente y área de manipulación, garantizando la protección de la persona trabajadora y el entorno. Según sus especificaciones y diseño, algunos tipos de CSB pueden proteger también al producto que se está manipulando en su interior frente a la contaminación ambiental y cruzada.

La protección en estos equipos se logra mediante una combinación de elementos físicos, estructurales y dinámicos, como el motor, los ventiladores, los filtros, los conductos, el flujo laminar y las diferencias de presión. Cuentan con algunas características generales:

- Las CSB proporcionan un **espacio de trabajo** que permite separar del resto del laboratorio aquellas actividades con riesgo de generar bioaerosoles. El cuerpo de la cabina debe estar totalmente sellado para evitar que

¹ Norma UNE-EN 12469:2001 "Biotecnología. Criterios de funcionamiento para las cabinas de seguridad microbiológica".

el aire introducido entre en contacto con el ambiente exterior del laboratorio.

- Incorporan mecanismos de ventilación que generan un **flujo de aire direccional**. Este movimiento controlado de aire permite dirigir los bioaerosoles peligrosos o potencialmente peligrosos a los filtros, protegiendo tanto al personal del laboratorio como al entorno circundante. Además, algunos tipos de cabinas evitan la contaminación de los materiales de trabajo que se encuentran en su interior. El flujo de aire direccional se crea mediante uno o varios ventiladores conectados a la cabina o alojados dentro, que impulsan el aire interior en una dirección determinada.
- Los **filtros** tienen como finalidad atrapar las partículas contenidas en los flujos de aire. La norma UNE-EN 12469 establece la utilización de filtros HEPA (*High Efficiency Particulate Air*), que cumplan con los requisitos de la norma UNE-EN 13091², y de clase H14 o superior, según la norma UNE-EN 1822-1³. Estos filtros tienen una eficiencia de filtración del 99,995 % para el tamaño de partícula más difícil de retener (0,3 µm).
- Existen **diferencias de presión** entre los distintos espacios dentro de la cabina que contribuyen a dirigir y controlar el aire en la dirección adecuada para garantizar la seguridad. Estas diferencias de presión se perderían rápidamente en caso de fallo eléctrico o del equipo y, en ausencia de intervención mecánica, la presión del aire se equilibraría naturalmente y se perdería el control del flujo de aire direccional. Por esta razón, los equipos deben estar equipados con sistemas que permitan monitorizar el flujo de aire y alarmas que adviertan fallos y condiciones inseguras, de modo que se puedan adoptar medidas correctivas.

3. DIFERENCIA ENTRE CABINAS DE FLUJO LAMINAR Y CABINAS DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

Hay otro tipo de equipos que están destinados principalmente a proteger el producto, denominados *cabinas de flujo laminar*. Su nombre se debe a que en estos equipos existe un suministro constante de aire, previamente filtrado, que se mueve a una velocidad uniforme en una dirección única, lo que se conoce como *flujo laminar*. Este flujo de aire barre la superficie de trabajo, vertical u horizontalmente, disminuyendo el riesgo de contaminación del producto. En cabinas de flujo laminar horizontal, el material a manipular queda comprendido entre el filtro y la persona trabajadora, por lo que se produce una exposición al aire potencialmente contaminado ya que, tras barrer el área de trabajo, va a salir por la abertura de la cabina donde se sitúa la persona.

Algunas CSB cuentan también con el sistema de flujo laminar para proteger el producto manipulado en su interior frente a la contaminación ambiental y la contaminación cruzada. No obstante, es importante no confundir estos equipos ya que entre ellos existen diferencias de funcionamiento y, sobre todo, del tipo de protección que ofrecen. En las cabinas de flujo laminar el aire evacuado del equipo no necesariamente es filtrado y tampoco comparte las características de estanqueidad ni los sistemas de control de las CSB, por lo que no ofrece ninguna

garantía de protección para el personal ni el ambiente. Estos equipos no deben utilizarse cuando se sepa o se sospeche la presencia de agentes biológicos infecciosos, o con efectos tóxicos o alérgicos.

4. CLASES DE CABINAS DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

Según la norma UNE-EN 12469 existen tres clases de CSB: clase I, clase II y clase III, que se diferencian por sus características técnicas y por los grados de protección que ofrecen (véase tabla 2).

CSB de clase I

Se trata de una cabina dotada de una abertura frontal a través de la cual se pueden efectuar las actividades en su interior. Este equipo trabaja a presión negativa y el flujo de aire procedente del local circula hacia su interior por la abertura frontal, lo que produce una barrera de aire que contribuye a prevenir el escape de bioaerosoles. Este aire es extraído al 100 % de la cabina a través de un filtro HEPA. La principal característica que ofrece es protección para la persona trabajadora y el entorno frente a bioaerosoles peligrosos, pero no para el material que se manipula en su interior.

Es importante garantizar una adecuada velocidad del flujo de aire para asegurar el nivel de protección. La norma UNE-EN 12469 establece una velocidad media del aire de entrada superior a 0,7 m/s e inferior a 1 m/s. Una velocidad superior daría lugar a turbulencias y posibles retornos por lo que disminuiría el grado de protección proporcionado.

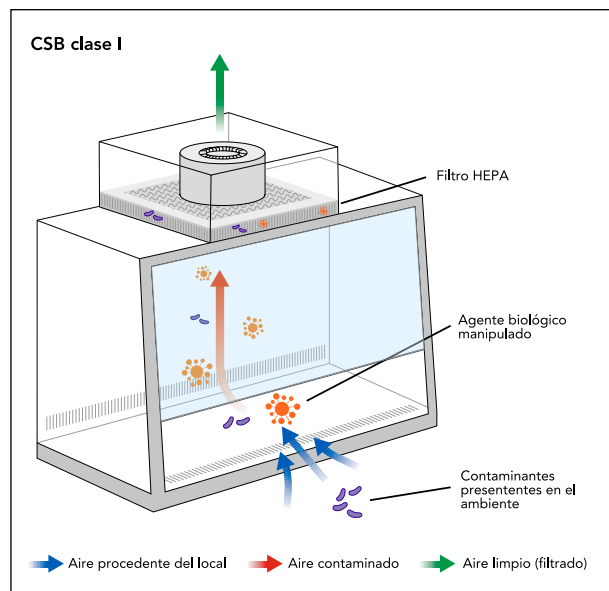


Figura 1. Esquema de CSB de clase I.

CSB de clase II

Este tipo de cabinas se desarrolló para proteger al personal, al ambiente y, al mismo tiempo, proteger a los materiales manipulados en su interior. Están dotadas también de una abertura frontal por donde entra el flujo de aire externo. Una de sus características principales es que la zona de trabajo es recorrida por un flujo descendente de aire filtrado estéril a una velocidad uniforme (flujo laminar vertical) que contribuye a la protección del producto con el que se está trabajando frente a la contaminación externa y la contaminación cruzada.

² Norma UNE-EN 13091:2000 "Biotecnología. Criterios de funcionamiento para elementos del filtro y equipo de filtración".

³ Norma UNE-EN 1822-1:2020 "Filtros absolutos (EPA, HEPA y ULPA). Parte 1: Clasificación, principios generales del ensayo y marcado".

Los flujos de aire son conducidos a través de unas rejillas situadas en la parte anterior y posterior del área de trabajo a un pleno (espacio de aire cerrado) en el interior de la cabina que se encuentra a presión negativa desde donde, con la ayuda de un ventilador integrado, el aire es redistribuido: un porcentaje se expulsa al exterior mientras que el resto es recirculado sobre el área de trabajo, pasando siempre por los

filtros absolutos. El aire recirculado desciende verticalmente hacia la superficie de trabajo (flujo laminar) donde se produce una división a una altura aproximada de entre 6 y 18 cm, dirigiéndose una parte hacia la rejilla frontal y otra parte hacia la rejilla trasera. La disposición de los ventiladores y los filtros debe asegurar que todas las zonas del circuito donde circula aire contaminado se encuentran a presión negativa.

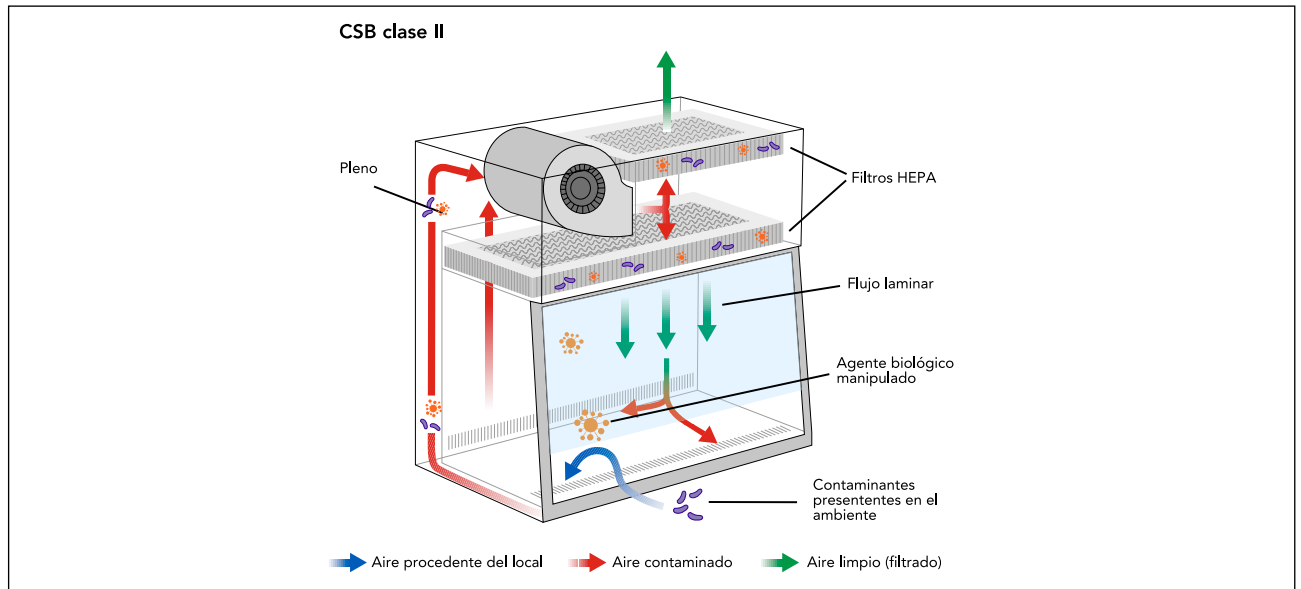


Figura 2. Esquema de CSB de clase II.

Para esta clase de CSB, la norma UNE-EN 12469 no describe diferentes tipos de cabinas. Sin embargo, la norma NSF/ANSI 49⁴, define cinco tipos: A1, A2, B1, B2 y C1. Estos tipos de cabinas difieren en los porcentajes de aire que es expulsado y recirculado a la superficie de

trabajo, las velocidades de las corrientes de aire, el sistema de extracción de aire o las presiones en el interior de la cabina. Si bien se trata de una norma americana, es relevante conocer las diferencias principales entre estos tipos de cabinas:

CSB CLASE II	VELOCIDAD MEDIA DEL AIRE EN LA ENTRADA	FLUJO DE AIRE		EVACUACIÓN DEL AIRE ⁵
		RECIRCULADO	EVACUADO	
Tipo A1	≥ 0,38 m/s	70 %	30 %	A la sala o directo al exterior a través de conducto con conexión tipo "dedal" o al exterior por el sistema general del edificio
Tipo A2 ⁶	≥ 0,51 m/s	70 %	30 %	A la sala o directo al exterior a través de conducto con conexión tipo "dedal" o al exterior por el sistema general del edificio
Tipo B1 ⁷	≥ 0,51 m/s	< 50 %	> 50 %	Evacuación al exterior a través de conducto rígido de forma directa o por el sistema general del edificio
Tipo B2	≥ 0,51 m/s	Evacuación del aire al 100 %		Evacuación al exterior a través de conducto rígido de forma directa o por el sistema general del edificio
Tipo C1 ⁸	≥ 0,51 m/s	< 50 %	> 50 %	Adecuada para cualquier configuración de extracción del aire

Tabla 1. Características de los tipos de CSB de clase II, según la norma NSF/ANSI 49.

⁴ NSF/ANSI 49-2022 "Biosafety Cabinetry: Design, Construction, Performance, And Field Certification".

⁵ Conexión tipo "dedal": accesorio especial que conecta la cabina con un sistema de evacuación y mediante el cual, al extraer el aire de salida del equipo, al mismo tiempo, se aspira aire de la habitación. Esto es posible a través de unos respiraderos o huecos que deja este accesorio.

⁶ La cabina de clase II que se describe en la norma UNE-EN 12469, correspondería con la descripción de este tipo según la norma NSF/ANSI 49. Es el tipo de cabina más comercializada.

⁷ Este tipo de cabina normalmente funciona de forma similar a las de tipo B1, con una baja tasa de recirculación de aire, pero presentan mayor flexibilidad en el sistema de evacuación del aire.

⁸ Sistema de conducto rígido: configuración de la evacuación de aire en la que la cabina está firmemente conectada al sistema de evacuación de aire general del edificio o a un sistema de conductos de evacuación de aire exclusivo del laboratorio. También se puede conectar directamente a un sistema de extracción propio e independiente..

CSB de clase III

Estas cabinas se encuentran completamente cerradas, existiendo así una barrera física que separa a la persona trabajadora de la zona de manipulación. El acceso a la superficie de trabajo se hace mediante guantes conectados a unos orificios en la parte frontal de la cabina. Existe un suministro continuo de aire filtrado a la cabina, lo que contribuye a la protección del material de trabajo frente a la contaminación externa. El aire es expulsado al exterior a través de doble filtro HEPA en serie. El interior de la cabina se encuentra en todo momento en presión negativa (al menos 200 Pa). Para el trasvase de materiales desde o hacia el interior de la cabina, suelen contar con una caja de paso en un lateral, en la que es posible descontaminar los materiales de trabajo, o un tanque de inmersión química. Además, puede ir conectada a un autoclave de doble puerta, donde se descontaminará todo el material que entre o salga del equipo, y también pueden unirse varias CSB de clase III para ampliar la superficie de trabajo.

Este tipo de cabinas ofrecen la máxima protección, incluyendo la protección frente a la exposición por contacto, y se utiliza para trabajar con agentes biológicos del grupo 4. También protegen al producto frente a la contaminación externa pero no contra la contaminación cruzada, ya que el flujo de aire en el interior es turbulento (no es flujo laminar).

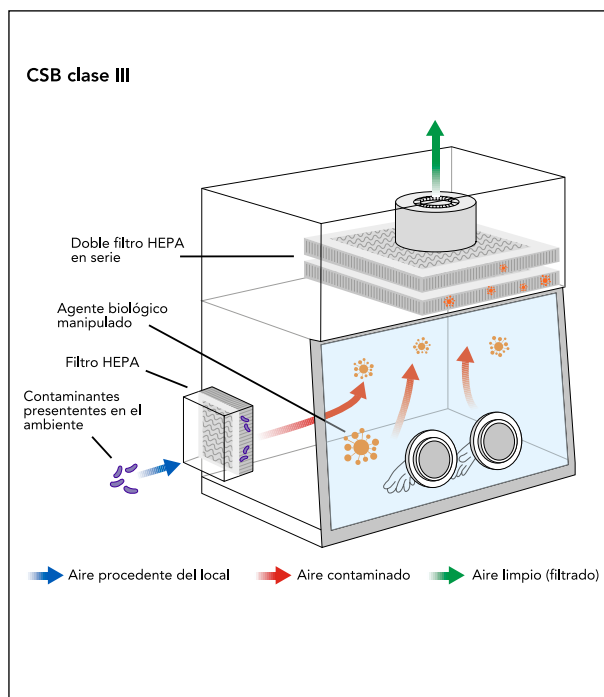


Figura 3. Esquema de CSB de clase III.

	CSB clase I	CSB clase II	CSB clase III
Zona de trabajo	Abertura frontal	Frontal, cerrado corredizo o con bisagras	Guantes sellados al frontal de la cabina
Protección	Trabajador/a y medio ambiente	Trabajador/a, medio ambiente y producto	Trabajador/a, medio ambiente y producto (frente a la contaminación externa)
Flujo de aire hacia el interior (frontal)	Sí	Sí	No
Velocidad del aire de entrada (m/s)	0,7-1	$\geq 0,38$	$\geq 0,7$ (con un guante quitado)
Flujo laminar	No	Sí	No
Velocidad del aire descendente (m/s)	N/A	0,25-0,4	N/A
Filtración del aire introducido	No	Sí	Sí
Filtración del aire extraído	Sí, a través de un filtro HEPA situado en la parte superior. Se expulsa a la sala o al exterior.	Sí, a través de filtro HEPA. Es expulsado a la sala, directamente al exterior mediante conducto exclusivo y conexión tipo "dedal" o conducto rígido, o al exterior por el sistema general del edificio (depende del tipo de cabina).	Sí, depurado mediante dos filtros HEPA en serie y expulsado al exterior a través de conducto rígido de forma directa o por el sistema general del edificio.
Aire extraído/recirculado	Se expulsa todo el aire.	Dependiendo del tipo de cabina se expulsa todo el aire o se recircula un porcentaje a la zona de trabajo.	Se expulsa todo el aire.

Tabla 2. Características de los distintos tipos de CSB.

5. SELECCIÓN DE LA CABINA DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

La selección del tipo de CSB se basa principalmente en el grupo de riesgo del agente biológico que se va a manipular y las características específicas de la actividad que se va a realizar. Esto implica la evaluación de aspectos como los riesgos por exposición a agentes biológicos que presenta el material manipulado, la posible generación de bioaerosoles durante las técnicas de manipulación, la cantidad de material biológico manipulado y el grado de protección necesario según la actividad a realizar.

De manera general, las CSB de tipo I pueden ser utilizadas para trabajar con agentes biológicos de los grupos de riesgo 1 y 2, aunque los agentes de grupo de riesgo 2 suelen manejarse principalmente en CSB de clase II. Para su adecuada selección es fundamental evaluar los aspectos citados en el párrafo anterior, principalmente si los agentes biológicos son infecciosos por vía aérea o por contacto y si la actividad implica grandes cantidades de material biológico o la generación de bioaerosoles.

Para la manipulación de los agentes biológicos más peligrosos se requiere el uso de CSB de clase III. No obstante, también pueden utilizarse CSB de clase II para trabajar con agentes del grupo de riesgo 3, e incluso con agentes infecciosos del grupo de riesgo 4, siempre que se utilicen trajes especiales⁹.

Siempre que se use una CSB, se deberán llevar los equipos de protección individual (EPI) que se indiquen en la evaluación de riesgos.

Además, si la actividad requiere el uso de agentes químicos, es importante considerar que los filtros HEPA no van a filtrar gases o vapores derivados de la manipulación de compuestos químicos volátiles. Por tanto, será necesario seleccionar la CSB más adecuada en función de las características y cantidad de los compuestos químicos utilizados, modificar el sistema de tratamiento del aire expulsado mediante la inclusión, además de los filtros HEPA, de aquellos elementos que aseguren la limpieza del aire y conducir la extracción directamente al exterior.

6. INSTALACIÓN, MANTENIMIENTO Y CONTROL

Ubicación

Es recomendable instalar la CSB en una zona que esté alejada de potenciales corrientes de aire. Para ello hay que considerar varios aspectos:

- La ubicación de puertas y ventanas.
- Las rutas de circulación del personal dentro del laboratorio.
- La ubicación de las tomas de suministro y extracción de aire acondicionado o ventilación.
- La ubicación, disposición y distancia de otras CSB u otros equipos, como cabinas de flujo laminar, en el mismo local.
- El tamaño del laboratorio comparado con el tamaño de las tomas de suministro/extracción de aire.
- Las corrientes de convección de aire creadas por diferencias térmicas.
- Cualquier causa o evento que afecte los patrones de flujo de aire.

Siempre que sea posible, es recomendable dejar un

espacio mínimo de 30 cm por detrás y a ambos lados de la cabina para las tareas de mantenimiento. También es conveniente dejar espacio superior libre, como mínimo 45 cm.

Certificación, validación y control

La norma de referencia para la fabricación de CSB es la UNE-EN 12469. Las CSB diseñadas y certificadas conforme a la norma deben contar con el marcado CE, sin perjuicio de cumplir con otras especificaciones técnicas contenidas en otras normas internacionales. Dicha norma específica la clasificación de las cabinas, los criterios mínimos de funcionamiento y los métodos de ensayo aplicables respecto a la protección del personal y del ambiente, a la protección del producto y a la contaminación cruzada. También recoge recomendaciones sobre los materiales, diseño y fabricación.

Los tres tipos de ensayos que establece para la verificación del funcionamiento de las CSB son los siguientes:

- Examen de tipo. Normalmente es único y realizado por el fabricante. Los métodos de ensayo utilizados en este examen son: retención en la abertura frontal, estanqueidad de la carcasa y filtros. En las CSB clase II, además, se ensaya la protección del producto y la contaminación cruzada.
- Ensayo de instalación. Este ensayo se lleva a cabo tras la puesta en servicio, al cambiar la instalación o cuando cambia el entorno de esta. En este punto se realizan los ensayos anteriores a excepción de la estanqueidad de la carcasa.
- Ensayo de mantenimiento de rutina. Debe realizarse a intervalos regulares o según lo determinen las autoridades competentes. Como en el caso anterior, el único ensayo que no se aplica es el de estanqueidad de la carcasa.

Los anexos de la norma contienen las especificaciones de los diferentes métodos de ensayo aplicables.

El fabricante deberá suministrar una copia del certificado de los test de comportamiento y contención. El funcionamiento y la integridad de cada CSB deben ser certificados en el momento de la instalación y después, de forma periódica, por personal técnico cualificado, utilizando protocolos escritos en los que se detallarán las operaciones realizadas. Debería realizarse por lo menos una vez al año, cuando se cambia su ubicación o tras operaciones de mantenimiento, e incluir pruebas de integridad, de fugas de los filtros HEPA, perfil de velocidad del flujo de aire descendente, velocidad del aire en la abertura frontal, tasa de presión negativa/ventilación, características del flujo de aire, alarmas e interruptores de interbloqueo. Además, pueden realizarse otras pruebas de forma facultativa.

Cada CSB deberá contar con un manual completo de uso. Además, se podrá requerir información adicional al distribuidor. Es necesario disponer, para cada cabina, de una ficha de mantenimiento y control situada en un lugar visible, en la que se reflejarán las modificaciones realizadas, las operaciones de mantenimiento y su periodicidad.

7. UTILIZACIÓN

Antes de iniciar el trabajo

- Planificar con anticipación el trabajo a realizar en la CSB. Determinar qué procedimientos y equipos serán utilizados. Informar y coordinarse con otros/as traba-

⁹ Trajes especiales de una sola pieza, a presión positiva y suministro de aire filtrado por filtro absoluto.

jadores/as del laboratorio para evitar interrupciones y tráfico en el entorno.

- Verificar previamente el correcto funcionamiento del equipo. Poner en marcha la cabina (en caso de que no sea de funcionamiento continuado); apagar la lámpara UV si está encendida; encender el fluorescente y el ventilador de la cabina; comprobar que las rejillas se encuentran libres de obstrucciones; permitir que funcione libremente durante 5-10 minutos.
- Lavarse las manos y antebrazos con jabón germicida y colocarse los EPI asignados.
- Desinfectar la superficie interior de la CSB con productos adecuados, por ejemplo, empleando alcohol al 70 %.
- Limpiar los materiales cuidadosamente antes de introducirlos en la CSB. No introducir materiales que emitan partículas con facilidad como puede ser papel, madera, lápices, tapones de algodón, etc.
- Colocar los materiales y equipos de forma ordenada conforme al trabajo que se vaya a realizar, incluyendo las bolsas o recipientes para la recogida de material contaminado. El trabajo debe desarrollarse desde las zonas limpias a las contaminadas a lo largo de la superficie de trabajo.
- Evitar colocar objetos grandes próximos entre sí. Una vez colocado todo, dejar que el aire barra la cabina durante 3 - 5 minutos.
- No se debe colocar nada sobre la CSB.

Durante el trabajo

- Introducir las manos lentamente en el área de trabajo y trabajar con movimientos lentos.
- Mantener los elementos al menos 10 cm detrás de la rejilla frontal y procurar realizar las operaciones más contaminantes hacia el fondo de la cabina. En general se recomienda trabajar a unos 5 - 10 cm de la superficie y alejado de los bordes. Prestar especial atención a no tapar las rejillas.
- Realizar el trabajo sobre paños absorbentes empapados de desinfectante para la recogida de salpicaduras y derrames. Recoger y descontaminar inmediatamente en caso de vertidos o salpicaduras.
- Evitar en lo posible el uso de llamas, los golpes, las proyecciones o las perforaciones que puedan deteriorar el filtro y alterar el flujo de aire.
- Cuando sea imprescindible introducir un nuevo material, se recomienda esperar 2-3 minutos antes de reiniciar la tarea para estabilizar el flujo de aire. Es conveniente recordar que, cuanto más material se introduzca en la CSB, la probabilidad de turbulencias se incrementa.
- No trabajar más de una persona al mismo tiempo en la cabina.

Al finalizar el trabajo

- Limpiar la cabina permitiendo que el aire fluya unos minutos.
- Desinfectar el material antes de sacarlo de la cabina.
- Retirar los contenedores de residuos y los materiales y equipos que hayan estado en contacto con el producto potencialmente contaminado y descontaminar. La retirada de material potencialmente contaminado se realizará según los protocolos establecidos de gestión de residuos.
- La descontaminación o la esterilización de las CSB se realizará siguiendo los procedimientos establecidos que deben estar a disposición del personal.
- Los equipos de protección individual usados se tratarán siguiendo las instrucciones o protocolos que tenga establecidos el laboratorio. Es importante lavarse las manos con agua y jabón abundantes tras quitarse los guantes.
- Apagar el ventilador (en caso de que no sea de funcionamiento continuado) y la lámpara fluorescente; cerrar la abertura frontal y encender la lámpara UV (en su caso).
- Hay que recordar que no debe utilizarse la zona de trabajo de las CSB como almacén.

8. DESCONTAMINACIÓN

Todas las CSB deben mantenerse limpias y libres de equipos innecesarios. Las operaciones de desinfección y limpieza deben realizarse tras cada uso de la CSB, utilizando desinfectantes adecuados. En su elección se tendrá en cuenta su eficacia sobre el agente biológico en cuestión, su acción sobre los materiales de la cabina, los riesgos de seguridad que puedan suponer y la seguridad de la persona que lleva a cabo la operación. Para la realización de esta tarea el personal llevará los EPI que la evaluación de riesgos determine necesarios.

Además, puede ser necesario someter a las CSB a una descontaminación por gases o por vapor, sobre todo antes de cambiarlas de lugar, cuando cambie la naturaleza del trabajo (trabajo con distintos agentes biológicos), tras un derrame que pudiera haber afectado a las partes más inaccesibles del equipo, antes de los ensayos de penetración del filtro y previo a las operaciones de mantenimiento que impliquen el acceso a partes potencialmente contaminadas, como la sustitución de los filtros.

La fumigación debe ser realizada por personal competente con conocimiento adecuado del procedimiento y de las precauciones a llevar a cabo. Debe advertirse visualmente que se está realizando este proceso. Frecuentemente, se realiza mediante vaporización de peróxido de hidrógeno. Durante el proceso, las CSB que presentan una abertura frontal, se cerrarán con puertas adaptadas que sellen esta abertura y se utilizarán monitores para detectar toda posible fuga.

BIBLIOGRAFÍA

Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Boletín Oficial del Estado, nº 124 (24-05-1997).

UNE-EN 12469: 2001. Biotecnología. Criterios de funcionamiento para las cabinas de seguridad microbiológica.

UNE-EN 13091:2000. Biotecnología. Criterios de funcionamiento para elementos del filtro y equipo de filtración.

UNE-EN 1822-1:2020. Filtros absolutos (EPA, HEPA y ULPA). Parte 1: Clasificación, principios generales del ensayo y marcado.

NSF/ANSI 49-2019. Annex 1. Biosafety Cabinetry: Design, Construction, Performance, and Field Certification.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2020). Biosafety in microbiological and biomedical laboratories (6th ed.). Disponible en: <https://www.cdc.gov/labs/bmbi/index.html>.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2014). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos.

World Health Organization (WHO). (2020). Biological safety cabinets and other primary containment devices. Laboratory biosafety manual fourth edition and associated monographs. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240011335>.

Exposición a agentes biológicos. Equipos de seguridad: aisladores.

*Exposure to biological agents. Safety equipment: Isolators.
L'exposition aux agents biologiques. Équipement de sécurité : Isolateurs.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Blanca de la Fuente Capdevila.

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO. INSST.

Los aisladores son sistemas de contención primaria que proporcionan un entorno seguro cuando se trabaja con agentes biológicos. La principal ventaja respecto a las cabinas de seguridad biológica (CSB) es que pueden diseñarse a demanda y se suelen utilizar cuando estas no son una solución práctica. Esta NTP proporciona información sobre los distintos tipos de aisladores y las principales características de los que se utilizan frente a la exposición a agentes biológicos.

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

El Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, en su artículo 3.1, clasifica los microorganismos en 4 grupos en función del riesgo de infección en base a:

- La patogenicidad en humanos.
- El peligro que supone para las personas trabajadoras.
- La facilidad de propagación a la colectividad.
- La existencia y disponibilidad de profilaxis o tratamiento eficaz.

En función del grupo de riesgo en el que se haya clasificado el agente biológico y del resultado de la evaluación de riesgos, en los laboratorios que emprendan trabajos que impliquen la manipulación de agentes biológicos con fines de investigación, desarrollo, enseñanza o diagnóstico y en los locales destinados a animales de laboratorio deliberadamente contaminados por agentes biológicos o que se sospeche que son portadores de estos agentes, debe fijarse el nivel de contención y tomar las medidas de contención de conformidad con el anexo IV de ese real decreto.

Estas medidas de contención se pueden agrupar en dos líneas:

- Las barreras físicas primarias, cuya finalidad es el confinamiento físico del agente biológico, a fin de evitar su liberación al ambiente de trabajo, para proteger a la persona trabajadora y a su entorno inmediato.
- Las barreras físicas secundarias, que contemplan el diseño y la construcción de la instalación, que tienen como objetivo evitar la liberación o escape de los agentes biológicos fuera de la zona de trabajo, a otras áreas o dependencias o al medioambiente.

La aplicación combinada de los elementos de contención junto con unas buenas prácticas y técnicas de trabajo constituyen lo que se conoce como bioseguridad (*biosafety*, en inglés), que no debe confundirse con bioprotección (*biosecurity*, en inglés) en el ámbito del laboratorio, que se entiende como las medidas de seguridad, tanto del personal como de la institución, para prevenir la pérdida, robo, uso indebido, o liberación intencionada de los agentes biológicos manipulados en el laboratorio.

Los sistemas de contención primaria en el ámbito biológico, entre los que se encuentran las cabinas de seguridad biológica (véase la NTP 1202) y los aisladores, están diseñados para proteger a las personas trabajadoras frente a la exposición a bioaerosoles. Esta protección se consigue principalmente por la segregación del área de trabajo del área principal del laboratorio y también, en la mayoría de los casos, por el uso de flujos de aire controlados.

Los requisitos básicos y los criterios mínimos de funcionamiento para las CSB están claramente definidos, ya que cuentan con normas técnicas específicas (UNE-EN 12469; NSF/ANSI 49). En cambio, en el ámbito de la seguridad biológica, los aisladores no disponen de normas equivalentes de ensayo y certificación. Así, la norma UNE-EN ISO 14644-7, que es de tipo general y no está desarrollada para un sector concreto, especifica los requisitos mínimos en cuanto al diseño, construcción, instalación y de ensayo de los dispositivos de separación, entre los que se encuentran los aisladores.

2. DISPOSITIVOS DE SEPARACIÓN. AISLADORES

Los dispositivos de separación son equipos que utilizan medios estructurales (o físicos) y aerodinámicos para crear los niveles que aseguren una separación entre el interior y exterior de un volumen definido. Los medios de separación físicos comprenden barreras rígidas y flexibles. Los medios aerodinámicos incluyen flujos de aire/gas con o sin filtración. Las diferencias entre los dispositivos de separación se establecen en función de si utilizan medios físicos, aerodinámicos o ambos.

Los aisladores son dispositivos de separación que están diseñados para segregar la actividad que se desarrolla en el interior del equipo con el exterior, utilizando medios físicos y, generalmente, también aerodinámicos.

Estos equipos no están limitados a una industria específica y se utilizan en diferentes sectores: en la fabricación de productos estériles, en la fabricación o manipulación de medicamentos con principios activos de alta potencia o toxicidad, en procesos biotecnológicos, en la industria

nuclear o de componentes electrónicos, o en algunas aplicaciones en el sector sanitario, entre otros. Normalmente están diseñados a demanda, pueden variar mucho en función del uso y deben tenerse en cuenta los requisitos específicos de cada proceso que tenga lugar en su interior. Se trata de tecnologías que están en constante evolución en los diferentes sectores en los que se utilizan, y que en cada sector pueden definirse de forma distinta.

Sin embargo, las especificaciones de estas industrias no aplican directamente a los sistemas de contención biológicos.

Los aisladores constan de una parte fija, consistente en un cuerpo donde se desarrolla la actividad principal, a la que se pueden unir:

- Dispositivos de transferencia: son mecanismos para efectuar un desplazamiento de materiales entre el interior y exterior del dispositivo de separación. No deben comprometer la calidad ambiental del aislador ni reducir sus prestaciones.
- Dispositivos de acceso: son aquellos que permiten la manipulación de procesos, herramientas o productos en el interior del dispositivo de separación. Se pueden distinguir:
 - Guantes: son componentes de un dispositivo de acceso que permiten la entrada de las manos del operador/a en el interior del dispositivo de separación manteniendo una barrera eficaz.
 - Manopla: guante de una sola pieza que recubre toda la longitud del brazo.
 - Sistema guante-manguito: es un dispositivo de acceso multicomponente que mantiene una barrera eficaz a la vez que permite sustituir el manguito, la pieza circular de conexión y el guante.
 - Medio traje de protección: permite la introducción de la cabeza, el tronco y los brazos del operador/a en el espacio de trabajo del dispositivo de separación.

Además de las características de funcionamiento, en el diseño de los aisladores hay que considerar también aspectos relacionados con la ergonomía asociada, especialmente de los sistemas de acceso, ya que no todas las personas tienen las mismas características. La falta de ergonomía de estas instalaciones puede comprometer la seguridad y disminuir la eficiencia del trabajo realizado.

Tipos y características

Los aisladores se pueden clasificar en función de varias de sus características.

En función del tipo de material de construcción utilizado

Se pueden encontrar aisladores rígidos, de acero o de plástico, o flexibles, si se trata de aisladores de membrana. De manera general, la seguridad para mantener una separación se incrementa con el grado de rigidez de la separación física.

En función del dispositivo de acceso a la zona de trabajo

La manipulación se puede realizar de forma manual o mediante robot:

- Manual. Los dispositivos de operación manual son:
 - Manoplas.
 - Sistemas de guantes y similares (por ejemplo: manguito, pieza de conexión circular y guantes).
 - Medio trajes de protección y dispositivos similares.

- Sistemas de manipulación a distancia: consisten en una unión mecánica o por servomotores entre las manos y los brazos del operador/a y un sistema de manipulación mecánica dentro del dispositivo de separación.

Los sistemas de acceso como guantes, manoplas o medio traje deben diseñarse y construirse para permitir con facilidad su sustitución y los ensayos de integridad y de seguridad de funcionamiento.

- Robotizada. Consiste en sistemas automatizados diseñados para manipular materiales en el interior de un dispositivo de separación.

En función del sistema de gestión del aire

Los sistemas de tratamiento del aire de los dispositivos de separación han de ser capaces de impulsar o extraer el suficiente volumen de aire hacia o desde el dispositivo de separación a través de filtros y el sistema de conductos.

Estos sistemas se pueden clasificar en función del tipo de protección y del gradiente de presión.

En función del sistema de gestión del aire, los aisladores pueden diseñarse para proteger a la persona trabajadora, para proteger al producto o para ambas opciones. La elección del tipo de flujo dependerá de los requisitos del producto.

La configuración de la impulsión de aire es específica para cada aplicación. Pueden trabajar a diferentes gradientes de presión (positiva o negativa), tasas de renovación de aire, patrón de flujo de aire, temperatura y humedad, especificaciones para partículas en suspensión, recirculación, etc. El aire de alimentación de un dispositivo de separación debería ser de calidad suficiente para cumplir con una o más de las clases descritas en la norma UNE-EN ISO 14644-1.

En función del sistema de gas

Los dispositivos de separación pueden disponer de medios aerodinámicos para otros usos, diferentes de los de la gestión del aire, como los sistemas de gas, que están diseñados para cada aplicación. Estos sistemas pueden dividirse en dos grandes tipos en función del tipo de gas que utilicen:

- Sistemas de gas inerte. Pueden proporcionar una atmósfera casi totalmente libre de oxígeno o humedad. Los gases generalmente utilizados son nitrógeno, helio o argón. Estos sistemas deben utilizarse con precauciones especiales para no provocar la muerte por asfixia.
- Sistemas de gases activos. Pueden ser utilizados para el proceso de biodescontaminación, es decir, la eliminación o reducción de contaminantes biológicos hasta un nivel aceptable. Los gases utilizados en estos sistemas pueden ser, por ejemplo, ozono, peróxido de hidrógeno, dióxido de cloro, ácido peracético o vapor de agua.

3. AISLADORES EN LOS LABORATORIOS DE BIOSEGURIDAD

Para trabajos *in vitro* a pequeña escala, las CSB son una solución ampliamente reconocida para el control de la exposición a bioaerosoles. Sin embargo, para actividades que implican grandes equipos, o animales, así como para el trabajo de campo, las CSB o las jaulas de biocontención pueden no ser una solución práctica.

Una de las aplicaciones de los aisladores en los laboratorios de bioseguridad es para el trabajo con animales (ratas, conejos o pequeños vertebrados) contaminados con microorganismos patógenos. El trabajo en aisladores presenta la ventaja de que los animales pueden estar alojados en jaulas estándar y que cuando se manipulan pueden permanecer en el aislador, en un espacio destinado al efecto y manipularse a través de sistemas de acceso, sin necesidad de abandonar el mismo. Además, también se utilizan para proteger a los animales del medioambiente cuando se trata de trabajos con animales libres de patógenos, inmunodeficientes, inmunodeprimidos o gnotobióticos (animales con una microbiota conocida). Asimismo, también pueden utilizarse para alojar a los animales durante periodos de cuarentena para determinar su estado de salud.

Estos equipos pueden ser similares a las CSB de clase III y aplicárseles métodos similares de comprobación y validación. Pueden ser rígidos o flexibles y construirse en distintos tamaños. A la zona de trabajo se accede normalmente a través de guantes integrados o medio trajes y suelen disponer de sistemas de puertos (caja de paso, tanques de inmersión, puertos de transferencia rápidos) para la introducción, retirada o descontaminación de los materiales de trabajo. Pueden alojar equipos de laboratorio (incubadoras, microscopios, centrifugadoras) o animales. La ventaja principal sobre las CSB es que se diseñan de forma específica.

Para la selección de un aislador, la evaluación de riesgos es clave; determinar con qué agentes biológicos y qué actividades se van a realizar es un paso previo, complejo y fundamental para esta selección. Algunas de las cuestiones básicas a tener en cuenta son las siguientes:

- Tipo de protección.
- Configuración del sistema de gestión del aire: presiones diferenciales, número de filtros, recirculación o salida de aire, etc.
- Tipo de acceso.
- Otras necesidades: tamaño, forma, facilidad de la instalación o tipo de equipos que deben contener, etc.

En la determinación de las especificaciones de los aisladores es necesario tener en cuenta que estos no pueden trabajar a sobrepresiones tan elevadas ni con tantas renovaciones de aire como las CSB debido a la resistencia del material, especialmente si se trata de aisladores de membrana flexible. Además, si se van a alojar animales en su interior, estas especificaciones deben considerar también el bienestar de los animales hospedados, lo que debe tenerse en cuenta en la gestión del riesgo por exposición a agentes biológicos.

En la selección de este equipo, la característica principal a considerar es el tipo de protección necesario (de la persona trabajadora y/o del producto), y depende del riesgo que deba ser controlado. Los aisladores que trabajan a presión negativa proveen de una protección óptima de la persona trabajadora mientras que los que operan a presión positiva son adecuados para su uso en procesos asépticos, ya que protegen al producto.

La configuración del flujo de aire del dispositivo es una característica importante, ya que gran parte de la protección se basa en la creación de flujos de aire controlados que barren los aerosoles de las zonas de trabajo y son capturados por los filtros. En las aplicaciones para biocontención normalmente no suelen ser necesarios flujos laminares.

Otro aspecto que hay que tener en cuenta es la recirculación del aire o la salida al exterior, el tipo y número de filtros. En función de la calidad requerida, el aire pasa

por sistemas de filtrado. Normalmente la entrada es a través de un filtro HEPA (filtros para partículas en aire de alta eficacia, del inglés *High Efficiency Particulate Air*) y a la salida por dos filtros en serie, también de tipo HEPA, cada uno de los cuales debería poder someterse a ensayo de forma independiente y de una instalación de cambio seguro. El segundo filtro actúa como sistema de seguridad en caso de fallo. Esta configuración evita la necesidad de salida del aire al exterior y permite la recirculación, siempre que esté determinado por la evaluación de riesgos.

Respecto a la tasa mínima de renovaciones de aire por hora, la norma UNE-EN 12741 indica que debería ser de 20 para aplicaciones de biotecnología, mientras que para el trabajo con animales se recomienda entre 10 (UNE 171400-1) y 30 renovaciones (Smither & Lever, 2012), valor muy inferior al utilizado en las CSB. Este valor necesita ser mayor cuando el sistema de transferencia precise que el aire contaminado sea aspirado rápidamente del interior del aislador.

Las diferencias de presiones deberían monitorizarse de forma continua y los sensores de presión deben contar con alarmas cuando se encuentren fuera del intervalo definido. En el caso de que ocurra un fallo del sistema de aislamiento, debería mantenerse un flujo de aire hacia el interior cuya velocidad sea de 0,75 m/s (UNE-EN 12741).

El tamaño de los dispositivos de acceso puede limitar la accesibilidad a la superficie de trabajo. Así, los aisladores flexibles con sistema de medio traje permiten un mejor acceso a la zona de trabajo, aunque normalmente el acceso al interior del aislador suele ser a través de guantes integrados.

Además, si se ha determinado en la evaluación de riesgos, los sistemas aisladores pueden requerir de descontaminación. Esta puede ser gaseosa, por vapor o líquida y debe realizarse por personal cualificado y con un método validado. Las superficies interiores del aislador (superficie de trabajo y paredes interiores), así como el equipamiento, deben descontaminarse antes y después de cada uso y antes de sacarse del mismo, con un desinfectante validado que inactive los microorganismos que puedan contaminar el dispositivo. Cuando se utilicen desinfectantes corrosivos, como la lejía, las superficies deben enjuagarse con agua estéril o alcohol al 70 % para retirar los residuos, ya que pueden causar degradación. Debido a la gran variedad de materiales que pueden usarse en la construcción de los aisladores, es especialmente importante comprobar la compatibilidad del desinfectante con los materiales utilizados.

Por otra parte, debe establecerse la periodicidad de las revisiones, no siendo aconsejable periodos superiores a 6 meses para instalaciones de nivel de contención 3 o 4 y, como mínimo, anualmente para el resto, en función de la criticidad del parámetro. En el caso que se desarrollen actividades de duración superior a 6 meses, debe tenerse este hecho en cuenta en la programación de actividades o que se puedan desarrollar estas comprobaciones con las actividades en marcha.

Tipo de aisladores para biocontención

Una de las principales clasificaciones de los aisladores en el ámbito del riesgo biológico es por el tipo de estructura. Estos se dividen en aisladores de membrana flexible o aisladores rígidos. Los aisladores utilizados para alojar animales pueden ser de ambos tipos, tanto de plástico como de acero, y uno de los criterios de selección es el riesgo por mordeduras de los animales.

Aisladores flexibles

Son dispositivos con una estructura o armazón rígido cerrados por un plástico flexible (véase figura 1), normalmente de PVC, aunque pueden ser también de otros materiales, siempre que sean compatibles con el proceso que se desarrolla en su interior. La principal ventaja de este tipo de aisladores es que pueden diseñarse a demanda, pueden trabajar a presión negativa, lo que permite aislar el material biológico del laboratorio circundante, y pueden contener grandes equipos o zonas de trabajo.

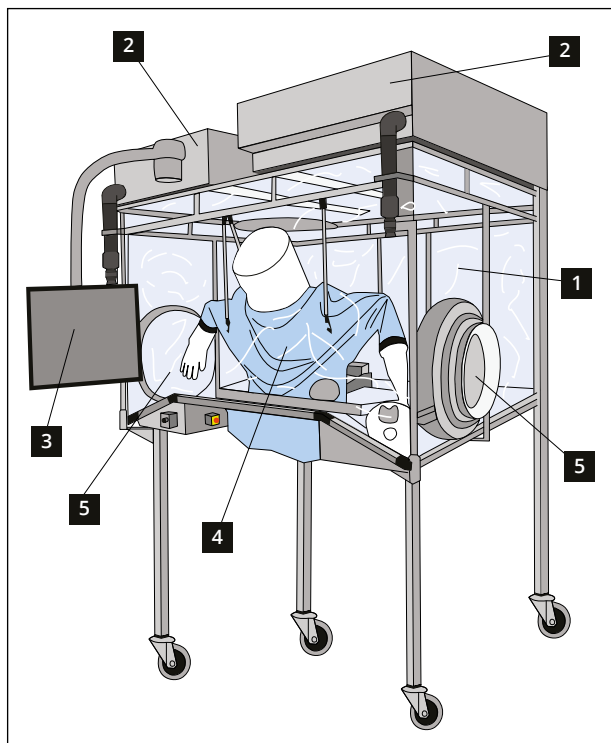


Figura 1. Aislador flexible.¹

Se pueden utilizar para diferentes necesidades en el ámbito del riesgo por exposición a agentes biológicos: para el trabajo de campo con patógenos de alto riesgo, o en laboratorios de campaña, que se utilizan en lugares donde no es posible instalar CSB convencionales, así como para el trabajo con animales que necesitan confinamiento.

Los aisladores flexibles son más fáciles de adaptar a un cambio de uso que los rígidos, disponen de una mejor visibilidad e iluminación total, tanto del interior como del exterior y, en general, suelen tener un menor coste y una mejor portabilidad y montaje y no suelen necesitar sistemas de comunicación desde dentro del traje a la sala exterior.

Sin embargo, estos sistemas disponen de una vida de utilización menor que los rígidos o que las CSB de clase III, son más susceptibles a dañarse y necesitan reemplazar la membrana regularmente. En este sentido, es importante evitar, en la medida de lo posible, el uso de objetos punzantes, como tijeras, que puedan dañar la integridad de los guantes o de la membrana/pared flexible.

El principal problema de este tipo de aisladores es evitar la creación de presiones positivas durante el de-

sarrollo de las operaciones, especialmente en el uso de los sistemas de transferencia, cuando se puede perder presión de aire. Por lo tanto, deben establecerse procedimientos para la introducción y retirada de materiales. Otra consideración es que pueden deteriorarse durante los ensayos con presiones diferenciales que sobrepasen excesivamente las presiones de funcionamiento.

Aisladores rígidos

Los aisladores rígidos (véase figura 2) son una alternativa a los aisladores flexibles, ya que también proveen de un elevado nivel de contención. Estos sistemas permiten trabajar tanto a presión positiva como negativa. Cuando trabajan a presiones negativas deben hacerlo a mayor presión que los de pared flexible para evitar la aparición de presiones positivas durante su uso. Esto es

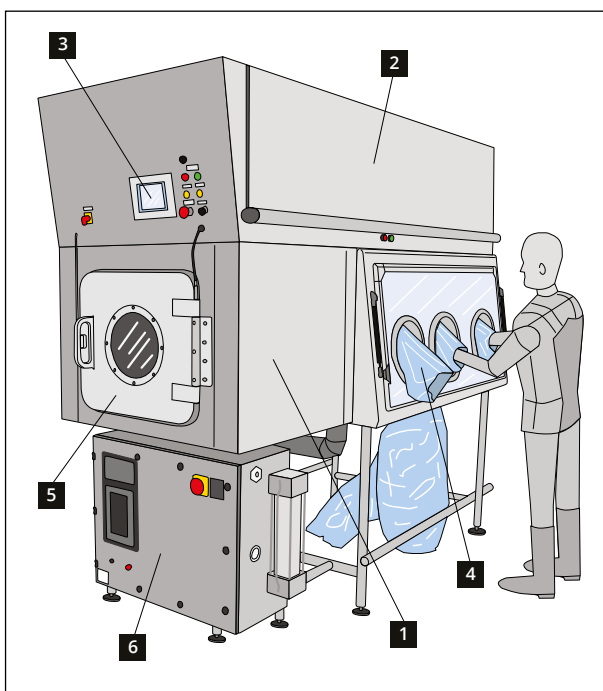


Figura 2. Aislador rígido.²

especialmente significativo en las configuraciones con medio traje, ya que el movimiento dentro del aislador afecta significativamente a la presión interior.

Los sistemas rígidos, por su parte, son más resistentes al daño, pero menos capaces de absorber las fluctuaciones de presión, son más fáciles de limpiar y tienen mejor compatibilidad química, como, por ejemplo, con productos de limpieza y desinfectantes, y un mayor nivel de contención. La detección de fugas es más fácil y las paredes rígidas permiten el uso de puertos de transferencia.

Aisladores no ventilados

Puede darse también el caso de aisladores sin ventilación, normalmente de membrana flexible. Estos son utilizados en situaciones de emergencia, en trabajo de campo cuando se trabaja con microorganismos infecciosos o en laboratorios temporales. En este caso, puesto

¹ 1. Cuerpo (recinto de contención), 2. Ventilación / filtración, 3. Sistema de control, 4. Dispositivo de acceso y 5. Dispositivo de transferencia.

² 1. Cuerpo (recinto de contención), 2. Ventilación / filtración, 3. Sistema de control, 4. Dispositivo de acceso, 5. Dispositivo de transferencia y 6. Sistema de gas para biodescontaminación.

que presentan una efectividad de la contención reducida, se requiere, además, de la utilización de estrictas medidas de trabajo y desinfección. Puede considerarse

su uso si la probabilidad de generación de aerosoles es baja, juntamente con procedimientos estrictos de desinfección.

BIBLIOGRAFÍA

UNE-EN ISO 14644-1:2016 Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 1: Clasificación de la limpieza del aire mediante la concentración de partículas. (ISO 14644-1:2015).

UNE-EN ISO 14644-2:2016 Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 2: Seguimiento para proporcionar evidencias del desempeño en relación con la limpieza del aire mediante la concentración de partículas. (ISO 14644-2:2015).

UNE 171400-1:2019 Diseño de instalaciones de nivel 3 de contención biológica (NCB3).

UNE-EN 12738:2000 Biotecnología. Laboratorios de investigación, desarrollo y análisis. Guía para la contención de los animales inoculados con microorganismos con fines experimentales.

UNE-EN 12741:2000 Biotecnología. Laboratorios de investigación, desarrollo y análisis. Guía para las operaciones en los laboratorios biotecnológicos.

UNE-EN 12469:2001 Biotecnología. Criterios de funcionamiento para las cabinas de seguridad microbiológica.

UNE-EN ISO 14644-7:2005 Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 7: Dispositivos de separación (campanas de aire limpio, cajas de guantes, aisladores, minientornos) (ISO 14644-7:2004).

UNE-ISO 35001:2021 Gestión del riesgo biológico en laboratorios y otras organizaciones relacionadas.

UNE-ISO 35001:2021/Amd 1:2024 Gestión del riesgo biológico en laboratorios y otras organizaciones relacionadas. Modificación 1: Acciones relativas al cambio climático.

UNE-EN ISO 13408-6:2022 Procesado aséptico de productos para la salud. Parte 6: Sistemas aisladores. (ISO 13408-6:2021).

Bässler, H.-J., & Lehmann, F. (2013). Containment technology. Progress in the Pharmaceutical and Food Processing Industry. Springer.

Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia.

HSE. Guidance on the use, testing and maintenance of laboratory and animal isolators for the containment of biological agents. In. Health and Safety Executive.

NSF/ANSI 49. (2022). Biosafety Cabinetry: Design, Construction, Performance, And Field Certification. In.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2024). NTP 1202 Exposición a agentes biológicos. Equipos de seguridad: cabinas de seguridad biológica.

Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

Smither, S. J., & Lever, M. S. (2012). A Review of Filovirus Work and Facilities at The Defence Science and Technology Laboratory Porton Down. Viruses, 4(8), 1305-1317.

U.S. Department of Health and Human Services. (2020). Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories (6 ed.). Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institutes of Health.

WHO. (2020). Biological safety cabinets and other primary containment devices. Geneva: World Health Organization; (Laboratory biosafety manual, fourth edition and associated monographs).

WHO (2020). Laboratory biosafety manual, fourth edition. Geneva: World Health Organization; (Laboratory biosafety manual, fourth edition and associated monographs).

Sistemas de protección individual contra caídas: sistemas de sujeción.

*Personal protective equipment against falls from a height: work positioning systems.
Équipement de protection individuelle pour la prévention contre les chutes de hauteur: systèmes de maintien au travail.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Raúl Arranz de la Fuente.

CENTRO NACIONAL DE MEDIOS DE PROTECCIÓN. INSST.

Esta Nota Técnica de Prevención (NTP) tiene por objetivo fundamental proporcionar el conocimiento y las herramientas necesarias a las personas involucradas en los trabajos con riesgo de caída en altura que vayan a utilizar equipos de protección individual para acometer dichos trabajos de la manera más segura.

En este sentido, esta NTP se enfoca en el sistema de sujeción, utilizado para la protección contra caídas de altura, centrándose en la descripción de los diferentes EPI necesarios para el ensamblaje de dicho sistema y detallando los trabajos habituales en los que se utiliza. Así mismo, próximamente se publicarán NTP sobre los sistemas de retención y sobre sistemas anticaídas.

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

Los equipos de protección individual contra caídas de altura deben utilizarse cuando exista riesgo de que las personas sufran una caída desde distinto nivel, siempre que los riesgos presentes en el lugar de trabajo no se hayan podido evitar o reducir y controlar a través de la implantación de métodos o procedimientos de organización del trabajo seguros, de medidas técnicas, como medios de protección colectiva, etc. En este tipo de trabajos deberá seleccionarse un sistema de protección individual contra caídas de altura adecuado que garantice la seguridad de las personas trabajadoras.

En esta NTP se describen los principales elementos, componentes y dispositivos que forman parte de los sistemas de sujeción utilizados para la protección individual contra caídas de altura, así como trabajos en los que es recomendable su uso. Hay que tener en cuenta que, para un mismo tipo de trabajo que requiera el sistema de sujeción también pueden existir varias soluciones utilizando componentes diferentes y que garantizan la seguridad de las personas trabajadoras. Así mismo, según la tarea que se vaya a realizar, se deberían utilizar otros sistemas de protección individual, como por ejemplo los sistemas de retención, los sistemas de acceso mediante cuerda (NTP 1110), los sistemas anticaídas (NTP 774) y los sistemas de rescate. Para obtener más información sobre todos estos sistemas puede consultarse en la NTP 1170 sobre Utilización de EPI en trabajos con riesgo de caída de altura.

Todos los sistemas de protección individual contra caídas están constituidos por los siguientes componentes: un dispositivo de prensión del cuerpo, un elemento de conexión y un dispositivo de anclaje. Las características de estos equipos dependerán del uso previsto del sistema. A la hora de combinar los componentes necesarios en un sistema de protección individual contra caídas, se deberá tener en cuenta, al menos, los siguientes aspectos:

- Idoneidad de los anclajes (p.ej. ubicación y fuerza).

- Idoneidad de los componentes para el uso previsto del sistema de protección individual contra caídas, teniendo en cuenta todas las diferentes fases de uso (p.ej. acceso, trabajo).
- Características del lugar de trabajo, (p.ej. inclinación del lugar de trabajo, posición del punto de anclaje, aspectos medioambientales).
- Quien realiza la tarea (p. ej. nivel de competencia).
- Compatibilidad de los componentes (p. ej., interacción entre el dispositivo de anclaje y el absorbedor de energía o funciones de detención de otros componentes).
- Consideraciones ergonómicas (p.ej. seleccionando el dispositivo de prensión del cuerpo correcto para lograr el mayor confort).
- Limitaciones de uso (indicadas en la información facilitada por la empresa fabricante).
- La necesidad de prever operaciones de rescate seguras y efectivas.

2. SISTEMAS DE SUJECCIÓN. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS.

Los sistemas de protección individual contra caídas protegen previniendo o deteniendo las caídas libres. Hay que tener en cuenta que las normas técnicas armonizadas a las que se hacen referencia a lo largo de esta NTP son de cumplimiento voluntario, si bien, su cumplimiento da presunción de conformidad con el Reglamento (UE) 2016/425 relativo a los equipos de protección individual. En el caso particular del sistema de sujeción, la norma UNE-EN 363:2018 lo define como el sistema de protección individual contra caídas que permite trabajar en tensión o suspensión de tal manera que se evita una caída libre. Las características específicas del sistema de sujeción son las siguientes:

- Previene la caída libre.
- Permite posicionarse en el lugar de trabajo.

En los sistemas de posicionamiento de trabajo (sistemas de sujeción), normalmente se trabaja a una altura en suspensión o tensión. Por ello, debe existir una seguridad adicional de salvaguardia contra el riesgo de caída de altura, (algunos ejemplos se muestran en la Figura 1) tales como una protección de borde (barandilla) o bien un sistema anticaídas utilizando un dispositivo anticaídas retráctil. En este último caso, por ejemplo, se podrían utilizar dispositivos absorbedores de energía o bien dispositivos anticaídas deslizantes sobre línea de anclaje rígida o flexible.

3. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE SUJECCIÓN

Los sistemas de sujeción están compuestos por un dispositivo de prensión del cuerpo, un sistema de conexión y un punto de anclaje. En cualquier configuración posible del sistema de sujeción, debemos ser capaces de identificar estos tres elementos, ubicados y conectados entre sí en ese mismo orden (ver ejemplo en Figura 1). Estos componentes, teniendo en cuenta la UNE-EN 363:2018, son los que se detallan a continuación.

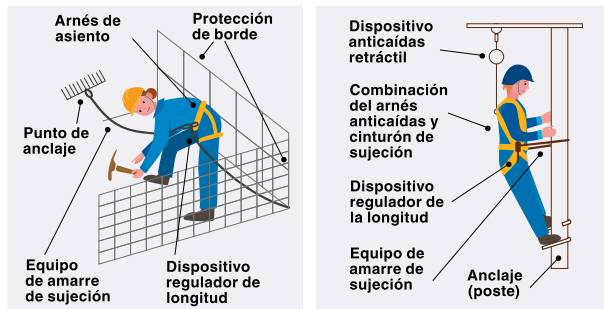


Figura 1. Ejemplos de sistemas de sujeción sobre un plano inclinado y en un poste, con seguridad adicional de salvaguardia (barandillas y retráctil respectivamente).

Dispositivo de prensión del cuerpo

En dispositivo de prensión del cuerpo adecuado sería un cinturón de sujeción para posicionamiento de trabajo teniendo en cuenta la UNE-EN 358:2018, un arnés de asiento (UNE-EN 813:2024), o un cinturón de sujeción de posicionamiento de trabajo (UNE-EN 358:2018) integrado en un arnés anticaídas (UNE-EN 361:2002). (Ver figura 2).

Por razones ergonómicas y para proporcionar elementos de fijación para el caso de llevar a cabo un rescate, es preferible utilizar un arnés de asiento (ver figura 2b) o bien un cinturón para posicionamiento de trabajo integrado en un arnés anticaídas (ver figura 2c), en lugar de utilizar solamente un cinturón para posicionamiento de trabajo (ver figura 2a).



Figura 2. Dispositivos de prensión del cuerpo utilizados en sistemas de sujeción

Sistema de conexión

Un ejemplo de sistema de conexión adecuado sería un equipo de amarre de sujeción (UNE-EN 358:2018), o bien un equipo de amarre (UNE-EN 354:2011), preferiblemente con dispositivo regulable, debido a que habitualmente será necesario poder regular la posición más adecuada a la que se pretende posicionarse. (Ver figura 3).

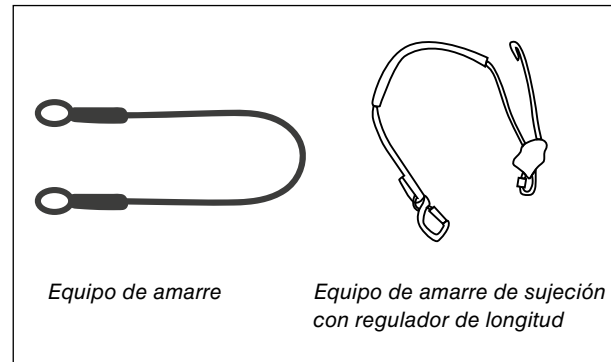


Figura 3. Componentes utilizados en sistemas de sujeción.

En relación con los conectores que se deben utilizar para unir todos los componentes del sistema de sujeción deben seleccionarse los más adecuados para cada tarea, teniendo en cuenta los diferentes tipos que hacen referencia en la UNE-EN 362:2005. (Ver figura 4).



Figura 4. Tipos de conectores (A-anclaje, B-básico, Q-de rosca, T-terminal y M-multiuso).

Punto de anclaje

Por último, para poder llevar a cabo las tareas en altura utilizando un sistema de sujeción, el sistema de conexión deberá estar conectado mediante un dispositivo de anclaje, por ejemplo teniendo en cuenta la UNE-EN 795:2012, o bien la CEN/TS 16415:2013 para multiusuario, asimismo, anclajes permanentes a un punto de la estructura que sea seguro, fiable y que ofrezcan la resistencia mínima necesaria, por ejemplo, los incluidos en la norma EN 17235. En las NTP 893 y NTP 1170, así como en la Guía orientativa para la selección y utilización de EPI contra caídas de altura del INSST, se puede encontrar más información acerca de anclajes.

4. ASPECTOS GENERALES QUE CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN Y USO DE LOS EPI CONTRA CAÍDAS DE ALTURA – SISTEMAS DE SUJECCIÓN

A continuación, se indican algunos de los aspectos más importantes que se deben considerar para la selección y uso de los EPI contra caídas de altura en la utilización de sistemas de sujeción:

- La empresa fabricante debe suministrar con cada uno de los componentes de los sistemas de sujeción, las instrucciones de uso, de mantenimiento y de revisión periódica redactadas en las lenguas oficiales del país de destino.
- La selección de un EPI contra caídas de altura requiere un conocimiento amplio del puesto de trabajo, así como de las tareas a realizar, estableciéndose en la preceptiva evaluación de riesgos. Por ello debe ser realizada por personal capacitado y, en todo caso, se contará con la participación y colaboración de la persona trabajadora.
- La eficacia de la protección del EPI será máxima siempre que se utilice conforme con las instrucciones de la empresa fabricante, incluyendo la realización de las revisiones y mantenimiento periódicos, así como almacenamiento y conservación correctos.
- La revisión periódica de los EPI utilizados será llevada a cabo por personal competente, y con la periodicidad indicada en las instrucciones e información del fabricante, y al menos, cada 12 meses si se tiene en cuenta la UNE-EN 365:2005,. Además, se requiere una verificación antes y después de su utilización.
- Todos los componentes de un sistema deben ser compatibles entre sí, de tal forma que el ensamblaje de componentes se lleve a cabo conforme a las instrucciones e información del fabricante de cada uno de los EPI ensamblados.
- Para la elección de los componentes de un sistema se tendrán en cuenta las consideraciones ergonómicas más adecuadas al trabajo a desarrollar.
- La utilización de los EPI contra caída de altura requiere formación específica teórica y práctica.
- La realización de trabajos en altura conlleva establecer un plan de rescate.

5. TRABAJOS EN LOS QUE SE UTILIZAN SISTEMAS DE SUJECCIÓN: CARACTERÍSTICAS

Los trabajos con riesgo de caída de altura son muy diversos en naturaleza y factores de riesgo presentes, por lo que las soluciones serán igual de diversas. En los trabajos donde se utilizan los sistemas de sujeción, se permite el posicionamiento en el lugar de trabajo:

- *en tensión*: el sistema de sujeción es el que sujeta a la persona que realiza la tarea, de tal forma que el sistema de conexión ofrece una tensión que evita la caída de la propia persona.
- *en suspensión*: la persona que realiza la tarea queda en posición suspendida de tal forma que el sistema de conexión ofrece una tensión y el dispositivo de prensión es el que soporta la carga.

Este tipo de trabajos permite tener las manos libres durante la realización de las tareas.

El sistema de conexión debería ser regulable para

poder modificar su longitud y ajustarlo a las necesidades que requiera cada tarea.

En algunos casos particulares, el asiento (*desarrollado en la NTP 789*) se podrá utilizar en función de la prolongación de la duración de la realización de las tareas y de las exigencias de carácter ergonómico.

A continuación, se describen los principales trabajos con riesgo de caída de altura, en los que es habitual el uso de sistemas de sujeción.

Trabajos sobre planos inclinados

Son aquellos trabajos que se llevan a cabo sobre superficies inclinadas y en los que las personas trabajadoras adoptan una posición que no proporciona una estabilidad adecuada, con el consiguiente riesgo de resbalar a lo largo del plano. Generalmente, al final del plano inclinado existe un desnivel que supondrá el riesgo de caída en altura en caso de deslizamiento de la persona que se encontrase realizando el trabajo. Esta situación suele encontrarse sobre todo en el trabajo sobre cubiertas o diferentes tipos de talud o rampas no transitables.

En estos casos se requiere un sistema de protección individual contra caídas de altura que permita desplazarse a lo largo de toda la superficie del plano. Por este motivo, se debería utilizar un sistema de conexión con dispositivo de longitud regulable para que el trabajador tenga versatilidad según sea el tipo de tarea a realizar.

La figura 5 ilustra un ejemplo de trabajos que se llevan a cabo sobre planos inclinados utilizando sistemas de sujeción.



Figura 5. Trabajos sobre planos inclinados.

Trabajos en torres / postes

Los trabajos realizados en este tipo de estructuras consisten básicamente en el ascenso hasta el punto de trabajo, el desarrollo de la tarea, en posición de tensión o suspensión y el posterior descenso, utilizando el propio poste como elemento estructural para el dispositivo de anclaje utilizado.

Una vez situado en el punto elegido, el desarrollo del trabajo requiere un sistema de sujeción que sitúe a la persona que realiza la tarea cómodamente en el lugar adecuado. El punto de anclaje fiable habitualmente es el propio poste o torre, en el que, por ejemplo, se instala un

equipo de amarre (UNE-EN 354:2011) o bien un equipo de amarre para posicionamiento de trabajo (UNE-EN 358:2018). Utilizando un sistema anticaídas de salvaguarda, por ejemplo dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje vertical flexible.

La figura 6 ilustra un ejemplo de trabajos sobre postes utilizando sistemas de sujeción.



Figura 6. Trabajos sobre postes.
Fotografía propiedad de Pescaira, S.L.

Trabajos sobre taludes

Los taludes son un caso particular de planos inclinados situados en el entorno natural por lo que les confiere particularidades que se deben tener en cuenta. Por una parte, hay que considerar que al estar cubiertos de vegetación o de tierra suelta en muchos de los casos, constituirán en general superficies mucho más deslizantes de lo que cabría esperar por su pendiente por lo que habrá de recurrirse a sistemas de sujeción o incluso a técnicas de suspensión.

Las combinaciones posibles de los componentes de los sistemas de sujeción utilizados en los taludes serán similares a los utilizados en los planos inclinados. (Ver figura 7)



Figura 7. Trabajos realizados en taludes utilizando sistemas de sujeción.
Fotografías propiedad de Desnivel Agraraltura, S.A.

Trabajos de poda y tala de árboles

Los trabajos de poda y tala de árboles en los que se debe ascender por sus troncos para realizar las tareas tienen algunas particularidades que pueden incrementar los riesgos de caída de altura. La utilización de equipos de trabajo con alto poder de corte, como puede ser la motosierra, conlleva el riesgo de producir daños a los propios EPI, particularmente cortes de los elementos tex-

tiles que los constituyen, como pueden ser las cuerdas y otros como los elementos textiles de los dispositivos de anclaje y de los equipos de amarre para el posicionamiento, etc., por lo que se priorizarán los fabricados con elementos metálicos, de cadenas o cables de acero. (Ver figura 8).

La NTP 1119 sobre seguridad en los trabajos de poda en árboles, describe y desarrolla los diferentes métodos de acceso y trabajo seguro en árboles y los distintos dispositivos auxiliares complementarios para la prevención de los riesgos específicos.



Figura 8. Trabajos con sistemas de sujeción en árboles.

6. MARCADO DE LOS EPI E INSTRUCCIONES DE USO

Los EPI contra caídas de altura, de conformidad con el Reglamento (UE) 2016/425 relativo a los equipos de protección individual, deben disponer del correspondiente marcado CE de manera visible, legible e indeleble, durante el período de duración previsible o de vida útil del equipo; si esto no fuese posible debido a las características del producto, el marcado CE se colocará en el embalaje y en los documentos que acompañen al EPI.

Así mismo, los EPI certificados teniendo en cuenta lo establecido en la UNE-EN 365:2005 *Requisitos generales para las instrucciones de uso, mantenimiento, revisión periódica, reparación, marcado y embalaje*, que cumplen con el Reglamento 2016/425, se marcarán con la siguiente información:

- Identificación de la empresa fabricante.
- Número de serie/lote u otro medio de trazabilidad.
- Modelo y tipo del producto.
- Número y año del documento o norma respecto al que el equipo es conforme.
- Pictograma (ver figura 9) para indicar la necesidad de que la persona usuaria lea las instrucciones del equipo.
- Marcado CE, seguido del número identificador del Organismo Notificado que participe en el procedimiento de conformidad con el tipo (módulo C2 o módulo D del Reglamento (UE) 2016/425).
- Fecha de fabricación (mes y año), a partir de la cual se podrá determinar la fecha de caducidad.

Por otra parte, con cada EPI se debe suministrar las instrucciones de uso, mantenimiento y revisión periódica, redactadas en la lengua oficial del país de destino, en formato escrito. Deben ser, al igual que el marcado, claras, legibles e inequívocas y deben contener los detalles adecuados, completados, si es necesario, con esquemas que permitan un uso correcto y seguro del EPI en cuestión.



Figura 9. Pictograma obligatorio en el marcado.

En las normas técnicas particulares de cada uno de los EPI, suelen darse indicaciones adicionales sobre el marcado y el folleto informativo. Estas indicaciones deberán tenerse en cuenta además de las anteriormente mencionadas, que hacen referencia a todos los EPI contra caídas de altura. Así, por ejemplo, el cinturón de sujeción y el arnés de asiento incluirán también la talla y para los equipos de amarre de sujeción se indicará su longitud máxima.

La información contenida en esta NTP se completa con la contenida en las referencias detalladas en la bibliografía.

BIBLIOGRAFÍA

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.

Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo

Real Decreto 2177/2004 por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Real Decreto 773/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

UNE-EN 363:2018. Equipos de protección individual contra caídas. Sistemas de protección contra caídas.

UNE-EN 365:2005. Equipo de protección individual contra las caídas de altura. Requisitos generales para las instrucciones de uso, mantenimiento, revisión periódica, reparación, marcado y embalaje.

UNE-EN 354:2011. Equipos de protección individual contra caídas. Equipos de amarre.

UNE-EN 358:2018. Equipo de protección individual para sujeción en posición de trabajo y prevención de caídas de altura. Cinturones y equipos de amarre para posicionamiento de trabajo o de retención.

UNE-EN 361:2002. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Arnese anticaídas.

UNE-EN 362:2005. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Conectores.

UNE-EN 795:2012. Equipos de protección individual contra caídas. Dispositivos de anclaje.

UNE-EN 813:2024. Equipos de protección individual contra caídas. Arnese de asiento.

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos para la utilización por los trabajadores en el trabajo de EPI. INSST.

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los equipos de trabajo. INSST.

NTP 774. Sistemas anticaídas. Componentes y elementos. INSST.

NTP 809. Descripción y elección de dispositivos de anclaje. INSST.

NTP 789. Ergonomía en trabajos verticales: el asiento. INSST.

NTP 1170. Utilización de EPI en trabajos con riesgo de caída de altura. INSST.

Tríptico y cartel informativo "Trabajar sin caídas". INSST.

Sistemas de protección individual contra caídas: sistemas de retención.

*Personal protective equipment against falls from a height: restraint systems.
Équipement de protection individuelle- de prévention contre les chutes de hauteur: systèmes de retenue.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo
(INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Irene María Carnicero Valero.

CENTRO NACIONAL DE MEDIOS DE PROTECCIÓN. INSST.

Esta Nota Técnica de Prevención (NTP) tiene por objetivo fundamental proporcionar a las personas involucradas en los trabajos con riesgo de caída en altura que vayan a utilizar equipos de protección individual, el conocimiento y las herramientas necesarias para acometer dichos trabajos de la manera más segura.

En este sentido, esta NTP se enfoca en el sistema de retención, utilizado para evitar las caídas de altura, centrándose en la descripción de los diferentes EPI necesarios para el ensamblaje de dicho sistema y detallando los trabajos habituales en los que se utiliza. Así mismo, próximamente se publicarán NTP sobre los sistemas de sujeción y sobre sistemas anticaídas.

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

Los equipos de protección individual contra caídas de altura deben utilizarse cuando exista riesgo de que las personas sufran una caída desde distinto nivel, siempre que los riesgos presentes en el lugar de trabajo no se hayan podido evitar a través de la implantación de métodos o procedimientos de organización del trabajo seguros, de medidas técnicas o bien con medios de protección colectiva. En este tipo de trabajos deberá diseñarse un sistema de protección individual contra caídas de altura adecuado que garantice la seguridad de las personas trabajadoras.

En esta NTP se describen los principales componentes que forman parte de los sistemas de retención utilizados para la protección individual contra caídas de altura, así como trabajos en los que es recomendable su uso. Hay que tener en cuenta que para un mismo tipo de trabajo que requiera el sistema de retención también pueden existir varias soluciones utilizando componentes diferentes y que garanticen la seguridad de la persona trabajadora. Así mismo, según la tarea que se vaya a realizar, se deberían utilizar otros sistemas de protección individual, como por ejemplo los sistemas de sujeción, los sistemas de acceso mediante cuerda (NTP 1110), los sistemas anticaídas (NTP 774) y los sistemas de rescate. Para obtener más información sobre todos estos sistemas puede consultarse la NTP 1170 sobre Utilización de EPI en trabajos con riesgo de caída de altura.

Todos los sistemas de protección individual contra caídas están constituidos por los siguientes componentes: un dispositivo de prensión del cuerpo, un sistema de conexión y un punto de anclaje. Las características de estos equipos dependerán del uso previsto del sistema. A la

hora de combinar los componentes necesarios en un sistema protección individual contra caídas, se deberá tener en cuenta, al menos, los siguientes aspectos:

- Idoneidad de los anclajes (p.ej. ubicación y fuerza).
- Idoneidad de los componentes para el uso previsto del sistema de protección individual contra caídas, teniendo en cuenta todas las diferentes fases de uso (p.ej. acceso, trabajo, etc.).
- Características del lugar de trabajo (p.ej. inclinación del lugar de trabajo, posición del punto de anclaje, aspectos medioambientales, etc.).
- Quien realiza la tarea (p. ej. nivel de competencia).
- Compatibilidad de los componentes (p. ej., interacción entre el dispositivo de anclaje y el absorbedor de energía o funciones de detención de otros componentes).
- Consideraciones ergonómicas (p.ej. seleccionando el arnés correcto para lograr el mayor confort).
- Limitaciones de uso indicadas en la información facilitada por la empresa fabricante.
- La necesidad de prever operaciones de rescate seguras y efectivas.

2. SISTEMAS DE RETENCIÓN. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Los sistemas de retención son aquellos destinados a **evitar la caída de altura mediante la restricción del desplazamiento de la persona trabajadora**, de modo que no sea posible alcanzar aquellas zonas donde se presenta dicho riesgo. Es importante destacar que **no están diseñados para detener la caída** en caso de que ésta ocurra, ni para aquellas situaciones en las que el trabajo requiera el apoyo del dispositivo de prensión del cuerpo para la sujeción del cuerpo, como los trabajos en tensión o en suspensión. Por tanto, es muy importante

conocer y evaluar las tareas que se van a realizar antes de la selección del sistema de protección individual contra caídas de altura.

Hay que tener en cuenta que las normas técnicas armonizadas a las que se hacen referencia a lo largo de esta NTP son de cumplimiento voluntario, si bien, su cumplimiento da presunción de conformidad con el Reglamento (UE) 2016/425 relativo a los equipos de protección individual.

3. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RETENCIÓN

Los sistemas de retención, como cualquier sistema de protección individual contra caídas de altura, están formados por los tres elementos mencionados anteriormente: un dispositivo de presión del cuerpo, un sistema de conexión y un punto de anclaje (ver Figura 1). Siempre, en cualquier configuración posible del sistema de retención, debemos ser capaces de identificar estos tres elementos, ubicados y conectados entre sí en ese mismo orden. A continuación, se amplía la información sobre cada uno de los elementos.

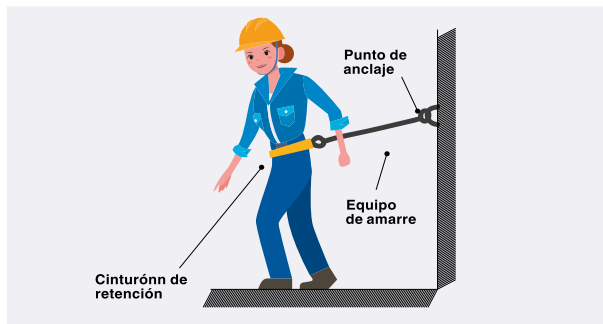


Figura 1. Ejemplo de sistema de retención.

Dispositivo de presión del cuerpo

Los dispositivos de presión del cuerpo para un sistema de retención son los cinturones de retención, los cinturones de sujeción y retención, los arneses de asiento, los arneses anticaídas o una combinación de ellos.

Haciendo hincapié en que un sistema de retención no está diseñado para detener una caída, la elección del dispositivo de presión del cuerpo dependerá, entre otros, de la relación entre el punto de anclaje y el elemento de fijación (ver figura 2), las características de los movimientos propios de la tarea y los criterios ergonómicos de la persona trabajadora. En todo caso, ésta deberá estar debidamente formada e informada sobre los riesgos a los que se expone, los equipos de protección individual (EPI) que va a utilizar y los riesgos de los que protege cada uno de ellos.

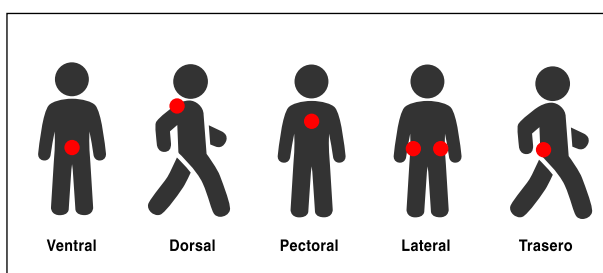


Figura 2. Elementos de fijación.

Cinturón de retención

El cinturón de retención se define por la UNE-EN 358:2018 como una combinación de correas, herrajes, hebillas u otros elementos en forma de cinturón **con uno o más elementos de fijación como medio de soporte para la retención**. Cabe destacar que este tipo de cinturones, teniendo en cuenta dicha norma técnica, es conveniente identificarlos con una “R” en su marcado.

Cinturón de sujeción y retención

Por su parte, el cinturón de sujeción se define como una combinación de correas, herrajes, hebillas u otros elementos en forma de cinturón **con un elemento de fijación ventral y/o elementos de fijación laterales** como medio de soporte para el posicionamiento de trabajo.

Para la conformación de un sistema de retención, sólo será necesario conectarse a unos de los elementos de fijación.

Arnés de asiento

Se definen en la norma UNE-EN 813:2024 como el conjunto de bandas, elementos de ajuste, hebillas, apoyo dorsal u otros elementos con la forma de un cinturón **con un punto de enganche ventral y unido a un soporte, que rodea cada pierna**, convenientemente dispuesto de manera que una persona consciente pueda sostenerse en posición sentada, pudiendo estar equipado con tirantes o incorporado a una prenda o arnés anticaídas.

El principal elemento de fijación asociado al arnés de asiento es el ventral, aunque es habitual que además tengan elementos laterales.

Arnés anticaídas

Según la UNE-EN 361:2002, el arnés anticaídas será el único dispositivo de presión del cuerpo destinado a detener una caída. Si bien un sistema de retención no está diseñado para detener una caída, la utilización de un arnés anticaídas **ofrece hasta dos elementos de fijación adicionales, dorsal y pectoral** (ver Figura 2).

Combinación de dispositivos de presión del cuerpo

Por último, y en relación con la versatilidad, existen combinaciones de los tres dispositivos de presión del cuerpo, incluso en formato *extraíble*, pudiendo convertirlo en uno u otro con mucha facilidad. En estos casos es importante conocer las normas armonizadas que aplican a cada uno de ellos y asegurarse de que el equipo cumple con todas ellas, es decir, los requisitos que se le exigen a cada equipo por separado son exigidos en su totalidad al conjunto del equipo híbrido y así debe reflejarse el marcado y las instrucciones e información de uso que debe proporcionar la empresa fabricante del EPI.

Sistema de conexión

La UNE-EN 363:2018 contempla, para la configuración de los sistemas de retención, utilizar **un equipo de amarre, con o sin regulador de longitud** (UNE-EN 354:2011), o bien los equipos de amarre (UNE-EN 358:2018). En cualquier caso, siempre **se habrá de comprobar que la distancia máxima del sistema de conexión deberá ser menor que la existente entre el punto de anclaje y la zona donde existe el riesgo de caída**. Acorde a la

existencia o no de regulador de longitud, se pueden dar las siguientes situaciones:

- Que la distancia a la zona de riesgo sea siempre la misma y el sistema de conexión no tenga regulador de longitud: la longitud del sistema de conexión deberá ser menor que la distancia al lugar de la caída.
- Que la distancia a la zona de riesgo sea siempre la misma y el sistema de conexión tenga regulador de longitud: previamente a la realización de los trabajos se deberá fijar una longitud menor del sistema de conexión que la distancia al lugar de la caída.
- Que la distancia a la zona de riesgo sea variable y el sistema de conexión no tenga regulador de longitud: su longitud deberá ser menor que la menor de las distancias existentes a la zona de riesgo.
- Que la distancia a la zona de riesgo sea variable y el sistema de conexión tenga regulador de longitud: se deberá fijar una longitud menor a la menor de las distancias existentes a la zona de riesgo previamente a la realización de los trabajos.

En virtud de la evolución de la técnica, cabe añadir que la norma contempla el uso de dispositivos retráctiles tanto vertical como horizontalmente. Existiendo en el mercado dispositivos retráctiles de numerosas longitudes, es posible su uso en sistemas de retención **siempre que se atienda a las instrucciones e información de uso suministradas por la empresa fabricante**, prestando especial atención a la adecuación de la longitud máxima a la distancia de seguridad de los trabajos a realizar y al límite permitido de inclinación con la vertical u horizontal.

El uso de estos dispositivos puede eliminar riesgos derivados del propio equipo de amarre, como caídas al mismo nivel de otras personas que pudieran tropezar con él.

Conectores

Todas las uniones existentes entre el dispositivo de prensión del cuerpo, el sistema de conexión y el punto de anclaje deberán realizarse mediante conectores adecuados, por ejemplo aquellos conformes a la UNE-EN 362:2005.

Punto de anclaje

Por último, para poder llevar a cabo las tareas en altura utilizando un sistema de sujeción, el sistema de conexión deberá estar conectado mediante un dispositivo de anclaje seguro, pudiendo garantizarse dicha seguridad mediante el cumplimiento de la UNE-EN 795:2012 o la especificación técnica CEN/TS 16415:2013 para multiusuario, o bien, anclajes permanentes a un punto de la estructura que sea seguro, fiable y que ofrezcan la resistencia mínima necesaria, por ejemplo, los incluidos en la norma prEN 17235. En las NTP 893 y NTP 1170, así como en la Guía orientativa para la selección y utilización de EPI contra caídas de altura del INSST, se puede encontrar más información acerca de anclajes.

4. ASPECTOS GENERALES QUE CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN Y USO DE LOS EPI CONTRA CAÍDAS DE ALTURA – SISTEMAS DE RETENCIÓN

En términos generales, **se requiere el uso de protección contra caídas de altura en trabajos que supongan un**

riesgo de caída de altura igual o superior a dos metros sobre el plano de referencia. Sin embargo, **puede haber ocasiones en las que se evalúe la necesidad de proteger frente al riesgo de caídas de alturas menores**, como podría ser el caso de la existencia de otros riesgos añadidos o que el plano de referencia presente no sea seguro; por ejemplo, el mar. Por tanto, será objeto de la preceptiva evaluación de riesgos determinar el riesgo y, en consecuencia, el uso de un sistema de protección individual contra caídas de altura.

En la NTP 1170 se puede encontrar información general acerca de todos los Sistemas de protección individual contra caídas de altura (SPICA), conceptos básicos sobre la física y dinámica de la caída, los tipos de trabajos en altura y sus riesgos y aspectos generales a considerar en la elección del SPICA más conveniente en cada circunstancia.

La peculiaridad del sistema de retención es que **es el único SPICA que elimina por completo el riesgo** de caída de altura. Por este mismo motivo, no estará acompañado de otro SPICA o protección colectiva, por lo que es especialmente indispensable su correcto funcionamiento.

Aunque más adelante se indican sectores de actividad en los que es frecuente el uso de sistemas de retención, estos son algunos de los aspectos más importantes a considerar para su selección y uso:

- La selección de un EPI contra caídas de altura requiere un conocimiento amplio del puesto de trabajo, así como de las tareas a realizar, estableciéndose en la preceptiva evaluación de riesgos. Por ello, debe ser realizada por personal capacitado y, en todo caso, se contará con la participación y colaboración del trabajador o trabajadora.
- La utilización de los EPI contra caídas de altura **requiere que la persona usuaria tenga formación específica** sobre su uso y revisión que haga posible su retirada en caso de duda sobre su estado.
- Para la elección de los componentes del sistema de retención se tendrán en cuenta algunos aspectos como son la **idoneidad y compatibilidad** de éstos para el uso previsto, las características del lugar de trabajo, el grado de confort y otros aspectos ergonómicos, las limitaciones de uso (indicadas por la empresa fabricante en el folleto informativo e instrucciones de uso), las características del punto de anclaje y otras consideraciones que puedan surgir de la preceptiva evaluación de riesgos realizada.
- Siempre **se seguirán las indicaciones de la empresa fabricante** en cuestiones de uso, mantenimiento, limpieza, almacenamiento, transporte, revisiones, reparaciones y marcado.

5. TRABAJOS CON UTILIZACIÓN DE SISTEMAS DE RETENCIÓN: CARACTERÍSTICAS

A continuación, se presentan algunos ejemplos de trabajos en los que es habitual y/o recomendado el uso de los sistemas de retención como medida preventiva contra caídas de altura.

Trabajos en cubiertas planas, plataformas en altura o cerca de bordes de forjados



Figura 3. Ejemplo de trabajo cerca de borde de forjado.
Fotografía propiedad de MultiGarBen.

Dado que el sistema de retención no está diseñado para detener ningún tipo de caída, **sólo será conveniente utilizarlo en cubiertas planas u otras superficies horizontales**, como son las plataformas en altura, y cuando sea estrictamente necesario, es decir, en aquellos casos en los que no se disponga de una protección colectiva de borde como petos o barandillas, permanente o provisional, que cumplan con los requisitos establecidos legalmente.

En estos trabajos, (ver figura 3) el sistema de retención **debe permitir el desplazamiento a lo largo de toda la superficie** de la cubierta asegurando en todo momento que no sea posible alcanzar aquellas zonas donde se presenta el riesgo de caída en altura. Podrá ser combinado con una línea de anclaje horizontal, o uno o varios puntos de anclaje distribuidos en la cubierta, en cuyo caso es recomendable que el equipo de amarre incluya un dispositivo de regulación de longitud que permita el ajuste necesario en cada punto de anclaje. La selección de una combinación u otra de componentes dependerá de la naturaleza de los trabajos a realizar, así como de la configuración de la superficie de la cubierta.

Trabajos en plataformas elevadoras

Existen numerosos riesgos y factores de riesgo asociados a la utilización de plataformas elevadoras móviles de personal (PEMP) y cualquier persona que vaya a hacer uso de una deberá disponer de formación conforme al artículo 19 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y de formación específica que capacita al trabajador para la utilización del equipo de trabajo según el Anexo II del Real Decreto 1215/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. En este sentido, de forma orientativa, la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los equipos de trabajo, elaborada por el INSST, nos remite en su apéndice 13 a la norma UNE 58923. Esta norma, aunque de carácter voluntario, ofrece una serie de requisitos para la persona operadora, así como un programa formativo e instrucciones de mantenimiento y renovación de la formación.

Los principales riesgos y factores de riesgo asociados a las caídas de altura y el uso de las PEMP son:

- Basculamiento del conjunto del equipo al estar situado en un plano inclinado o en mal estado.
- Rotura de la plataforma por sobrecarga y/o sobrepasar la fuerza lateral máxima admisible.
- Efecto catapulta.
- Aumento de la superficie de la plataforma con estructuras adicionales.

Para prevenir las caídas de altura desde la plataforma de una PEMP (ver figura 4), **se podrá disponer de un sistema de retención conectado a un punto de anclaje seguro y específico a tal fin**. Este punto de anclaje se situará a no más de 750 mm por encima del suelo de la plataforma de trabajo y diseñado para resistir una fuerza estática de 6 kN por persona, debiendo aumentar un 20% la resistencia por cada persona adicional. Además, se señalará con la frase “Sólo retención” y/o un pictograma equivalente y el número máximo de personas que pueden anclarse simultáneamente.



Figura 4. Ejemplo de trabajo en plataforma elevadora.

En determinados trabajos, y según el tipo de PEMP, puede surgir la duda sobre si usar o no un sistema de retención. En estos casos, **será de aplicación lo establecido en el Real Decreto 1215/1997**, es decir, los equipos de trabajo no podrán utilizarse de forma o en operaciones o en condiciones contraindicadas por la empresa fabricante, por lo que, en todo caso, se deberá seguir lo establecido en las instrucciones e información de uso. Sin embargo, en los casos en que la empresa fabricante no obligue al uso de equipos de protección individual, dicho uso quedará vinculado a lo establecido en la preceptiva evaluación de riesgos del puesto de trabajo. Para obtener más información sobre las PEMP pueden consultarse las NTP 1039 y NTP 1040.

Trabajos en cubierta en buques de pesca

El denominador común de estos trabajos es que **la caída desde distinto nivel se produce al mar y, por tanto, se añade el riesgo de ahogamiento, independientemente de la altura a la que se produzca la caída**. En estos casos (ver figura 5), lo habitual es protegerse mediante equipos de flotación individual; sin embargo, en aplica-



Figura 5. Ejemplo de trabajo en buque de pesca.
Fotografía propiedad de Mike Hood.

ción de los principios de la acción preventiva, se debe evitar el riesgo en su origen.

Por norma general, para evitar caídas por la borda en buques, se instalan barandillas de 1 metro de altura, como se exige en el Protocolo de Torremolinos de 1993. No obstante, se pueden dar ciertos casos en los que esta protección no se cumpla o no sea suficiente:

- La altura de 1 metro constituye un estorbo para las faenas normales del buque, en cuyo caso, la Administración podrá autorizar una altura menor.
- Se considera que una barandilla es insuficiente para la protección de la tripulación, habida cuenta de los estados de la mar y las condiciones meteorológicas en que el buque pueda tener que faenar, las zonas de operaciones, el tipo de buque, el método de pesca...

Tal y como se expone en la NTP 1154 del INSST, y de acuerdo con los datos obtenidos de la ITSS a partir la Subdirección General de Estadística y Análisis Sociolaboral del Ministerio de Trabajo y Economía Social, en relación con los accidentes graves y mortales investigados en el sector pesquero entre los años 2011 y 2018, más del 5% de los sucesos ocurridos en pesca con artes menores fueron caídas al mar. En este sentido, la NTP 1155 recomienda el uso de sistemas de retención en los trabajos en lugares expuestos o que haya que inclinarse por encima de la borda. Algunas de las faenas que presentan el riesgo de caída al mar por exposición directa o por inclinarse por encima de la borda, son:

- La preparación del arte.
- La captura, por ejemplo, las maniobras de largada y recogida de la boya guía y maniobras de virada y estiba de aparejos.
- El pertrecho, por ejemplo, en la carga manual y estiba de material a bordo del buque.
- La navegación a caladero y búsqueda de cardumen.
- Navegación a puerto, estiba y descarga de aparejos.

En estos casos, los sistemas de retención, por ejemplo, conectados a una línea de anclaje, permitirán la realización de las tareas en condiciones de seguridad para la tripulación.

Otros trabajos

Cabe recordar que no sólo el sector pesquero presenta estos riesgos. Cualquier trabajo en plataformas petrolíferas, puertos comerciales e incluso deportivos presentan tareas con riesgo de caída al mar, a veces incluso cerca de muelles desprotegidos, en los que es conveniente la consideración del uso de un sistema de retención.

A modo de conclusión, en cualquier puesto de trabajo que presente un riesgo de caída a distinto nivel, que éste no haya podido evitarse mediante protecciones colectivas y que las características del lugar de trabajo, la tarea y la persona que la va a realizar permitan el uso de un sistema de retención, se recomienda su utilización. Otros ejemplos de trabajos son:

- Construcción de edificios, puentes u obra civil o naval.
- Mantenimiento de edificios: fachadas con plataforma de acceso y/o cubiertas no transitables.
- Mantenimiento de infraestructuras e instalaciones.
- Mantenimiento y reparación de alas de aviones (ver Figura 6).
- Mantenimiento y reparación de tendidos eléctricos.
- Montaje y fabricación industrial.

- Montaje y desmontaje de andamios.
- Trabajos en cabinas de grúas en altura.
- Tareas alrededor de zanjas, pozos y canalizaciones.



Figura 6. Ejemplo de trabajo en ala de avión. Fotografía propiedad de MSA Nederland B.V.

6. MARCADO DE LOS EPI E INSTRUCCIONES DE USO

Los EPI contra caídas de altura, de conformidad con el Reglamento (UE) 2016/425 relativo a los equipos de protección individual, deben disponer del correspondiente marcado CE de manera visible, legible e indeleble, durante el período de duración previsible o de vida útil del equipo; si esto no fuese posible debido a las características del producto, el marcado CE se colocará en el embalaje y en los documentos que acompañen al EPI.

Así mismo, los EPI que se hayan certificado conforme a lo establecido en la UNE-EN 365:2005 Requisitos generales para las instrucciones de uso, mantenimiento, revisión periódica, reparación, marcado y embalaje, se marcarán con la siguiente información:

- Identificación de la empresa fabricante.
- Número de serie/lote u otro medio de trazabilidad.
- Modelo y tipo del producto.
- Número y año del documento respecto al que el equipo es conforme (normalmente, una norma UNE-EN).
- Pictograma (ver figura 7) para indicar la necesidad de que las instrucciones de uso deben ser leídas.



Figura 7. Pictograma obligatorio en el marcado.

- Marcado CE y número del organismo notificado que participe en el procedimiento de conformidad con el tipo (módulo C2 o módulo D del Reglamento (UE) 2016/425).
- Fecha de fabricación (mes y año), por la cual se podrá determinar la fecha de caducidad.

Además, con cada EPI se deben suministrar las instrucciones de uso, mantenimiento y revisión periódica, redactadas en la lengua oficial del país de destino, en formato escrito. Deben ser, al igual que el marcado, claras, legibles e inequívocas y deben contener los detalles adecuados, completados, si es necesario, con esquemas que permitan un uso correcto y seguro del EPI en cuestión.

En las normas técnicas particulares de cada uno de los EPI, suelen darse indicaciones adicionales sobre el marcado y el folleto informativo. Estas indicaciones deberían tenerse en cuenta además de las anteriormente mencionadas, que aplican a todos los EPI contra caídas de altura. Así, por ejemplo, la norma UNE-EN 358:2018 hace referencia a un marcado concreto para aquellos cin-

turones que sólo pueden ser usados para sistemas de retención, los cuales, como se especificó anteriormente, **se identificarán con una “R”**.

La información contenida en esta NTP se completa con la contenida en las referencias detalladas en la bibliografía.

BIBLIOGRAFÍA

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.

Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo.

Real Decreto 2177/2004 por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Real Decreto 773/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

UNE 58923:2014. Plataformas elevadoras móviles de personal (PEMP). Formación del operador.

UNE-EN 280-1:2023. Plataformas elevadoras móviles de personal. Parte 1: Cálculos de diseño. Criterios de estabilidad. Construcción. Seguridad. Exámenes y ensayos.

UNE-EN 363:2018. Equipos de protección individual contra caídas. Sistemas de protección contra caídas.

UNE-EN 365:2005. Equipo de protección individual contra las caídas de altura. Requisitos generales para las instrucciones de uso, mantenimiento, revisión periódica, reparación, marcado y embalaje.

UNE-EN 354:2011. Equipos de protección individual contra caídas. Equipos de amarre.

UNE-EN 358:2018. Equipo de protección individual para sujeción en posición de trabajo y prevención de caídas de altura. Cinturones y equipos de amarre para posicionamiento de trabajo o de retención.

UNE-EN 360:2023. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Dispositivos anticaídas retráctiles.

UNE-EN 361:2002. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Arneses anticaídas.

UNE-EN 362:2005. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Conectores.

UNE-EN 795:2012. Equipos de protección individual contra caídas. Dispositivos de anclaje.

UNE-EN 813:2024. Equipos de protección individual contra caídas. Arneses de asiento.

Protocolo de Torremolinos de 1993 relativo al Convenio Internacional de Torremolinos para la Seguridad de los Buques Pesqueros.

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos para la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual. INSST.

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos en el trabajo a bordo de los buques de pesca. INSST.

NTP 774. Sistemas anticaídas. Componentes y elementos. INSST.

NTP 1110. Seguridad en trabajos verticales (III). Equipos del sistema de acceso mediante cuerdas. INSST.

NTP 1139. Plataformas elevadoras móviles de personal (I): gestión preventiva para su uso seguro. INSST.

NTP 1140. Plataformas elevadoras móviles de personal (II): gestión preventiva para su uso seguro. INSST.

NTP 1154. Artes menores (I): Identificación de riesgos.

NTP 1155. Artes menores (II): Medidas preventivas.

NTP 1170. Utilización de EPI en trabajos con riesgo de caída de altura. INSST.

Tríptico y cartel informativo "*Trabajar sin caídas*". INSST.

Inspecciones internas de materiales e instalaciones eléctricas de baja tensión en zonas con atmósferas explosivas. Parte I.

*Internal inspections of materials and low voltage electrical installations in areas with explosive atmospheres. Part I.
Inspections internes des matériaux et installations électriques basse tension dans des zones à atmosphères explosives. Partie I.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

María del Carmen Díaz Muñoz.

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS. INSST.

Juan Manuel Cano Galdón.

FREMAP.

Esta primera NTP describe los aspectos más relevantes en relación con las inspecciones internas de materiales y de instalaciones eléctricas de baja tensión situadas en emplazamientos en los que existe riesgo de explosión o de incendio debido a la presencia de atmósferas explosivas: tipología de las inspecciones, requisitos documentales necesarios y formación exigida para el personal que las realiza.

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

El riesgo de formación de atmósferas explosivas puede estar presente en múltiples tareas y procesos productivos, así como en diversos sectores de actividad como el agrícola (por las características de piensos, fertilizantes, etc.), el de la madera (por la formación de polvo de madera, la utilización de disolventes, etc.) o el industrial (petroquímicas, farmacéuticas, etc.). Una vez identificado el citado riesgo en la preceptiva evaluación de riesgos laborales, se deben adoptar medidas para garantizar la seguridad y salud de las personas trabajadoras. En aquellas circunstancias en las que, por la naturaleza de la actividad, no sea posible evitar la formación de una atmósfera explosiva, las medidas irán encaminadas a impedir que la sustancia inflamable entre en contacto con una fuente de ignición que le proporcione la energía de activación necesaria para que se produzca la explosión. En este sentido y en lo referente a los equipos e instalaciones eléctricas de baja tensión, deberán seleccionarse aquellos cuyas características hayan sido especialmente diseñadas para operar en tales ambientes. Asimismo, a fin de garantizar que estas características se mantienen intactas a lo largo de la vida de estas instalaciones y equipos, deberán ser adecuadamente mantenidos y sometidos a inspecciones programadas para asegurar que sus condiciones son satisfactorias y que no suponen un riesgo.

En este caso, existe normativa específica de seguridad industrial que precisa la obligatoriedad de estas inspecciones por parte de la empresa y las condiciones en que deben llevarse a cabo. Será por tanto necesario elaborar un documento, que denominaremos plan de inspecciones internas, en el que se identifiquen los equipos e instalaciones afectados, se designen las unidades que deben intervenir en su gestión (normalmente, la unidad que utiliza la instalación o equipo en cuestión y/o el servicio de mantenimiento, incluso especialistas ajenos a la empresa, que deberán disponer de la formación requerida),

se establezca la periodicidad de las inspecciones, y se definan los registros que deben realizarse, entre otros. Para la elaboración de este documento se recomienda contar con el asesoramiento del servicio de prevención.¹

2. OBJETO Y ALCANCE

Esta NTP tiene como objetivo dar a conocer los requisitos de las inspecciones internas que deben efectuarse por parte de la empresa en materiales e instalaciones de baja tensión situados en zonas con presencia de atmósferas explosivas (zonas ATEX). En concreto, se centra en los aspectos fundamentales que se deben tener en consideración en las actividades de inspección periódica y supervisión continua y se describen brevemente las inspecciones por muestreo que deben realizarse complementariamente en ambas actividades. Adicionalmente, se desarrollan los requisitos de la documentación y registro del resultado de las inspecciones y la cualificación exigida para el personal que las realiza.

Estas inspecciones están recogidas en la norma UNE-EN 60079-17 *Atmósferas explosivas. Parte 17: Inspección y mantenimiento de instalaciones eléctricas*² que resulta de obligado cumplimiento de conformidad con lo dispuesto la ITC-BT-29 del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto por el que se aprueba el reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT).

¹ Para más información, véase el apartado 4.5 integración en el mantenimiento/ revisión de instalaciones/equipos peligrosos de la Guía técnica para la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa elaborada por el INSST.

² Con carácter general, las normas técnicas no son de obligado cumplimiento salvo en aquellos casos en que así se exija legalmente. En el caso concreto de las normas técnicas citadas en las NTP 1206 y 1207, es preceptivo el cumplimiento de las normas UNE-EN 60079-14 y UNE-EN 60079-17 ya que así se dispone en la ITC-BT-29.

3. MARCO NORMATIVO

En el contexto normativo relacionado con las inspecciones en instalaciones y equipos eléctricos de baja tensión en zonas ATEX hay que tener en cuenta tanto la legislación de seguridad y salud en el trabajo como la industrial: la de seguridad industrial establece los requisitos técnicos para prevenir la formación o ignición de atmósferas explosivas, mientras que la de seguridad y salud laboral se enfoca en proteger a las personas trabajadoras cuando están expuestas a estos riesgos.

A continuación, se cita la normativa principal relacionada con el ámbito de la presente NTP:

- El *Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo* establece, en relación con la selección de equipos presentes en dichos ambientes, que se elegirán aquellos que cumplan con el *Real Decreto 144/2016 de 8 de abril, por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas*.³ Asimismo, respecto a su instalación y utilización, en el

anexo II.B del Real Decreto 681/2003 se recogen disposiciones específicas en función de la clasificación de la zona ATEX.

- Adicionalmente, en el caso de instalaciones y equipos eléctricos en emplazamientos con riesgo de incendio o explosión, el anexo VI del *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* dispone que estos deberán ser conformes con las prescripciones particulares indicadas, a tal efecto, en la reglamentación electrotécnica.
- El *Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto por el que se aprueba el reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT)*, específicamente, en la *ITC-BT-29 Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión*, incluye obligaciones específicas en cuanto a la selección e instalación de equipos eléctricos en zonas ATEX y en cuanto al mantenimiento e inspecciones a que deben someterse. Con respecto a la selección e instalación, remite a la norma UNE-EN 60079-14 *Atmósferas explosivas. Parte 14: Diseño, elección y realización de las instalaciones eléctricas*. Por otra parte, referente a las inspección y mantenimiento, remite a lo dispuesto en la norma UNE-EN 60079-17.

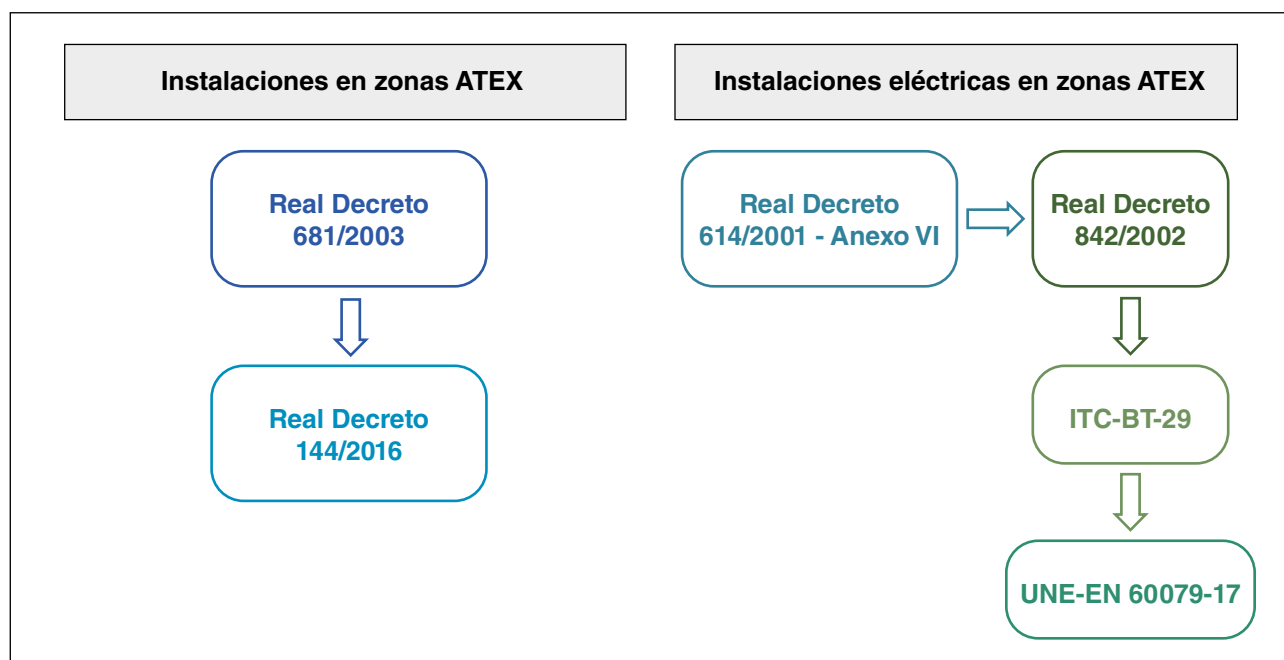


Figura 1. Esquema de marco normativo³.

4. DEFINICIONES

Para facilitar la comprensión de esta NTP se exponen a continuación las definiciones de los términos fundamentales que se utilizan en la misma, haciendo referencia a la norma legal o técnica en la que están recogidas:

Instalación eléctrica: conjunto de aparatos y de circuitos asociados para un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica (ITC-BT-01 del REBT).

Inspección: acción que comprende una revisión sistemática de un elemento de la instalación llevada a cabo sin desmantelamiento, o con desmantelamientos parciales cuando se requiera, complementada por medios tales como mediciones, con el objeto de llegar a una conclusión fiable sobre la condición de un elemento (UNE-EN 60079-17).

Material (para atmósferas explosivas): término general que incluye los equipos, accesorios, dispositivos, componentes y similares utilizados como parte de o en

³ Se debe tener en consideración que pueden existir equipos adquiridos antes del 20 de abril de 2016 y que, por tanto, estarán regulados por el Real Decreto 400/1996. Para más información véase el Apéndice 4 de la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo elaborada por el INSST.

conexión con una instalación eléctrica en una atmósfera explosiva (UNE-EN 60079-0).

Personal cualificado: personas cuya formación comporta instrucción sobre los diferentes modos de protección y práctica de instalación, los requisitos de la norma, las correspondientes reglamentaciones nacionales/reglas propias de la empresa que son de aplicación a la instalación, así como sobre los principios generales de clasificación de zonas (UNE-EN 60079-17).

Persona técnica con función ejecutiva: persona que proporciona la gestión técnica del personal cualificado, que tiene conocimiento suficiente en el campo de protección contra explosiones, está familiarizada con las condiciones locales y con la instalación, y a la que le ha sido confiada la responsabilidad general y el control de los sistemas de inspección del material eléctrico en los emplazamientos peligrosos (UNE-EN 60079-17).

5. INSPECCIONES TÉCNICAS INTERNAS: GRADOS DE INSPECCIÓN Y ESTABLECIMIENTO DEL PLAN DE INSPECCIONES

5.1 Grados de inspección

La norma UNE-EN 60079-17 establece tres grados de inspección en función de las comprobaciones que haya que realizar para cada uno de los modos de protección del material e instalación:

- **Inspección de grado visual:** es aquella que identifica defectos que son evidentes a la vista como falta de tornillos, envolvente dañada o presencia de defectos EOL⁴ en luminarias, sin necesidad de uso de equipamiento de acceso o herramientas.
- **Inspección de grado cercano:** comprende los puntos cubiertos mediante una inspección visual y, además, identifica aquellos defectos situados en zonas poco accesibles que solo son visibles con el uso de equipamiento de acceso como podría ser una escalera. Ejemplo de estos defectos pueden ser: existencia de daño evidente en cables, falta de identificación del equipo o dispositivos de respiración y drenaje incorrectos.
- **Inspección de grado detallado:** es aquella que abarca los elementos incluidos en las inspecciones anteriores y, además, determina aquellos defectos como conexiones sueltas o juntas de estanqueidad incorrectas que solo son visibles al abrir la envolvente y/o con el uso de herramientas y equipos de ensayo.

Las inspecciones de grado visual y cercano no requieren la apertura de la envolvente del equipo por lo que se pueden efectuar con el material en tensión, mientras que las detalladas exigen el seccionamiento del material.

Los programas de inspección de la norma detallan las comprobaciones a realizar en cada grado de inspección.

5.2 Establecimiento del plan de inspecciones internas

En primer lugar, conviene diferenciar las inspecciones administrativas, prescritas en la *ITC-BT-05 Verificaciones e inspecciones* del REBT, de las inspecciones técnicas internas (o, simplemente inspecciones internas) establecidas en la *ITC-BT-29* y objeto de esta NTP:

- Las inspecciones administrativas son efectuadas por Organismos de Control (OC) autorizados por la administración, sin perjuicio de las atribuciones que, en cualquier caso, ostenta la Administración pública. Se deben realizar antes de la puesta en servicio de una instalación y, posteriormente, cada 5 años.
- Las inspecciones técnicas internas son aquellas que debe realizar la empresa bien con su propio personal, si posee la capacitación para ello, o bien contratando los servicios de una empresa especializada en la materia. Se han de realizar siguiendo los programas de inspección de la norma UNE-EN 60079-17.

Una vez hecha esta aclaración, en este apartado nos centraremos en las cuestiones fundamentales para tener en cuenta en el momento de establecer el plan de inspecciones internas por parte de la empresa.

Cuando se ha identificado la presencia de equipos e instalaciones eléctricas de baja tensión en zonas ATEX y, por consiguiente, se ha determinado la necesidad de efectuar inspecciones internas, habrá que establecer un plan que detalle la modalidad de inspecciones internas por la que se va a optar, el grado de las inspecciones, el intervalo entre inspecciones, los equipos/instalaciones afectadas y el personal —propio o ajeno— encargado de llevarlas a cabo. Dado el alcance del citado plan, debería ser realizado por personal que disponga de los conocimientos adecuados que le permitan determinar las cuestiones anteriormente expuestas. En la práctica, es frecuente que la persona técnica con función ejecutiva (figura que se explicará más adelante) sea quien lo asuma.

En relación con el grado e intervalo entre inspecciones internas que se deben establecer en el plan, estos dependerán de varios aspectos como:

- **Material:** tipo y modo de protección. Por ejemplo, en los modos de protección que utilizan como fundamento de seguridad el confinamiento y el aislamiento, como son los equipos antideflagrantes y de protección por envolvente, pueden existir fuentes de ignición activas en el interior de los equipos. Sin embargo, en los modos de protección que utilizan la limitación de energía, como la seguridad intrínseca y la seguridad aumentada, no deben existir fuentes de ignición activas. Esta condición es importante a la hora de optar por un grado de inspección u otro en el proceso de inspección.
- **Indicaciones del fabricante.** La información del fabricante puede tener requisitos o recomendaciones adicionales para inspección (y mantenimiento), por ejemplo, frecuencia de inspección bajo condiciones climáticas específicas.
- **Instalación:** fija o móvil y la clasificación de zona donde está instalada.
- **Factores ambientales:** la acumulación de polvo y suciedad, la probabilidad de penetración de agua, la exposición a temperaturas excesivas, una atmósfera corrosiva, el riesgo de daños mecánicos, la fricción o abrasión y la presencia de vibraciones anormales. Estos factores contribuyen fundamentalmente al deterioro de los equipos, por lo que su presencia puede determinar la reducción del intervalo de inspección, la realización de más inspecciones por muestreo o el aumento del grado de inspección.
- **Factores de servicio:** la utilización, la formación, la experiencia del personal encargado de su manejo, el mal uso razonablemente previsible y la probabilidad de modificaciones, ajustes o mantenimientos no au-

⁴ Siglas en inglés EOL: End Of Life. Así es como se conocen los defectos de final de vida útil de un equipo. ejemplos de ello serían bajo nivel de luz, parpadeo o ennegrecimiento, entre otros.

torizados o no realizados según las instrucciones del fabricante. Estos factores igualmente pueden contribuir al menoscabo de los equipos si se realizan, por ejemplo, mantenimientos incorrectos, pero también a su conservación si se hace un uso correcto de ellos o se realizan los mantenimientos según instrucciones del fabricante.

- **Resultados de inspecciones anteriores**, ya que estas sirven para modificar o confirmar los intervalos de inspección propuestos.

Referente a la modalidad de inspecciones internas, en la norma se contemplan dos posibilidades: inspecciones periódicas o supervisión continua. La decisión de optar por una o por otra vendrá determinada, fundamentalmente, por la presencia habitual de personas trabajadoras en las instalaciones afectadas y por su cualificación. Por tanto, será la empresa la que, atendiendo a los requisitos exigidos en una modalidad u otra, definirá en el plan de inspecciones una misma modalidad para toda la planta o diferentes según el material e instalación, pudiendo contemplarse el establecimiento de planes que combinen ambas modalidades (por ejemplo: supervisión continua para unos equipos e inspección periódica para otros).

A continuación, se describen los aspectos fundamentales de cada modalidad.

5.2.1 Inspección periódica

Consiste en la revisión sistemática del material y/o instalación con el objetivo de comprobar que la instalación mantiene sus características de protección durante toda su vida útil. Se realizan siguiendo el contenido de los programas de inspección de la norma UNE-EN 60079-17 para cada modo de protección. Los puntos de inspección de los distintos programas detallan elementos claves a revisar, pero puede ser necesario modificar estos programas añadiendo otros elementos de inspección según instrucciones del fabricante o requisitos específicos de la instalación. Es el enfoque más usual para asegurar que una instalación eléctrica situada en un emplazamiento peligroso se mantiene en condiciones seguras.

Para realizarla, la empresa debe contar con personal con cualificación para ello o puede contratar los servicios de una empresa que cuente con personal especializado en la materia.

La periodicidad y el grado de inspección dependen, entre otros, del tipo de material y/o instalación, por lo que se debe distinguir entre las que se realizan a instalaciones fijas y las que se llevan a cabo en equipos eléctricos móviles. Esta NTP se centra en los aspectos de las instalaciones fijas, ya que la ITC-BT-29 del REBT no hace referencia a los equipos móviles. En todo caso, la norma indica que la frecuencia entre inspecciones periódicas no debería ser superior a los 3 años.

Una vez establecido el intervalo, la instalación debe someterse a inspecciones adicionales por muestreo para, en función del análisis de los resultados, confirmar o modificar el intervalo y grado de inspección propuesto. Si el intervalo se mantiene en 3 años, es posible aumentarlo siempre que se haga sobre la base de una auditoría de los resultados de inspecciones anteriores por parte de personal experto en la materia.

Independientemente de la periodicidad definida, después de cualquier mantenimiento, reparación, reconstrucción, modificación o sustitución de un equipo

o alguna de sus partes, se debe realizar una nueva inspección detallada. Asimismo, se debe efectuar una inspección si en cualquier momento se produce un cambio en la clasificación de la zona o si algún equipo se sitúa en otro lugar distinto del originario, a fin de asegurar que el modo de protección, el grupo y la temperatura superficial son adecuados a las nuevas condiciones.

En la segunda parte de este documento se incluye un ejemplo de proceso de inspección en una instalación fija.

5.2.2 Supervisión continua

Consiste en el control frecuente de una instalación eléctrica de baja tensión, por personal cualificado en supervisión continua, durante el desarrollo habitual de su trabajo, por lo que resulta de utilidad cuando hay personal trabajando en esa instalación frecuentemente. El objetivo fundamental es la detección precoz de los fallos que pueden ocurrir dando lugar, por tanto, a la correspondiente reparación con el fin de mantener en un estado satisfactorio las características de protección contra explosiones de dicha instalación.

La actividad de supervisión continua incluye inspecciones visuales, cercanas y detalladas (en este caso, tras cualquier modificación o sustitución del material o parte de la instalación), además de la inspección inicial e inspecciones por muestreo y se realiza siguiendo los programas de inspección de la norma UNE-EN 60079-17. El personal que la realiza puede pertenecer a cualquier área funcional de la empresa, no siendo imprescindible que forme parte, por ejemplo, al servicio de mantenimiento, sino que puede realizar tareas de montaje, modificaciones, inspecciones, trabajos de limpieza, operaciones de control, etc. Sin embargo, es importante que cuente con los conocimientos y competencias que se detallan en la Tabla 3, para detectar de forma precoz los fallos y cambios en la instalación eléctrica. La frecuencia de este tipo de inspecciones no está pre-determinada, sino que debe establecerse en función de los factores ambientales y de servicio que pueden afectar al deterioro de la instalación. Así pues, en aquellas situaciones en las que se detecte un cambio en el ambiente (por ejemplo, un ambiente más corrosivo o mayor acumulación de polvo) se debería aumentar la frecuencia de inspección. La norma UNE-EN 60079-17 considera que una instalación que no se controla semanalmente se debe incluir entre las instalaciones a controlar en las inspecciones periódicas.

Con independencia de la modalidad elegida, se realizarán inspecciones por muestreo para comprobar los efectos de los factores ambientales y de servicio sobre el material y/o instalación y modificar o confirmar el intervalo de inspección, sobre todo en el caso de inspecciones periódicas. Estas inspecciones por muestreo consisten en la inspección de una parte representativa del material y/o instalación, por lo que antes de realizarlas es preciso definir el tamaño y composición de la muestra y la estrategia de inspección. Pueden ser de grado visual, cercano o detallado.

6. DOCUMENTACIÓN

De acuerdo con la norma UNE-EN 60079-14, toda instalación eléctrica de baja tensión debe poseer un expediente o dossier de verificación que demuestre que cumple los

requisitos de diseño, selección del material, instalación por personal apropiado y cualquier otro requisito específico, en este caso aquellos con finalidad de inspección y mantenimiento de la instalación.

El dossier de verificación debe incluir:

- La clasificación del emplazamiento y, en su caso, el nivel de protección (EPL por sus siglas en inglés).
- En el caso de gases, los requisitos del grupo de material (IIA, IIB, IIC) y la clase de temperatura.
- Para polvos combustibles, los requisitos del grupo de material (IIIA, IIIB o IIIC) y la temperatura superficial máxima.
- Las características del material (modo de protección, grado IP, resistencia a la corrosión, etc.)
- Los registros que verifiquen que el material se mantiene de acuerdo con su modo de protección.
- Los registros de inspecciones anteriores, así como los registros adicionales de la inspección inicial en los que se indiquen las deficiencias encontradas y acciones correctoras adoptadas al efecto.

Cuando se opte por la actividad de supervisión continua, el dossier de verificación debe proporcionar, además, información que refleje la efectividad del enfoque de supervisión continua (por ejemplo, listado de indicadores de fallos) y un historial con los mantenimientos realizados y las razones para llevar a cabo tales mantenimientos.

Los registros de inspección y el historial de mantenimiento de un equipo son necesarios para conocer y controlar las condiciones de seguridad durante toda su vida útil. El artículo 23. Documentación de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), establece la obligación de registrar los resultados de los controles periódicos de las condiciones de trabajo y, por tanto, de las condiciones de los equipos de trabajo, por lo que será necesario que la empresa elabore y mantenga a disposición de las autoridades esta documentación.

Además, al formar parte estas instalaciones del lugar de trabajo, no hay que olvidar las obligaciones específicas en este sentido de acuerdo con el 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. Así, en lo relativo a las inspecciones, este Real Decreto establece que la persona titular del lugar de trabajo donde se ubiquen deberá asegurar que se llevan a cabo las inspecciones reglamentarias exigidas y que son realizadas por parte de personal competente. Por lo tanto, los resultados de las inspecciones internas también dan respuesta a las obligaciones requeridas por el citado real decreto.

7. CONOCIMIENTOS Y COMPETENCIAS DEL PERSONAL

La norma UNE-EN 60079-17 distingue dos figuras en relación con el proceso de inspección: persona técnica con función ejecutiva y personal cualificado, con funciones de organización e inspección. La persona técnica con función ejecutiva es la responsable de organizar y coordinar la actividad de supervisión continua. En principio es una figura que la norma solo exige para supervisión continua, pero en la práctica es habitual que en las inspecciones periódicas exista también un/a responsable con funciones similares. El personal cualificado es el encargado de realizar las inspecciones tanto en las inspecciones periódicas como en la supervisión continua.

Para llevar a cabo sus funciones deben poseer competencias y conocimientos especializados sobre esta materia. Como máximo, cada 5 años, ambas figuras, deberán hacer una evaluación de la cualificación, conocimiento y comprensión requeridas en su campo de trabajo. Para la persona técnica con función ejecutiva solo se exige una evaluación teórica mientras que para el personal cualificado también práctica.

Estos conocimientos en ningún caso sustituyen a la formación en materia preventiva que toda persona trabajadora debe recibir tal y como establece el artículo 19 de la LPRL.

Las siguientes tablas detallan las funciones (solo para la persona técnica con función ejecutiva) conocimientos y competencias exigidas para cada tipo de personal.

Persona técnica con función ejecutiva	
Funciones	Conocimientos y competencias
<p>Evaluar la viabilidad de la supervisión continua teniendo en cuenta la cualificación, disponibilidad y experiencia del personal con respecto a una instalación determinada.</p> <p>Registrar la competencia de cada operario para cada modo de protección.</p> <p>Definir el alcance de la supervisión.</p> <p>Asegurar la disponibilidad de la documentación y verificar que toda la actividad de supervisión continua se desarrolla correctamente.</p>	<p>Poseer conocimientos de ingeniería eléctrica.</p> <p>Tener capacidad para leer y evaluar planos eléctricos.</p> <p>Comprender los diferentes modos de protección contra explosiones.</p> <p>Conocer las normas UNE-EN 60079-10-1, UNE-EN 60079-10-2, UNE-EN 60079-14 y UNE-EN 60079-19.</p> <p>Tener conocimiento en garantía de calidad⁵, incluyendo principios de auditoría, documentación, trazabilidad de las mediciones y calibración de instrumentos.</p>

Tabla 1. Funciones, conocimientos y competencias del personal técnico con función ejecutiva. Elaboración propia a partir del contenido de la norma UNE-EN 60079-17.

⁵ Se entiende por garantía de calidad como el proceso mediante el que se observan las actividades o los productos de forma sistemática para asegurar que se están haciendo con el grado de excelencia necesario. Por lo tanto, este concepto es más amplio que el de gestión de calidad, proceso que se centra en analizar los productos y servicios una vez producidos.

Personal cualificado
Conocimientos y competencias para realizar inspecciones periódicas
<p>Comprender los principios generales de clasificación de zonas o EPL y de protección contra explosiones.</p> <p>Conocer los principios generales de los modos de protección y marcado.</p> <p>Entender cómo los aspectos del diseño del material afectan al modo de protección.</p> <p>Conocer y comprender la norma UNE-EN 60079-17.</p> <p>Saber de la importancia del sistema de permisos de trabajo y del aislamiento de equipos con respecto a la protección contra explosiones.</p> <p>Estar familiarizado con las técnicas empleadas en la inspección y mantenimiento de las instalaciones eléctricas.</p> <p>Poseer un conocimiento integral de los requisitos de selección y construcción de la norma UNE-EN 60079-14.</p> <p>Tener conocimiento de los requisitos de reparación y reconstrucción de la norma UNE-EN-60079-19 Atmósferas explosivas. Reparación, revisión y reconstrucción de material.</p> <p>Demostrar su aptitud en el manejo del dossier de verificación.</p>
Conocimientos y competencias para realizar supervisión continua
<p>Además de los conocimientos indicados anteriormente, el personal que realiza supervisión continua deberá:</p> <p>Tener conocimiento de las implicaciones ambientales y de proceso en el deterioro de los equipos específicos de la instalación.</p> <p>Estar familiarizado con el concepto de supervisión continua, junto con la necesidad de cualquier informe o funciones de análisis que requiera la actividad de supervisión continua.</p>

Tabla 2. Conocimientos y competencias del personal cualificado. Elaboración propia a partir del contenido de la norma UNE-EN 60079-17.

BIBLIOGRAFIA

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

Real Decreto 144/2016 de 8 de abril, por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas.

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.

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.

[Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo](#) (INSST; 2021).

[Guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico](#) (INSST; 2020).

[Guía técnica para la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa](#) (INSST; 2015).

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Guía Técnica de aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Norma UNE-EN 1127-1:2020 Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología.

Norma UNE-EN 60079-0:2021 Atmósferas explosivas. Parte 0: Equipo. Requisitos generales

Norma UNE-EN 60079-10-1: 2022 Atmósferas explosivas. Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosa.

Norma UNE-EN 60079-10-2: 2016 Atmósferas explosivas. Parte 10-2: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas de polvo.

Norma UNE-EN 60079-14: 2016 Atmósferas explosivas. Parte 14: Diseño, elección y realización de las instalaciones eléctricas.

Norma UNE-EN 60079-17:2014 Atmósferas explosivas. Parte 17: Inspección y mantenimiento de instalaciones eléctricas.

Norma EN-IEC 60079-17:2024 Atmósferas explosivas. Parte 17: Inspección y mantenimiento de instalaciones eléctricas.

Inspecciones internas de materiales e instalaciones eléctricas de baja tensión en zonas con atmósferas explosivas. Parte II.

*Internal inspections of materials and low voltage electrical installations in areas with explosive atmospheres. Part II.
Inspections internes des matériaux et installations électriques basse tension dans des zones à atmosphères explosives. Partie II.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

María del Carmen Díaz Muñoz.

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS. INSST.

Juan Manuel Cano Galdón.

FREMAP.

En esta NTP, como continuación de la parte I donde se han descrito los aspectos más relevantes en relación con las inspecciones internas de materiales y de instalaciones eléctricas de baja tensión situadas en emplazamientos ATEX, se incluye un caso práctico con el fin de ilustrar la aplicación práctica del proceso de inspecciones internas abordado en la primera parte de esta NTP.

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.

CASO PRÁCTICO

Proceso de inspecciones en una extractora de aceite de orujo.

La empresa considerada es una extractora de aceite de orujo de nueva creación. La planta dispone de dos áreas diferenciadas: la zona o planta de secado y la zona o planta de extracción. A continuación, se describen brevemente los procesos que se llevan a cabo en cada una de ellas:

- Zona de secado: el orujo se somete a procesos físicos de secado, prensado y centrifugado obteniendo, por un lado, orujo graso seco y, por otro, un subproducto: el hueso de aceituna u orujillo utilizado como combustible de los hornos de secado.
- Zona de extracción: se utiliza como sistema de extracción un reactor en continuo, en el que se ponen en contacto hexano y orujo graso seco en dos flujos a contracorriente. La última parte del proceso consiste en la separación, mediante destilación, del aceite y el hexano, obteniendo por un lado el aceite de orujo crudo y por otro hexano que se reutiliza en el reactor de extracción.

Como consecuencia de los procesos descritos, existen áreas en las que se pueden formar atmósferas explosivas, tanto por presencia de gases y vapores inflamables debido al hexano (planta de extracción), como por la presencia de polvo combustible (planta de secado de orujo). Por consiguiente, los equipos e instalaciones eléctricas deberán ser adecuados a zonas ATEX y se someterán a las inspecciones correspondientes. Este ejemplo se centrará únicamente en el proceso de inspecciones internas en los equipos e instalaciones eléctricas instaladas en la zona de secado.

La empresa cuenta con un servicio de mantenimiento compuesto por un jefe de mantenimiento y tres operarios. El jefe de mantenimiento posee la formación correspondiente a persona técnica con función ejecutiva y dos de los operarios son personal cualificado.

Antes de la puesta en marcha de la planta extractora, el jefe de mantenimiento, con el asesoramiento del servicio de prevención, recaba información de la evaluación de riesgos laborales, con el fin de elaborar un listado de las áreas identificadas como zonas ATEX, su clasificación y ubicación, y del material e instalaciones eléctricas presentes en las mismas.

En concreto, se identifican los siguientes equipos en la zona de secado:

- motores, encargados de mover las cintas transportadoras que se usan para trasladar el orujo seco,
- equipos de instrumentación y control (sensores de nivel en silos y controladores de temperatura y presión),
- cajas de conexiones y
- luminarias.

Posteriormente, el jefe de mantenimiento elabora el plan de inspecciones internas. Al no contar con personal que desarrolle su tarea habitual en estos equipos, opta por la modalidad de inspecciones periódicas. Asimismo, diseña un diagrama de decisión que se incorporará al plan. Dicho diagrama consta de dos entradas: una válida para plantas nuevas y otra válida para plantas ya en funcionamiento que no hayan sido sometidas a una inspección inicial. Asimismo, se disponen flujos de decisión diferenciados, en función de los resultados de las inspecciones, para los motores, para el resto de los equipos y para ambos grupos.

Por otro lado, establece la siguiente clasificación de los resultados de las inspecciones:

- Favorable: cuando no se encuentran defectos o si los hay son leves.
- Condicionada: cuando exista un defecto grave o uno leve que, habiéndose detectado en inspecciones anteriores, no se hubiera subsanado.
- Desfavorable: cuando exista un defecto muy grave.

Antes de la puesta en marcha de la planta de secado

se debe realizar una inspección inicial de grado detallado de todos los equipos indicados anteriormente, conforme a la norma UNE-EN 60079-14. Posteriormente, se fija una periodicidad provisional de 3 años para efectuar la primera inspección periódica con inspecciones por muestreo adicionales en grado visual, a fin de confirmar o modificar el intervalo propuesto. El tamaño de muestra será del 10% de los equipos ATEX instalados ya que, dado que la planta es nueva, se considera que es suficiente.

Durante estas inspecciones por muestreo, se observa acumulación de capas de polvo sobre superficies de la planta (suelo y paredes) y sobre los equipos instalados (motores, cajas de conexiones, luminarias, etc.). Este hecho puede deteriorar el interior de los equipos y provocar que pierdan sus propiedades ya que, por un lado, las capas de polvo evitan la disipación de calor, pudiendo aumentar la temperatura superficial del equipo por encima de la temperatura superficial máxima que aparece en el marcado y, por otro, el polvo inflamable podría penetrar en el interior de las cajas de conexiones donde existen partes activas que pueden actuar como fuente de ignición. Por este motivo, se adelanta la siguiente inspección periódica a los 2 años en lugar de a los 3 inicialmente previstos.

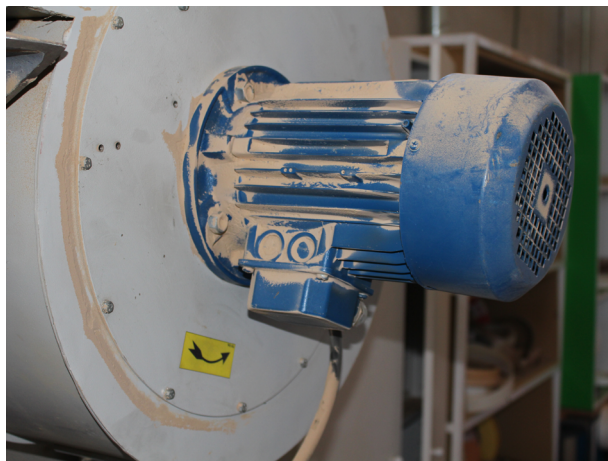


Figura 1. Imagen de acumulación de polvo en motor.

Al cabo de 2 años, en la inspección periódica se detecta un número elevado de fallos leves, entre ellos la acumulación de capas de polvo. Además de subsanarlos, se decide realizar en el periodo de 1 año una inspección por muestreo en grado detallado para determinar si el polvo ha penetrado en el interior de los equipos. Dado que la inspección en grado detallado exige la desconexión de equipos y, por tanto, la parada de los mismos, se mantiene la muestra en el 10 %. Se obtienen los siguientes resultados:

- En luminarias, cajas de conexiones y equipos de instrumentación no se encuentran fallos significativos que indiquen defectos generalizados. Por lo tanto, en estos equipos es posible aumentar el intervalo entre inspecciones periódicas a 3 años, efectuando inspecciones por muestreo en grado visual durante el periodo comprendido entre las mismas.
- En el 50 % de los motores que mueven los tornillos sin fin inspeccionados (utilizados para mover el orujo seco por la planta de secado) se perciben vibraciones excesivas que han provocado que el ajuste de los prensaestopas de entrada de cable no sea

perfecto. Esto explica la presencia de polvo en el interior de las cajas de conexión de los motores. Las vibraciones pueden aparecer por diversas causas, (desalineación, desbalance, fallos en rodamientos, fallos eléctricos, fallos en la lubricación, etc.). En este caso, se debe a que la cantidad de lubricante en los rodamientos es menor que la especificada por el fabricante.



Figura 2. Imagen de acumulación de polvo en entrada de prensaestopas.

Ante estos defectos, se adoptan las siguientes medidas:

- Generar una orden de mantenimiento con objeto de corregir las vibraciones y subsanar así los problemas en las entradas de cable.
- Limpiar el polvo acumulado en el interior de las cajas de conexiones de los motores, aprovechando que se abren para la inspección.
- Programar un aumento de los ciclos de limpieza para evitar la acumulación de polvo y que este pueda penetrar en los motores.

Por todo ello, respecto al plan de inspecciones para los motores, se mantiene la periodicidad en 2 años. Pasado este tiempo, se realizará una inspección periódica en grado cercano. Si continuara el deterioro en los prensaestopas de entrada de cable a las cajas de conexiones a pesar de haber corregido el fallo de vibraciones, se mantendría el intervalo de inspecciones periódicas en 2 años con inspecciones por muestreo en grado detallado. Si, por el contrario, no se detectaran fallos significativos, se podría aumentar el intervalo de inspecciones periódicas a 3 años, como en el resto de los equipos.

En aquellos casos en que se mantenga el intervalo entre inspecciones periódicas en 3 años, en las siguientes inspecciones periódicas el grado de inspección —cercano o visual— va a depender de la existencia o no de fuentes de ignición (CI) en el equipo. Dado que los motores utilizan protección por envolvente, existen componentes internos del material que en funcionamiento normal producen arcos o chipas, por lo tanto, el grado de inspección debe ser cercano. En el caso de no detectar fallos en las sucesivas inspecciones por muestreo y periódicas, se podría aumentar el intervalo en el que se llevan a cabo las inspecciones, por ejemplo, a 4 años. Para ello sería necesario realizar una auditoría de seguridad que recomiende dicho aumento de la periodicidad.

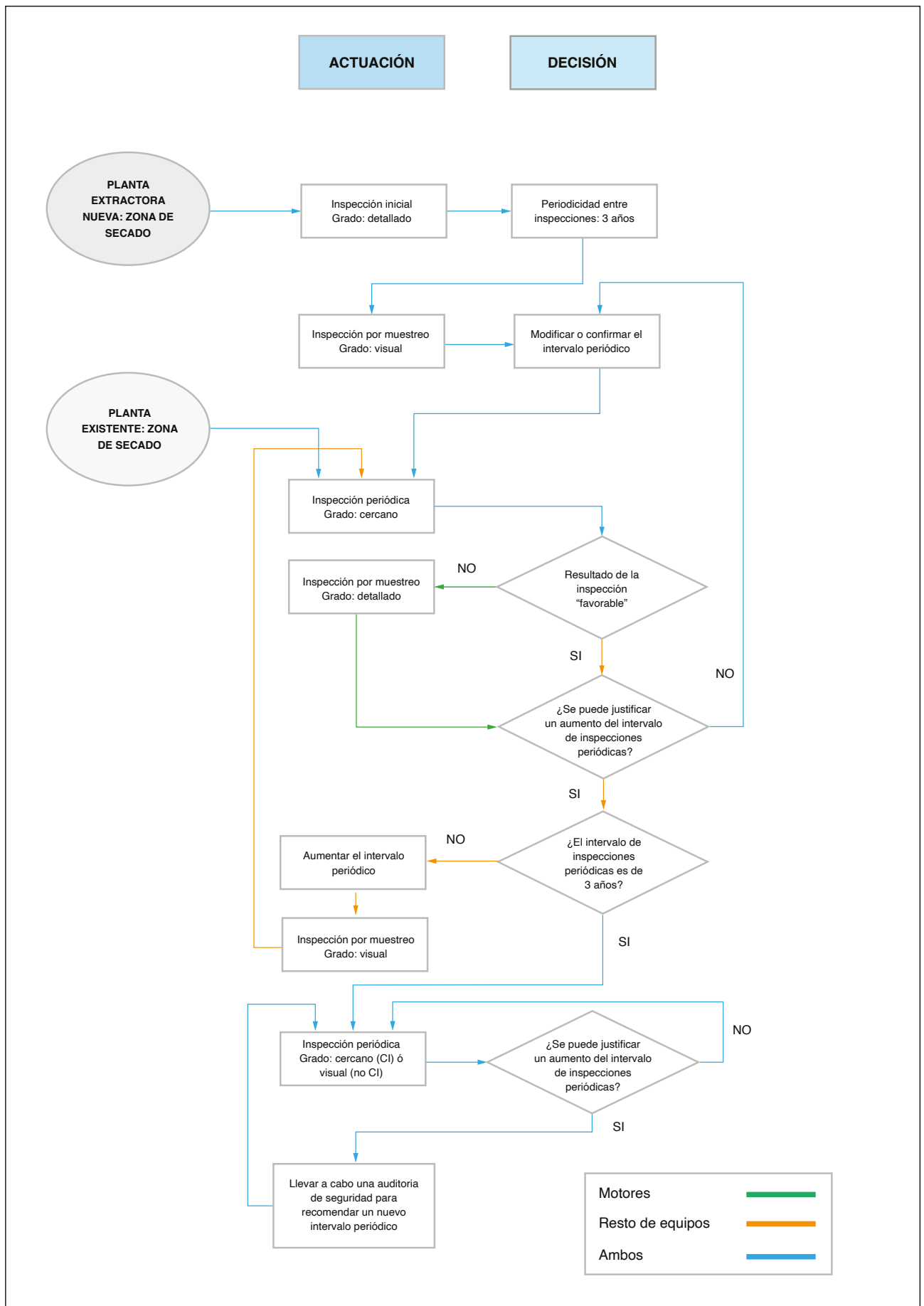


Figura 3: Diagrama de decisión de un proceso de inspecciones internas. Elaboración propia a partir del diagrama de la norma UNE-EN 60079-17.

BIBLIOGRAFÍA

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

Real Decreto 144/2016 de 8 de abril, por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas.

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.

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.

[Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo \(INSST; 2021\).](#)

[Guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico \(INSST; 2020\).](#)

[Guía técnica para la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa \(INSST; 2015\).](#)

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
Guía Técnica de aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Norma UNE-EN 1127-1:2020 Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología.

Norma UNE-EN 60079-0:2021 Atmósferas explosivas. Parte 0: Equipo. Requisitos generales.

Norma UNE-EN 60079-10-1: 2022 Atmósferas explosivas. Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosa.

Norma UNE-EN 60079-10-2: 2016 Atmósferas explosivas. Parte 10-2: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas de polvo.

Norma UNE-EN 60079-14:2016 Atmósferas explosivas. Parte 14: Diseño, elección y realización de las instalaciones eléctricas.

Norma UNE-EN 60079-17:2014 Atmósferas explosivas. Parte 17: Inspección y mantenimiento de instalaciones eléctricas.

Norma EN-IEC 60079-17:2024 Atmósferas explosivas. Parte 17: Inspección y mantenimiento de instalaciones eléctricas.

Pesca de palangre (I): identificación de riesgos.

Longline fishing. Part I: Risks Identification.
Pêche à la palangre. Partie I: Identification des risques.

Autor:
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:
Esther Duque Casas.
Esperanza Valero Cabello.
CENTRO NACIONAL DE MEDIOS DE PROTECCIÓN (INSST).

Diego Castro Balboa.
INSTITUTO DE SEGURIDADE E SAÚDE LABORAL DE GALICIA (ISSGA).

Ramón Sancho Piñeiro.
ARVI_SPM-COAPRE.

Esta Nota Técnica de Prevención (NTP) es la primera de dos NTP dirigidas a apoyar el proceso de identificación de peligros, evaluación de los riesgos y el establecimiento de medidas de prevención en la pesca de palangre. Con estas NTP se completa la serie dedicada a las principales modalidades pesqueras (arrastre, cerco, artes menores y palangre). En esta primera NTP se describen las tareas y maniobras principales de las diferentes fases de la pesca de palangre de superficie y de fondo y se ofrece información cuantitativa y cualitativa sobre las formas más frecuentes de accidentes graves y mortales en esta modalidad pesquera.

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 pesca es una actividad laboral con una elevada siniestralidad que se caracteriza además por la gravedad de sus accidentes, ya que muchos de ellos tienen consecuencias graves o mortales.

En España los buques dedicados a la modalidad de pesca de palangre representan menos del 4% de la flota pesquera, con 368 buques censados como promedio anual entre los años 2011 y 2021, según las estadísticas publicadas¹ por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA).

Los informes de investigación de accidentes de los órganos competentes en la materia muestran que el palangre es una modalidad pesquera con un bajo número de accidentes graves y mortales, con 3 accidentes investigados por la Inspección de Trabajo y Seguridad Social (ITSS), en promedio anual. Sin embargo, en relación con el número de buques censados, el arte del palangre presenta una tasa de peligrosidad relativa por encima del 25%, más de cinco veces superior a la de las artes menores.

La tabla 1 muestra, para el periodo 2011-2021, los datos del promedio anual de accidentes graves/mortales investigados por la ITSS, el promedio anual de buques censados, el índice de peligrosidad² y la tasa de peligrosidad relativa³

resultante, que permite comparar las cuatro principales modalidades de pesca

La segunda fuente son los informes de investigación de accidentes muy graves y mortales en buques de pesca ocurridos entre 2008 y 2021 investigados por la Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos (CIAIM), órgano colegiado adscrito al Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

Esta Nota Técnica de Prevención (NTP) describe las principales maniobras en esta modalidad de pesca y los principales riesgos que en ellas se identifican, así mismo ofrece información cuantitativa y cualitativa sobre los accidentes graves y mortales que se producen en esta modalidad. El objetivo es que toda esta información pueda servir de apoyo al proceso de identificación de peligros y evaluación de los riesgos asociados a las citadas maniobras.

Modalidad pesquera	Promedio anual AT investigados	Promedio anual buques censados	Índice de peligrosidad	Tasa de peligrosidad relativa
Arrastre	13	986	13	37,6 %
Cerco	7	611	11	31,4 %
Palangre	3	368	9	26,3 %
Artes menores	12	7319	2	4,7 %
Total	35	9284	35	100 %

Tabla 1: Tasa de peligrosidad relativa de accidentes graves/mortales por arte de pesca (2011-2021). Fuente: elaboración propia a partir de datos ITSS y MAPA.

¹ Estadísticas pesqueras. Abril 2022 (datos a 31/12/2021). <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-pesqueras>

² Índice de peligrosidad: promedio anual de accidentes graves/mortales investigados entre el censo promedio, por cada 1000 buques de esa modalidad.

³ Tasa de peligrosidad relativa: ratio entre los índices de peligrosidad, expresada en tanto por ciento, que refleja la siniestralidad relativa de cada modalidad pesquera.

2. PESCA DE PALANGRE: DESCRIPCIÓN Y TIPOS.

La modalidad de palangre es un tipo de pesca selectiva, por lo que se considera una de las más sostenibles y respetuosas con el medio marino. A pesar de ello, existe cierto riesgo de capturar especies no deseadas e incluso aves que puedan sumergirse para alcanzar los cebos.

Se entiende por palangre un arte o aparejo de pesca formado por un cabo principal denominado línea madre, de longitud variable, del que penden a intervalos otros llamados brazoladas, a los que se empatan anzuelos de distinto tamaño, según el recurso pesquero al que se apliquen. En los extremos y a lo largo del cabo madre se disponen los necesarios elementos de fondeo y flotación para mantener el aparejo a distintas profundidades.

En función de la profundidad a la que se trabaja se pueden diferenciar dos tipos, el palangre de superficie (o pelágico) y el palangre de fondo (o demersal). Las figuras 1 y 2 muestran las diferencias fundamentales entre estas variantes de palangre.

Palangre de superficie

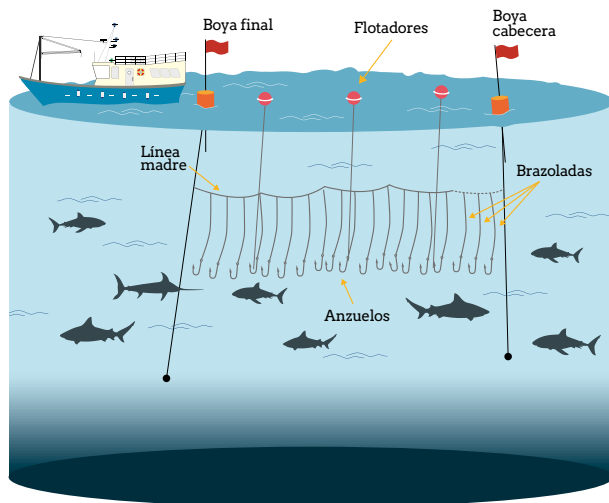


Figura 1. Palangre de superficie.

Palangre de fondo

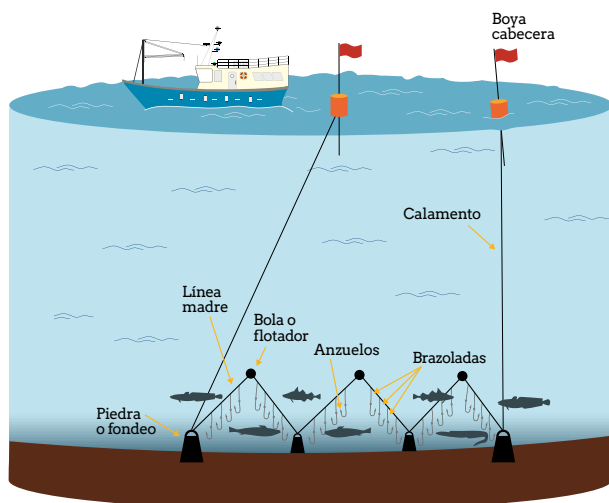


Figura 2. Palangre de fondo.

En la pesca de palangre se pueden identificar distintas fases o procesos de trabajo diferenciados, desde la preparación del arte hasta la descarga de las capturas en puerto, que conllevan la ejecución por la tripulación de una serie de tareas que se desarrollan de manera sucesiva.

Palangre de superficie. Fases y descripción del proceso de captura

En este tipo de palangre, el aparejo permanece a la deriva del mar manteniéndose a flote mediante un sistema de boyas. Por estar más cerca de la superficie es más probable la captura accidental de otras especies marinas.

Este tipo de arte de pesca está destinado a la captura de atún, bonito, pez espada o especies de la familia del tiburón (cazón, marrajo, etc.).

En el palangre de superficie se pueden observar las siguientes fases:

Pertrecho

- Acopio para la marea de pesca de víveres, hielo y combustible, material de respeto, etc.
- Embarque de cajas de plástico, carnada, palangres, boyas, etc.
- Preparación del aparejo, en ciertos casos (bobinar la línea madre en el carretel o preparar brazoladas).

Navegación a caladero

- Preparación de las brazoladas.
- Preparación del cebo.

Maniobra de largada

- Programación de la lanzadera y manipulación del halador.
- Largado de la baliza.
- Largado de la boya.
- Encarnado del anzuelo.
- Enganche de la luz.
- Calado y enganche de la brazolada a la línea madre.

Maniobra de virada

- Recogida de la baliza.
- Recogida de la boya.
- Desenganche y estiba de la brazolada sin captura.
- Halado de la brazolada con captura.
- Cobrado e izado a bordo la captura.

Procesado, según el caso

- Elaboración de capturas para la venta en fresco: eviscerar y lavar.
- Procesado para la venta al congelado: cortar la cabeza y la cola, eviscerar y cargar en túneles.
- Limpieza del parque de pesca.

Estiba, según el caso

- Fresco: almacenamiento en bodega.
- Congelado: descarga en túneles y almacenamiento en bodega.

Navegación hacia puerto

- Arranchado y limpieza del buque.

Descarga

- Descarga de pescado en puerto y traslado a lonja para primera venta en fresco o, si es congelado, a frigorífico para su estiba en cámaras y posterior venta.

Las diversas maniobras del proceso de captura se detallan a continuación:

Maniobra de largada

El patrón programa la lanzadera considerando la meteorología, corrientes, etc. En la primera largada, la línea madre se pasa manualmente por unas guías que van desde el halador / tambor hasta la lanzadera de popa. El primer punto de enganche es la baliza (que marca la situación del inicio de la línea). Toda la maniobra de largada se realiza por la popa.

Para preparar la brazolada un marinero va enganchando una fuente de luz y pasa los anzuelos a otro marinero que los ceba con la carnada.

Una vez lista, se larga a la mar, enganchada a la línea madre mediante un clip o mosquetón. La distancia entre brazoladas es de 70 a 90 metros. A intervalos regulares se van largando también boyas y radiobalizas para saber en todo momento la posición del aparejo. Pueden llegar a largarse hasta 100 millas náuticas de aparejo y hasta 4.000 anzuelos pero siempre sin apoyar o tener contacto alguno con el fondo marino⁴.

La duración completa de la maniobra de la largada oscila entre 6 y 8 horas.

Maniobra de virada

Tras el tiempo pertinente, se busca el cabecero (primera baliza) de la línea madre y se comienza a virar mediante el halador, recogiendo el palangre, que es guiado a través de la pasteca del pescante, situado en un costado de proa.

Esta tarea se suele realizar entre tres personas, una que se encarga de manipular el tambor durante la virada, otra que atiende al palangre y a la pesca y otra que recoge las brazoladas sin captura, enganchándolas a una línea independiente para estibarlas en una cesta y preparar las brazoladas para el siguiente lance.

Mientras tanto, otro tripulante, recoge y enrolla las boyas que van llegando, estibándolas en sus correspondientes cestas y preparándolas para la posterior largada.

La velocidad en la manipulación del halador debe adecuarse a las capturas. Si viene sin captura, simplemente se reduce velocidad del halador, se desengancha de la línea madre y se estiba. Cuando viene con captura se detiene el halador y se empieza a virar despacio para acercarla al costado del barco. Cuando está suficientemente cerca, un marinero engancha el clip de la tira a la brazolada y desengancha la brazolada de la línea madre. A continuación, se iza la captura mecánicamente con el puntal, ayudándose de un bichero o un lazo.

La duración completa de la maniobra de virada oscila en torno a 12 horas.

Palangre de fondo. Fases y descripción del proceso de captura

La diferencia fundamental con el palangre de superficie es que alcanza un mayor nivel de profundidad. Para mantener los anzuelos a una altura adecuada, se utilizan una serie de boyas y pesos (figura 2). Una variedad consiste en la utilización de línea de retenida (figura 3).

Palangre de fondo con retenida

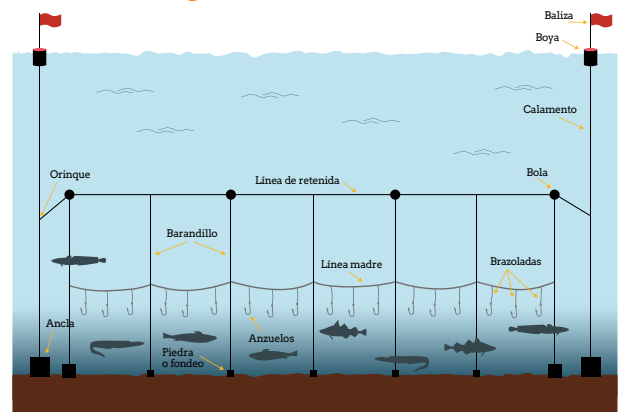


Figura 3. Palangre de fondo con línea de retenida.

El palangre de fondo se dirige a especies demersales que se encuentran a media agua o cerca del fondo, como la merluza (fundamentalmente), maruca, abadejo, congrio, palometa, cabra, etc. Principalmente esta actividad se localiza en el Gran Sol (Aguas de la CPANE⁵), Océano Atlántico, Océano Índico y en el Caladero Nacional. La mayoría se procesa para venta en fresco. Se pueden observar las siguientes fases:

Pertrecho

- Acopio para la marea de pesca de víveres, hielo y combustible.
- Embarque de cajas de plástico, carnada, palangres, retenida, boyas, piedras (fondeos) y bolas (flotadores).
- Brazoladas con anzuelos.
- Preparación del palangre (según distancia a la zona de pesca).

Navegación a caladero

- Preparación del palangre y equipos: cestos, carnada, fondeos, piedras, bolas, etc.

Maniobra de largada

- Preparativos: preparación de carnada y encarnado de anzuelos (iscar).
- Largado de boya guía (baliza de inicio, cabecero o gallo, tira y fondeo (muerto, pedrón o piedra grande).
- Largado de la línea madre, brazoladas, piedras y bolas.
- En caso de trabajar con retenida (figura 3): largada simultánea de la retenida y enganche de barandillos (unión de retenida con mosquetón) al palangre con nudo de media gaza.
- Largado de boya final.
- Fondeo de muerto o pedrón.

Maniobra de Virada

- Halado del fondeo mediante halador.
- Recogida de boya y tira.
- Halado de la tira con halador.
- Halado del palangre con halador.

⁴ Orden AAA/658/2014, de 22 de abril, por la que se regula la pesca con el arte de palangre de superficie para la captura de especies altamente migratorias.

⁵ Comisión de Pesquerías del Atlántico Nordeste.

- En caso de trabajar con retenida: halado de la retenida con halador (de retenida).
- Estiba del palangre en cestos (chalar).
- Despescado-librado de capturas de la brazolada.
- Empatado de brazolada con anzuelos.
- Halado de fondeos, piedras y bolas.
- Traslado a popa y estiba de piedras y bolas (preparación siguiente largada).

Procesado, según el caso

- Elaboración de capturas para venta en fresco: eviscerar, lavar, seleccionar por tamaños, pesar y encajar.
- Procesado para venta al congelado: cortar cabeza y cola, eviscerar y cargar en túneles.
- Limpieza del parque de pesca.

Estiba, según el caso

- Fresco: almacenamiento en bodega (con lámina de plástico y hielo para evitar contacto directo con el pescado).
- Congelado: descarga en túneles y almacenamiento en bodega.

Navegación hacia puerto

- Arranchado y limpieza del buque.

Descarga

- Descarga de las cajas de pescado en puerto y traslado a lonja para primera venta.

Las diversas maniobras del proceso de captura se detallan a continuación:

Maniobra de largada

El patrón decide donde largar observando la sonda y elige una de las dos formas de largar, corriendo fondo (profundidad) o a rumbo de compás (rumbo fijo). El número de unidades de palangres largados, que componen una cacea, también será decisión del patrón en función de la especie a capturar y la zona de pesca. El número de anzuelos puede oscilar entre 2.000 y 12.000 y el número entre bolas y piedras va desde 4 hasta 40. La largada se realiza desde la popa del barco, donde está estibada la cacea, compuesta por la retenida (en su caso), los palangres, las boyas, las piedras y las bolas. Generalmente los anzuelos son encarnados previamente.

El calado se realiza por la popa, a una velocidad de entre 5 y 10 nudos, siendo necesarios en torno a 5-6 tripulantes (1 contramaestre y 4-5 marineros).

Se comienza con el lanzamiento de la baliza de inicio y el fondeo y al iniciar la marcha se va largando el palangre, estibado en cajones, del que cuelgan las brazoladas y la retenida, en su caso. A intervalos regulares decididos previamente por el patrón, se van largando las piedras y las bolas, así como se va uniendo el palangre a la línea madre con la retenida (barandillos), en su caso. Una vez largado todo el aparejo, se larga la baliza final y el fondeo. Dependiendo de la longitud de la cacea se requerirá o no largar balizas intermedias. La duración de la maniobra de largada oscila de 1 a 3 horas.

El contramaestre, situado a una banda de la mesa de largado, supervisa los cajones o cestas y dirige toda la

operación. A la otra banda de la mesa de largado se sitúan dos marineros, uno de los cuales aguanta las piedras y bolas que se van largando y el otro, situado detrás de él, las anuda. Un tercer marinero a proa de ellos se encarga de coger las cestas o cajones de donde estén estibados, colocándolos en la mesa de largado. Por último, un cuarto marinero se encarga de pasar las boyas para las caceas. En caso de trabajar con retenida, un quinto marinero se encargaría de controlar el largado de esta y de unir el palangre con la retenida.

Maniobra de virada

Tras el tiempo que el patrón estime necesario se realiza la virada por un costado de proa, a una velocidad en torno a 1-2 nudos, siendo necesarios 5-6 tripulantes (1 contramaestre y 4-5 marineros). Es habitual que otros marineros trabajen en labores de auxilio a estas maniobras, así como en los preparativos para el posterior lance del aparejo.

Un marinero (carrero) comienza recogiendo el fondeo y la primera baliza y se pasa el palangre al halador de platos y la retenida, en su caso, a un segundo halador o al molinete situados en el foso, a un costado del barco a proa. A continuación, el carrero comienza a virar del aparejo que llega con el pescado. Al mismo tiempo, el chalador aduja el aparejo en las cestas y otros marineros se encargan de procesar en el parque de pesca el pescado que va entrando. En caso de trabajar con retenida, otro marinero se encarga de estibarla en su cajonada en el parque de pesca.

Finalmente, las piedras y bolas, junto con los cestos, se llevan a popa para volver a armar el aparejo. Una vez terminada la maniobra de captura, se recoge la baliza y el fondeo final. La duración media de la maniobra de virada es de 10-12 horas.

3. ACCIDENTES GRAVES Y MORTALES EN LA PESCA DE PALANGRE

La ITSS y la CIAIM se encargan de investigar, entre otros, los accidentes graves y mortales que ocurren en la actividad pesquera.

Los datos recabados por los citados organismos durante sus investigaciones son una fuente de información muy valiosa en la que basarse a la hora de realizar la identificación de peligros, la evaluación de los riesgos y la planificación de las actividades preventivas en los buques de pesca.

Accidentes investigados por la ITSS en el periodo 2011-2021

En el periodo 2011-2021, la ITSS investigó 590 accidentes laborales de carácter grave, muy grave o mortal en buques de pesca. De estos, 406 fueron accidentes operacionales, es decir, aquellos que se producen durante la estancia o realización de alguna tarea a bordo (deambulación por el buque, trabajos durante las maniobras de pesca, manipulación de cargas y capturas, acceso y desembarque, etc.).

Los 184 restantes fueron accidentes de diversa índole, tales como accidentes marítimos (hundimientos, embarrancadas, etc.), infartos o accidentes *in itinere*.

Centrándonos en los accidentes operacionales, en el gráfico 1 podemos ver su distribución según la modalidad pesquera.

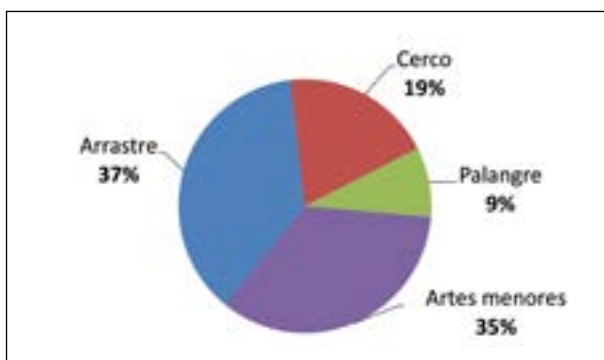


Gráfico 1. Accidentes operacionales graves/mortales investigados por la ITSS por modalidad pesquera (2011-2021). Fuente: elaboración propia a partir de datos de la ITSS.

El palangre fue la modalidad pesquera en la que se investigaron menos accidentes operacionales (34), lo que supone un 9% del total de accidentes investigados.

En el gráfico 2 se muestra la distribución de los accidentes investigados en la pesca de palangre, en función de la fase de pesca en que se produjo.

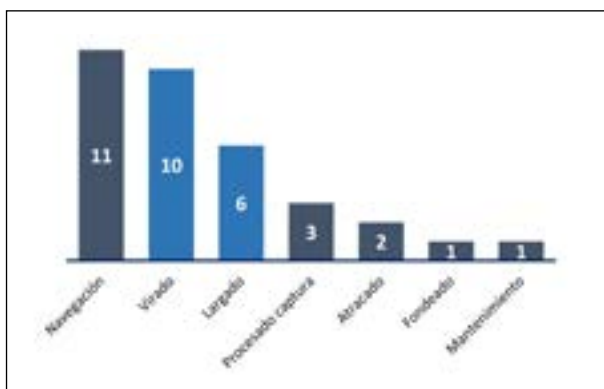


Gráfico 2. Accidentes operacionales graves/mortales investigados por la ITSS en la pesca de palangre (2011-2021). Fase donde se produce el accidente. Fuente: elaboración propia a partir de datos de la ITSS.

Casi la mitad de los accidentes graves o mortales en el palangre se producen durante las faenas de pesca propiamente dichas (largado y virado del arte). Como ocurre también en otras artes de pesca, estas son las fases más peligrosas de las que se desarrollan a bordo y que conllevan mayor número de estos accidentes.

Un tercio de los accidentes ocurren previamente durante la fase de navegación, cuando se preparan los equipos de trabajo de cubierta, el conjunto del aparejo y se realizan las operaciones de control y mantenimiento que procedan, así como las tareas de cocina, limpieza, etc.

Por último, un 20% de los accidentes graves y mortales se produjeron durante el resto de las fases (procesamiento de las capturas, atraque, fondeo y actividades de mantenimiento).

En cuanto a las formas de producirse los accidentes graves y mortales en el palangre, como muestra la tabla 2, las más frecuentes son las caídas al mismo nivel (7 sucesos) y los atrapamientos o aplastamientos con el aparejo (6 sucesos). A continuación, le siguen los golpes por rotura de elementos en tensión y las caídas a distinto nivel por huecos o escotillas (5 sucesos cada uno) y los cortes/golpes al procesar las capturas (4 sucesos).

Finalmente, hubo 2 sucesos por sobreesfuerzo, 1 por quemaduras, 1 por caída al embarcar/desembarcar y 2 por aplastamiento (con partes móviles de la maquinaria y con elementos del buque).

Solo se produjo un caso de caída al mar, aunque hay que resaltar que fue el único accidente operacional en palangre con resultado mortal.

Forma de contacto	Sucesos
Caída al mismo nivel en cubierta (tropiezos, resbalones, pérdida de equilibrio...)	7
Atrapamiento/aplastamiento – con el aparejo	6
Golpe por rotura de elemento en tensión (línea madre/brazolada/cabo)	5
Caída a distinto nivel (por escotillas, aberturas, escaleras...)	5
Corte/golpes al procesar las capturas (con pescado, anzuelos, etc.)	4
Sobreesfuerzo	2
Contacto térmico / incendio	1
Caída al mar	1
Caída en el embarque/desembarque (buque-muelle, buque-buque, etc.)	1
Atrapamiento/aplastamiento – con partes móviles de la maquinaria	1
Atrapamiento/aplastamiento – otros (elementos del buque, etc.)	1
Total	34

Tabla 2. Accidentes operacionales graves/mortales investigados por la ITSS en la pesca de palangre (2011-2021). Forma de contacto. Fuente: elaboración propia a partir de datos de la ITSS.

Accidentes investigados por la CIAIM en el periodo 2008-2021

De los 237 accidentes marítimos muy graves ocurridos en buques pesqueros durante el periodo comprendido entre octubre de 2008 y diciembre 2021 e investigados por la CIAIM, 23 ocurrieron en buques dedicados a la pesca de palangre. Estos accidentes se saldaron con 4 personas fallecidas, 7 desaparecidas y 20 heridas. El tipo de accidente con más víctimas mortales fue el hundimiento con resultado de cuatro personas desaparecidas.

La gran mayoría de los trabajadores afectados eran marineros. Prácticamente un tercio de los accidentes se produjeron durante la navegación y los otros dos tercios en la fase de captura, en las maniobras de largada y virada.

En la tabla 3 se puede observar la tipología de los accidentes investigados en la modalidad de palangre. Las tipologías más frecuentes fueron la inundación, con 6 sucesos, seguida del incendio/explosión, con 5 sucesos. A continuación, con tres sucesos en cada caso, le siguen los accidentes operacionales, el hundimiento y el abordaje. Además, se produjeron 2 accidentes por varada y 1 por vuelco.

En todo caso, al tratarse de un número relativamente reducido de accidentes y de víctimas es difícil extraer conclusiones, ya que, como se ha indicado, los barcos de la modalidad pesquera del palangre representan un 4% aproximadamente del censo de la flota española.

Tipología	Nº Sucesos	Personas fallecidas	Personas desaparecidas	Otras lesiones
Inundación	6	0	0	13
Incendio/explosión	5	1	1	3
Operacional	3	1	2	0
Hundimiento	3	0	4	3
Abordaje	3	0	0	0
Varada	2	0	0	1
Vuelco	1	2	0	0
Total	23	4	7	20

Tabla 3. Accidentes investigados por la CIAIM en la pesca de palangre (2008-2021). Tipología de accidentes y consecuencias personales. Fuente: elaboración propia a partir de datos de la CIAIM.

En general, se acepta que los accidentes son multicausales, es decir, que no se producen por una sola causa, sino más bien por la relación entre distintas causas habitualmente concatenadas. Además, hay que tener en cuenta la dificultad de la investigación de los accidentes en determinadas condiciones, como en caso de hundimiento, cuando no es posible acceder al buque y solo se puede trabajar mediante información indirecta.

El INSST ha realizado un análisis de las causas identificadas en los accidentes investigados por la CIAIM⁶, en base a la metodología recogida en la NTP 924. Causas de accidentes: clasificación y codificación (INSST – 2011). En los 23 informes CIAIM de accidentes en pesqueros de palangre investigados en el periodo de referencia, se identificaron un total de 90 causas que, de forma directa o indirecta, estuvieron presentes en dichos accidentes, con una media de 4 causas por suceso. Para facilitar el análisis, las posibles causas se agruparon en bloques de causas, como muestra la tabla 4.

Grupos de causas	Nº AT	% AT
Grupo 6 - Organización del trabajo	14	60,9%
Grupo 9 - Emergencias en la mar	9	39,1%
Grupo 1 - Condiciones de los espacios de trabajo (buque y entorno)	9	39,1%
Grupo 8 - Factores personales/individuales	8	34,8%
Grupo 2 - Instalaciones de servicio o protección	8	34,8%
Grupo 10 - Otras causas	5	21,7%
Grupo 3 - Máquinas	2	8,7%
Grupo 7 - Gestión de la prevención	2	8,7%

Tabla 4. Causas identificadas en los accidentes investigados por la CIAIM en la pesca de palangre⁷ (2008-2021).

En más del 60% de los accidentes investigados se identificaron causas relacionadas con la organización del trabajo. En casi un 40% de los sucesos se encontraron causas relativas a la gestión de las emergencias y a las condiciones de los espacios de trabajo. Los factores personales y las causas relativas a las instalaciones de servicio o protección estuvieron presentes en el 35% de los accidentes.

Entre los factores de organización del trabajo cabe destacar los métodos de trabajo inadecuados, así como la formación e información inadecuada o inexistente y la ausencia de instrucciones sobre la tarea a realizar. Otros factores recurrentes son el incumplimiento de la resolución de tripulación mínima de seguridad y carecer de la titulación habilitante para la profesión, así como la sobrecarga física y mental de la tripulación (fatiga).

En casi el 40% de los accidentes se determinaron causas relacionadas con la gestión de las emergencias en la mar. La importancia de estos factores estriba en que una adecuada respuesta aumenta considerablemente las probabilidades de supervivencia de la tripulación en caso de siniestro marítimo.

Dentro de este grupo destaca como causa más identificada la baja familiarización de la tripulación con los dispositivos y/o procedimientos de actuación en caso de emergencia. Ello se pone de manifiesto en causas como la no utilización de los medios del “sistema mundial de socorro y seguridad marítima” (SMSSM), la demora en avisar a los servicios de salvamento, la no utilización o utilización inadecuada del chaleco salvavidas de abandono y la no realización de ejercicios periódicos de salvamento.

Esta baja familiarización incide de forma directa en la gravedad de las consecuencias del accidente marítimo y por ello es esencial reforzar a las tripulaciones en la importancia de realizar los simulacros periódicos de emergencia.

Además, se detectaron irregularidades en las balsas salvavidas o la radio baliza de localización (EPIRB por sus siglas en inglés *Emergency Position Indicating Radio Beacon*).

Las causas más frecuentes relativas a las condiciones de los espacios de trabajo son las relacionadas con las condiciones meteorológicas adversas o el estado de la mar (viento, oleaje, niebla, lluvia, etc.) y la visibilidad reducida por niebla o lluvia. Además, destacan factores relacionados con comprometer la estabilidad del buque (sobrecarga, modificaciones estructurales no autorizadas, pesos altos, etc.), así como con la falta de integridad de la estanqueidad (p.ej. vías de agua, el cierre u obstrucción de las portas de desagüe, etc.).

Los factores personales identificados con mayor frecuencia como causas de estos accidentes son el incumplimiento de normas de seguridad, como las establecidas en el Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes (RIPA) o el Convenio Internacional sobre normas de formación, titulación y guardia para el personal de los buques pesqueros (STCW-F), no mantener una vigilancia eficaz en la navegación y no valorar convenientemente los efectos de factores ambientales (oleaje, viento, marea, distancia a zonas rocosas) sobre la seguridad del buque. Se incluye en este grupo la no utilización del chaleco salvavidas de inflado automático durante el trabajo en

⁶ Véase el documento *Causas de los accidentes marítimos muy graves en la pesca 2014-2021* (INSST – 2023).

⁷ En los accidentes analizados en la modalidad de pesca de palangre no se identificaron causas pertenecientes al Grupo 4 - Otros equipos de trabajo, ni al Grupo 5 - Materiales y agentes contaminantes.

cubierta que, si bien no es una causa del accidente, es fundamental en la gravedad de las consecuencias, ya que no llevarlo puesto disminuye de forma muy importante la supervivencia en caso de caída al agua. Otro factor señalado en 2 accidentes fue el exceso de confianza en la realización de la tarea, consecuencia del ejercicio habitual del trabajo.

En el bloque de causas relativas a las instalaciones de servicio o protección, los principales factores apuntados fueron los defectos en el diseño, construcción, montaje, mantenimiento o uso de instalaciones de servicio y de las conducciones de servicio de agua de mar. También fueron frecuentes las deficiencias en los sistemas de alarma (contra incendios, alarma de sentinas) o en los medios de actuación (inexistencia, ineficacia o insuficiencia de los medios de extinción de incendios o de las bombas de achique). Se han identificado además cortes no previstos

de suministro energético, generación de atmósferas peligrosas por falta de ventilación y ausencia de protecciones contra sobreintensidad o cortocircuito en instalaciones eléctricas.

En el bloque causas relacionadas con las máquinas, destacan los focos de ignición no controlados y las modificaciones no autorizadas de ciertos equipos que generan situaciones de riesgo no previstas por el fabricante. Estas causas aparecen en 2 accidentes por incendio o explosión.

Además, en 2 accidentes se identifican causas relativas al bloque de gestión de la prevención, como el mantenimiento preventivo inexistente o la falta de realización de las revisiones periódicas obligatorias.

Por último, en 5 accidentes no se pudieron determinar las causas (4 inundaciones y 1 incendio de origen desconocido), quedando encuadrados en el Grupo 10 – otras causas.

BIBLIOGRAFÍA

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES MARÍTIMOS (CIAIM). Informes de investigación de accidentes marítimos muy graves en buques de pesca 2008-2021. [Consulta a 31 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.mitma.gob.es/organos-colegiados/ciaim/publicaciones>

FUNDACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. *La problemática de la siniestralidad en el arte de palangre de superficie en la pesca de altura y gran altura. Guía de procedimientos de actuaciones preventivas*. 2012.

INSPECCIÓN DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL (ITSS). Información estadística derivada de las investigaciones de accidentes de trabajo graves, muy graves y mortales ocurridos en buques de pesca entre 2011-2021.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (INSST). *Causas de los Accidentes Marítimos muy graves en la Pesca 2014-2021*. INSST, 2023. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/causas-de-los-accidentes-maritimos-muy-graves-en-la-pesca-2014-2021>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (INSST). *Caracterización de la siniestralidad en la actividad pesquera*. INSST, 2022. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/caracterizacion-de-siniestralidad-actividad-pesquera-ano-2022>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (INSST). *Causas de los Accidentes Marítimos muy graves en la Pesca 2008-2013*. INSST, 2014. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/causas-de-los-accidentes-maritimos-muy-graves-en-la-pesca-2014-2021>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT). *Nota Técnica de Prevención 924: Causas de accidentes: clasificación y codificación*. INSHT, 2011. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/328579/924w.pdf/45d94754-78f4-4953-96fd-8ed019cfca37>

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. Estadísticas pesqueras. Abril 2022. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-pesqueras/estadisticas_pesqueras_2022-04_tcm30-618641.pdf

Orden AAA/658/2014, de 22 de abril, por la que se regula la pesca con el arte de palangre de superficie para la captura de especies altamente migratorias. Boletín Oficial del Estado, nº 102 (28-04-2014).

Pesca de palangre (II): medidas preventivas.

*Longline fishing. Part II: preventative measures.
Pêche à la palangre. Partie II: mesures préventives.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Esther Duque Casas.

Esperanza Valero Cabello.

CENTRO NACIONAL DE MEDIOS DE PROTECCIÓN (INSST).

Diego Castro Balboa.

INSTITUTO DE SEGURIDADE E SAÚDE LABORAL DE GALICIA (ISSGA).

Ramón Sancho Piñeiro.

ARVI_SPM-COAPRE.

Esta Nota Técnica de Prevención (NTP), continuación de la NTP-1208, completa la información de la misma proponiendo, para las formas de accidente graves y mortales más frecuentes en la modalidad de pesca de palangre, una serie de medidas preventivas destinadas a evitar o minimizar los riesgos, además de unas medidas preventivas específicas para las dos variantes de palangre que existen en función de la profundidad de trabajo: palangre de superficie y palangre de fondo.

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 Y OBJETIVOS

La NTP-1208 describe la pesca de palangre, tanto de superficie como de fondo. Además, ofrece información cuantitativa y cualitativa sobre las formas más frecuentes de accidentes graves y mortales en esta modalidad pesquera. En esta NTP se proponen, para cada una de estas formas de accidente, una serie de medidas preventivas “no exhaustivas” destinadas a prevenir la recurrencia de estos. Las medidas propuestas son aplicables a la pesca de palangre de superficie y de palangre de fondo, salvo que se indique expresamente que se refieren a uno u otro tipo de palangre.

Este documento no debe considerarse como una evaluación de riesgos, sino que se trata de una herramienta de apoyo al proceso de identificación de peligros y recomendaciones para la adopción de medidas preventivas y de protección. Será en la pertinente evaluación de riesgos laborales de cada buque en particular donde se concreten dichas medidas según la situación de riesgo detectada.

2. PRINCIPALES MEDIDAS PREVENTIVAS PARA LOS ACCIDENTES MÁS FRECUENTES

Partiendo de la información del análisis de siniestralidad y de las investigaciones de los accidentes graves y mortales en la modalidad de pesca de palangre realizadas por la Inspección de Trabajo y Seguridad Social (ITSS) en el periodo 2011-2021, se han categorizado las formas de producirse los accidentes en función de su frecuencia. Se establecen en esta NTP cuatro apartados de manera

que el apartado I incluye las formas de accidente muy frecuentes, el apartado II las que se han producido de manera frecuente y el apartado III las formas ocasionales. Finalmente, el apartado IV relativo a otras formas de accidente, contempla aquellas que, aunque no se hayan investigado por la ITSS en el periodo de estudio, son formas características de esta modalidad pesquera.

APARTADO I. Formas muy frecuentes de accidentes graves o mortales en palangre

Caída al mismo nivel (cubierta del buque)

Medidas preventivas

- Instalar andariveles y pasamanos de mal tiempo (figura 1).
- Mantener las superficies de cubierta libres de obstáculos que puedan provocar tropiezos o resbalones.
- Baldear la cubierta y el parque de pesca con frecuencia para garantizar una adecuada limpieza de restos de pescado y posibles derrames de líquidos.
- Depositar los desperdicios en contenedores adecuados.
- Las superficies de trabajo y de paso de las cubiertas deben disponer de tratamiento antideslizante para lograr un mejor agarre del calzado y estar adecuadamente iluminadas.
- Utilizar en todo momento calzado de protección antideslizante (véase NTP 813. *Calzado para protección individual: especificaciones, clasificación y marcado y Ficha de selección y uso de calzado*).

- Estibar el arte y otros materiales adecuadamente para evitar que puedan estar sueltos y ser causa de tropiezos, dejando libre de obstáculos las zonas de trabajo y vías de paso.
- Evitar la presencia de residuos oleosos.
- Eliminar los resaltes en cubierta. Las falcas de puertas deben señalizarse con bandas amarillas y negras.
- Los cabos se adujarán donde corresponda y los aparejos se estibarán en cajonadas o similares.
- Informar de la meteorología existente a toda la tripulación para la adopción de medidas de precaución y atención (por balanceo de la embarcación en caso de condiciones adversas).



Figura 1. Andariveles y pasamanos de mal tiempo.

Golpe por rotura de elemento en tensión

Medidas preventivas

- Poner a disposición de la tripulación la información relativa a los diversos tipos de cabos, cadenas, grilletes, cáncamos, mallas, etc., y sus usos especiales a bordo y, en particular, las características de rotura de estos. Lo mismo se ha de realizar con las líneas y sedales.
- Tomar precauciones para evitar el deterioro o debilitamiento de los cabos debido a esfuerzos excesivos o por rozamiento contra objetos cortantes, mediante la disposición de refuerzos especiales.
- Someter a revisiones periódicas los aparejos y equipos auxiliares, según las especificaciones del fabricante.
- Durante la largada, si se producen tensiones anormales al calar la boya de inicio, los marineros avisarán al patrón y se situarán en zona protegida hasta que se resuelva la incidencia. Todos los marineros que no participen directamente en esta operación se mantendrán alejados.

Medidas específicas en palangre de superficie

- Se guiará el recorrido de la línea madre, desde el carretel hasta la lanzadera, para evitar latigazos laterales (figura 2).
- Habilitar una caseta desde la que operen los marineros y que les proteja en caso de que la línea o brazolada pueda salir disparada.
- Marcar convenientemente los empates de la línea madre (tanto en el bobinado como por roturas durante la faena de pesca), de manera que, tanto en la largada como en la virada del arte, puedan ser fácilmente detectados. En tal caso se informará a la tripulación para reducir la velocidad del tambor y conseguir un paso suave a través del pescante. Si un clip o mosquetón se visualiza delante y cercano a un empate se detendrá completamente el carretel, ya que si hiciera tope entre el pescante y el empate podría salir proyectado o provocar la rotura de la línea madre.
- Durante el proceso de largada al programar la lanzadera, ajustar su velocidad a la velocidad del buque.
- Durante el proceso de virada:
 - El tripulante situado en el costado desde donde se visualiza la maniobra de virada y que controla el carretel usará casco de seguridad con protección facial frente al riesgo de proyección de partículas.
 - En el momento en que se visualice la llegada de una boya o brazolada se reducirá velocidad del carretel. Cuando se aproxime el clip o mosquetón se parará completamente y se desenganchará de la línea madre. Solo entonces se continuará virando.
- En la tarea de cobrar e izar la captura a bordo:
 - Se recomienda que el clip de la primera boya utilizada para cansar a la captura se pueda deslizar hasta ella y en caso de desenganche del anzuelo ampare su posible proyección.
 - Si se utiliza gancho, una vez enganchado el pescado el resto de la tripulación se retirará a zonas seguras para evitar golpes en caso de que el gancho se suelte.



Figura 2. Sistema de guiado frente al riesgo de golpe por rotura de elemento en tensión.

Atrapamiento/aplastamiento con el aparejo

Medidas preventivas

- Utilizar ropa laboral ceñida y evitar complementos que puedan engancharse. Es conveniente disponer de un cuchillo a mano para cortar el arte/aparejo en caso de quedar enganchado en la ropa.
- Mantener una distancia de seguridad al arte/aparejo durante su lanzamiento.
- Realizar la revisión y mantenimiento periódico de elementos auxiliares (pastecas, grilletes, eslingas, etc.) y de la grúa/puntal/molinete, comprobando el estado del cable de elevación, pestillo de seguridad, latiguillos y la base de anclaje.
- Establecer un sistema de comunicación por megáfono entre el puente y cubierta (proa y popa), acompañado con señalización gestual. Se recomienda la instalación de cámaras para que el patrón pueda visualizar todas las maniobras tanto en la cubierta como en el parque de pesca.
- En la tarea de largada de la baliza señalizadora reducir la velocidad y prestar atención a la posible formación de senos.

Medidas específicas en palangre de superficie

- En caso de que se enrede la línea madre o se formen senos en el carretel, activar la parada de emergencia y la tripulación se mantendrá alejada de su radio de acción hasta que se detenga completamente. Solo entonces se desenredará la línea madre.
- En la tarea de calado y enganche de brazoladas y boyas a la línea madre, enganchar el clip o mosquetón una vez que se haya largado la parte inferior de la brazolada (luz y anzuelo) y se haya constatado la no formación de senos en sus cabos.
- En la tarea de halar la brazolada con captura se enganchará la tira a la brazolada antes de desengancharla de la línea madre.

Medidas específicas en palangre de fondo

- Para evitar enganches y enredos en la largada es crucial una correcta estiba tanto de la línea madre y anzuelos en los cestos como de la retenida en los cajones.
- En caso de enganche, los marineros advertirán al patrón de inmediato para que detenga el avance de la embarcación. En todo caso, todos ellos dispondrán de cuchillos para poder picar el aparejo.
- Durante la fase de virada, los marineros se situarán siempre por detrás del halador de platos. En caso de enganche, se detendrá el equipo antes de acercarse a los platos para efectuar el desenganche.

APARTADO II. Formas frecuentes de accidentes graves o mortales en palangre

Caída a distinto nivel (por ejemplo, huecos o escotillas)

Medidas preventivas

- Mantener cerradas aquellas escotillas o registros que no se necesite tener abiertos. Si deben permanecer abiertos, se protegerá con barandilla de seguridad todo su perímetro (barandilla de 1 metro de altura, barra horizontal o listón intermedio y rodapié a 15 cm del nivel del suelo).

- Todo lugar al que pueda acceder la tripulación deberá ser de material antideslizante y estar provisto de dispositivos de protección contra caídas.
- Mantener las escalas y escaleras (incluyendo las de servicio) en buen estado de conservación y en perfectas condiciones, sus peldaños serán de superficies antideslizantes y se instalarán barandillas laterales de protección. Realizar su limpieza periódica.
- Planificar la instalación de líneas de vida en aquellas zonas que exista riesgo de caída a distinto nivel.
- Durante la carga del pescado en la bodega, extremar las precauciones evitando situarse demasiado al borde de la escotilla.

Cortes/golpes – al cobrar o procesar las capturas (con pescado, anzuelo, etc.)

Medidas preventivas

- Conocer las especies potencialmente peligrosas.
- Utilizar guantes y manguitos de protección adecuados para evitar cortes, pinchazos o mordeduras de las capturas.
- Mantener los cuchillos bien afilados, con sus mangos en perfecto estado y guardados en fundas mientras no se utilicen.
- En la tarea de recogida de la baliza señalizadora:
 - Prestar especial atención en el empleo del bichero, principalmente de no golpear a tripulantes en las proximidades.
 - El bichero se situará fuera de las zonas de paso de la tripulación y la parte punzante se protegerá con un corcho o similar.

Medidas específicas en palangre de superficie

- En la tarea de cobrar e izar la captura a bordo y si se utiliza gancho:
 - Izar por la cabeza las especies potencialmente peligrosas como el marrajo, tintorera o quella, jaquetón, etc.; otras como pez espada, merlín o similar, se izarán por la cola.
 - Si el pez está vivo y dispone de mucha vitalidad se procederá a cansarlo o agotarlo. Para ello se anclarán a la brazolada o tira una o varias flotaciones, dejándolas trabajar hasta que la captura se canse o debilite.
 - Se recomienda utilizar el lazo para izar las capturas.
 - Disponer de un martillo o similar al objeto de golpear al pescado en caso necesario.
- En el momento de izar la captura a bordo, ninguno de los marineros que hayan auxiliado en la maniobra de cobrar la pieza permanecerán en el pozo; éstos se dispondrán con bicheros en el parque de pesca para auxiliar a introducir el pescado.
- A ser posible, dar muerte a las especies en el costado antes de introducirlas a bordo. Al marrajo, tintorera o quella, jaquetón, etc., haciéndoles un corte en la cabeza e introduciendo una varilla por la medula. Al pez espada, merlín o similar, se le cortará la espada si se congela a bordo.
- Cuando se traten especies que puedan morder o ser peligrosas, no quitarles el anzuelo hasta asegurarse de que la captura no tiene vida.
- Se tendrá especial cuidado al manipular las piezas de la familia del tiburón que hayan sido ultracongeladas (p.ej. en la descarga de los túneles hay riesgo de corte con las aletas que no han sido retiradas previamente). Ninguna parte del cuerpo estará desnuda, además se utilizará protección contra riesgos mecánicos en manos y brazos.

APARTADO III. Formas ocasionales de accidentes graves o mortales en palangre

Sobreesfuerzo

Medidas preventivas

- Disponer de un espacio suficiente para la manipulación de capturas que no implique adoptar posturas forzadas.
- Disponer de mesas de trabajo de altura adecuada para la manipulación de capturas.
- Realizar alternancia de tareas para evitar la acumulación de esfuerzos y movimientos repetitivos sobre los mismos grupos musculares.
- Conocer los pesos que se están manipulando.
- Evitar el manejo manual de cargas superiores a 25 kg por una sola persona, con carácter general. Este valor está fijado para condiciones ideales, pero para determinar el peso límite se deben considerar otros factores, p.ej. debería reducirse a 15 kg para una mayor protección (véase [Guía técnica sobre manipulación manual de cargas del INSST](#)).
- Proporcionar una adecuada formación e información a la tripulación sobre los métodos de trabajo, las condiciones de trabajo y los riesgos ergonómicos derivados de ellas.
- Utilizar medios mecánicos (polipastos, vías de rodillos, transpaletas, etc.) para evitar, en la medida de lo posible, la manipulación manual de cargas o manipularlas entre dos o más personas.

Medidas específicas en palangre de fondo

- Se instalarán cintas transportadoras para las piedras desde el parque de pesca a la zona de largado de popa, de manera que se minimice su manipulación por parte de los marineros.

Contacto térmico e incendio

Medidas preventivas

- Instalar aislamientos en las zonas donde se pueda entrar en contacto con superficies calientes, ya sea de maquinaria, equipos o circuitos, especialmente en las partes del motor que puedan producir quemaduras y escapes.
- Acotar y señalizar aquellas zonas peligrosas por su temperatura, cuando no puedan protegerse adecuadamente.
- Realizar un mantenimiento adecuado de los diferentes circuitos, reparando cualquier fuga.
- Evitar la acumulación de grasas u otros residuos oleosos en las proximidades de motores, equipos y líneas hidráulicas.
- Señalizar el riesgo de contacto térmico en las zonas peligrosas de la sala de máquinas.
- Evitar la presencia de residuos oleosos sobre suelos, paredes o superficie de equipos.
- No poner ropas o cualquier elemento combustible cercano a fuentes de calor, como motores eléctricos o escapes.
- Disponer de medios contra incendios según normativa, realizando simulacros periódicamente. Los posibles focos de ignición estarán identificados. Las materias y productos inflamables estarán correctamente almacenados en armarios protegidos y convenientemente señalizados, conforme a la normativa.

Caída al mar

Medidas preventivas

- El perímetro del buque dispondrá de protección con una altura de, al menos, 1 metro sobre la cubierta (figura 3). Se recomienda superar esta altura tanto en la zona de virado (pozo) como en la zona de largado (popa).
- Poner a disposición de la tripulación, chaleco salvavidas de trabajo, calzado de seguridad con suela antideslizante y arnés de seguridad. Se deberá señalar de forma clara en qué condiciones será obligatorio el uso de cada uno de ellos.
- Utilizar chaleco autoinflable siempre que se realicen trabajos en cubierta, ya que aumenta de forma muy importante las posibilidades de supervivencia en caso de caída al mar. Es obligatorio cuando el estado del mar/viento así lo aconseje, siendo responsabilidad del patrón exigir su uso.
- Prohibir, especialmente en caso de mal tiempo, que se realicen en cubierta trabajos en solitario o sin vigilancia.
- En la tarea de largado de la baliza señalizadora, acercarse a la popa lo estrictamente necesario, pero nunca sacando el cuerpo por el exterior. En caso de mal tiempo se utilizará sistema de retención.



Figura 3. Protección perimetral en un pesquero de palangre de superficie.

Caída en el embarque/desembarque (buque-muelle, buque-buque, etc.)

Medidas preventivas

- Disponer de pasarela de acceso correctamente trincada e iluminada, bajo la cual se colocará una red de seguridad fijada al buque y al borde del muelle.

Atrapamiento/aplastamiento – máquinas y otros

Medidas preventivas

- Los equipos cumplirán con todas las disposiciones aplicables (véase [NTP 995. Buques de pesca: valoración de las condiciones de seguridad de los equipos de trabajo de a bordo](#)) y dispondrán de los manuales de instrucciones para su operación y mantenimiento. El personal estará capacitado para la operación de los equipos asignados.
- Las partes móviles de las máquinas y equipos de trabajo estarán protegidas contra todo atrapamiento, presentando especial atención a poleas, engranajes, ejes, transmisiones, etc.
- Los equipos de trabajo dispondrán de paradas de emergencia que permitan parar el equipo en condiciones óptimas de deceleración.
- Prohibir el uso de ropas flojas, cadenas, pulseras, etc.
- Disponer de los dispositivos necesarios para mantener un control visual, verbal y gestual, principalmente entre la zona de largado y el puente, así como la zona de virado y el puente. El sistema de comunicación verbal ha de ser bidireccional.
- Señalizar el riesgo de atrapamiento en los equipos de trabajo, como molinetes, compresores, esmeril, ejes, poleas, carretes y lanzadera (palangre de superficie), halador de platos (palangre de fondo), etc.

Medidas específicas en palangre de superficie

- Durante la tarea de bobinado de la línea madre en el carretel:
 - El conjunto de la bobina y el eje que lo soporta han de disponer de un sistema de frenado y deceleración de la bobina que permita controlar la velocidad de frenado. La bobina ha de estar montada sobre un eje fijo y este ha de estar perfectamente asentado al suelo.
 - Mantener constante comunicación y coordinación entre el barco y el muelle.
 - Es obligatorio el uso de casco con pantalla facial, para la tripulación que permanezca en el radio de acción, al objeto de protegerlos ante una posible rotura de la línea madre.
 - Balizar la zona de bobinado impidiendo el acceso a toda persona no involucrada en esta operación.

APARTADO IV. Otras formas de accidentes graves o mortales en palangre

Exposición a temperaturas extremas

Medidas preventivas

- La tripulación dispondrá de ropa adecuada contra el frío.

- Las bodegas y gambuzas dispondrán de un sistema de alarma de tripulante encerrado.
- Las gambuzas dispondrán de apertura desde el interior.

Contacto eléctrico

Medidas preventivas

- Realizar las inspecciones y verificaciones periódicas de la instalación eléctrica, conforme a la reglamentación: funcionamiento de los interruptores diferenciales, cableado, nivel de aislamiento y puesta a tierra de los equipos y sistemas eléctricos del buque.
- No utilizar bases de enchufe, clavijas o cables defectuosos ni realizar empalmes mediante cinta aislante o similar.
- Los cuadros eléctricos estarán protegidos, cerrados y correctamente señalizados.
- Las herramientas eléctricas dispondrán de un índice de protección (IP) adecuado para trabajos a la intemperie.
- Las operaciones de mantenimiento eléctrico se realizarán por personal cualificado, eliminando la tensión cuando sea necesario y siguiendo todas las disposiciones establecidas en el 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.

Exposición a sustancias peligrosas

Medidas preventivas

- Mantener y ventilar la sala de máquinas.
- Acceder a espacios confinados sólo bajo autorización y según el procedimiento de trabajo establecido para ello.
- Tener la menor cantidad posible de sustancias o mezclas almacenadas, en sus recipientes originales y debidamente etiquetadas, no mezclando productos incompatibles.
- Utilizar los equipos de protección individual adecuados de acuerdo con la evaluación de riesgos y la ficha de datos de seguridad.

Explosión

Medidas preventivas

- No se estibarán bombonas de gas en espacios cerrados, salas de máquinas o cerca de los escapes.
- Realizar el mantenimiento periódico de las baterías. Cubrir las abrazaderas de los bornes con vaselina. No dejar objetos metálicos sobre las mismas. Proteger de chispas.

BIBLIOGRAFÍA

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES MARÍTIMOS (CIAIM). Informes de investigación de accidentes marítimos muy graves en buques de pesca 2008-2021. [Consulta a 31 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.mitma.gob.es/organos-colegiados/ciaim/publicaciones>.

FUNDACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. La problemática de la siniestralidad en el arte de palangre de superficie en la pesca de altura y gran altura. Guía de procedimientos de actuaciones preventivas. 2012.

INSPECCIÓN DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL (ITSS). Información estadística derivada de las investigaciones de accidentes de trabajo graves, muy graves y mortales ocurridos en buques de pesca entre 2011-2021.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (INSST). Causas de los Accidentes Marítimos muy graves en la Pesca 2014-2021. INSST, 2023. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/causas-de-los-accidentes-maritimos-muy-graves-en-la-pesca-2014-2021>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (INSST). Caracterización de la siniestralidad en la actividad pesquera. INSST, 2022. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/caracterizacion-de-siniestralidad-actividad-pesquera-ano-2022>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (INSST). Causas de los Accidentes Marítimos muy graves en la Pesca 2008-2013. INSST, 2014. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/causas-de-los-accidentes-maritimos-muy-graves-en-la-pesca-2014-2021>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT). Nota Técnica de Prevención 995: Buques de pesca: valoración de las condiciones de seguridad de los equipos de trabajo de a bordo. INSHT, 2013. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/327567/ntp-995+w.pdf/beddf937-a813-4885-9878-efde2693020e>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT). Guía para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas. INSHT, 2009. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/guia-tecnica-para-la-evaluacion-y-prevencion-de-los-riesgos-relativos-a-la-manipulacion-manual-de-cargas>

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT). Nota Técnica de Prevención 813: Calzado para protección individual: especificaciones, clasificación y marcado. INSHT, 2008. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/327401/813+web.pdf/3e240a71-d0da-4e62-a9c2-9606aae93e3b>

Industria farmacéutica: criterios para el establecimiento de valores guía de exposición laboral.

*Pharmaceutical industry. Criteria for the establishment of occupational exposure guideline values.
Industrie pharmaceutique. Critères pour l'établissement de valeurs guides d'exposition professionnelle.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Xavier Solans Lampurlanés.

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO (INSST).

Raquel Bou Bosch.

ANNION PHARMA.

Begoña López Román.

ESTEVE.

Grupo de Trabajo VGEL-PAIF¹.

VALORES GUÍA DE EXPOSICIÓN LABORAL A PRINCIPIOS
ACTIVOS EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA.

La evolución científica de los últimos años y la publicación de artículos relevantes en el área de la toxicología, así como la aparición de guías propias de la industria farmacéutica y de nuevos requisitos regulatorios hacen necesaria una revisión exhaustiva de las metodologías reconocidas científicamente para llevar a cabo el cálculo de valores guía ambientales para los principios activos farmacéuticos (PAF). En esta NTP, que actualiza la NTP 724, se indican los principales aspectos a considerar en el cálculo de un valor guía de exposición laboral (VGEL) para la evaluación del riesgo higiénico por exposición a estas sustancias.

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

El aprendizaje de las metodologías de cálculo de valores límite de exposición, pero también los conocimientos y la experiencia en toxicología, se consideran necesarios para proporcionar el criterio apropiado para la identificación de los efectos críticos más relevantes de un principio activo farmacéutico (PAF) en evaluación y para establecer los puntos de partida y factores de seguridad adecuados para la determinación de un valor límite de exposición laboral interno (*in-house*) para la evaluación del riesgo por exposición cuando no se dispone del correspondiente Valor Límite Ambiental (VLA) como Límite de Exposición Profesional (LEP).

Hay que tener en cuenta que la exposición a un PAF presenta una idiosincrasia específica, siendo el comportamiento de estas sustancias químicas en el ámbito laboral un aspecto relevante a considerar cuando se diseñan las instalaciones para su fabricación y se establecen los procedimientos para su manipulación. Los PAF no se comportan como una sustancia química estándar, y a sus propiedades fisicoquímicas y toxicológicas hay que sumarles su actividad farmacológica. Estas moléculas son únicas y aunque pueden compartir un mismo meca-

nismo de acción y actividad terapéutica con otras, cada una de ellas presenta un comportamiento único que les confiere su propio perfil farmacológico y toxicológico.

Las vías de entrada en el organismo que suponen la exposición para las personas trabajadoras, principalmente la inhalatoria y la dérmica, diferentes de la vía habitual de administración del fármaco, pueden influir en los efectos observados (por ejemplo, diferencias en la capacidad de absorción y biodisponibilidad sistémica de una vía de exposición respecto a otra distinta). Además, en las fases iniciales de síntesis y desarrollo de un PAF las propiedades toxicológicas y farmacológicas son prácticamente desconocidas, por lo que una gestión inadecuada del riesgo puede derivar en una exposición del personal que puede tener consecuencias para su salud a corto, medio o largo plazo.

Por lo tanto, resulta necesario establecer una evaluación y un control durante la manipulación de los principios activos, desde la fase de investigación a la de industrialización teniendo en cuenta todos los aspectos del proceso.

La relevancia toxicológica y farmacológica de los PAF implica la realización de una evaluación de riesgos específica basada en la peligrosidad y potencia terapéutica conocida de estas sustancias y adoptar las medidas preventivas adecuadas para una manipulación segura. Por ello, desde hace años, la industria farmacéutica ha desarrollado a nivel interno sistemas de clasificación de los principios activos que permiten situarlos en un intervalo, o banda de control, según sus propiedades toxicológicas y farmacológicas (véase la NTP 1.104, en la que se detalla este sistema de clasificación).

Aparte de metodologías ya consolidadas como Nau-

¹ Han colaborado en la elaboración de la presente NTP los siguientes miembros del Grupo de Trabajo:

Mar Alonso (Laboratorios Normon); Gastón Estruch (Gentec Pharmaceutical Group); Imma Fernández (Boehringer Ingelheim España S.A.); Blanca de la Fuente (Centro Nacional de Condiciones de Trabajo); Albert Nolla y Ángel Martínez (Farmhispania.); Lidia Mora (BCN Peptides); César Valera (AGC Pharma Chemicals); Alberto Balda (Laboratorios CINFA); Cristina Cabañas (Merck).

mann (véase la NTP 722) o SafeBridge (véase la NTP 798), otras se abren paso en función de nuevos criterios y conceptos. Así, en los últimos años, se ha consolidado en la industria químico-farmacéutica el desarrollo de guías elaboradas con la colaboración de la propia industria, conocedora de la gestión interna y de la idiosincrasia de los procesos, que han permitido establecer unos criterios básicos necesarios en cuanto a la evaluación de los PAF.

Así, la aprobación de guías por parte de organismos reguladores oficiales en el ámbito químico-farmacéutico, como la guía de la EMA (European Medicines Agency) para el establecimiento de valores límite para la identificación de riesgos en instalaciones multiproducto, ha permitido establecer metodologías para el establecimiento de valores límite de exposición basados en la salud y en la identificación de riesgos en la fabricación de diferentes medicamentos en instalaciones compartidas (donde se fabrican varios principios activos distintos) con el fin de asegurar la seguridad de los pacientes y la validación de la limpieza de las instalaciones de fabricación multiproducto. Estos mismos conceptos pueden ser adaptados para su aplicación en la evaluación del riesgo por exposición laboral a los principios activos y, por tanto, asegurar la protección de las personas trabajadoras frente a una exposición por vía inhalatoria o dérmica, principalmente.

Estas metodologías comparten criterios en cuanto a la selección de una dosis crítica, o PoD (Point of Departure), además de los principios básicos acerca de los factores de seguridad con el fin de determinar una exposición segura (sin efectos para la salud), aunque puede existir variabilidad en la aplicación de estos, considerando las particularidades de la población diana y las vías de entrada con riesgo por exposición en cada caso.

Se debe recordar que estos valores límite de carácter interno establecidos por el procedimiento que se describe en esta NTP no son normativamente equiparables a los Valores Límite Ambientales (VLA), o valores LEP en general (aunque técnicamente puedan tener aspectos en común) ya que se establecen y emplean en el ámbito de la propia empresa o grupo de empresas, son de carácter meramente técnico y carecen de reconocimiento reglamentario. A fin de evitar posibles confusiones con los valores VLA, se emplea el término *Valor Guía de Exposición Laboral* (VGEL). Se trata de niveles orientativos de principios activos farmacéuticos en aire a fin de prevenir la aparición de efectos adversos en la salud de las personas trabajadoras expuestas.

2. ESTRATEGIAS PARA LA CATEGORIZACIÓN TOXICOLÓGICA DE LOS PAF

Las estrategias para la categorización toxicológica de estas sustancias deben tener en cuenta la fase de investigación en la que se encuentran.

Principios activos en fases iniciales de investigación

En las primeras etapas de la investigación y el desarrollo solo se dispone de unos pocos datos toxicológicos, o incluso puede no disponerse de ninguno, sobre las moléculas candidatas a fármacos. Y en muchas ocasiones, estos datos son insuficientes para el cálculo de un valor límite. Sin embargo, se necesita una categorización de los PAF para establecer el conjunto de recomendaciones preventivas necesario que permita minimizar los riesgos para el personal investigador, los técnicos de laboratorio y cualquier

persona trabajadora que tenga que manipular estas sustancias. Por esta razón, es necesario el establecimiento de unos criterios simplificados para identificar los potenciales riesgos para la salud y sus correspondientes niveles seguros de exposición por inhalación desde el inicio.

Una aproximación en estadios iniciales de desarrollo se puede hacer a partir del análisis del mecanismo de acción y de la actividad terapéutica del PAF, que pueden permitir asignar una categoría o banda de control inicial.

En ausencia de datos específicos de los compuestos, el valor límite recomendado por defecto es de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (que se corresponde con la categoría 3A según el sistema de categorías que se indica en la NTP 1.104), que se considera un valor razonablemente seguro para manipular estas sustancias en la mayor parte de las áreas terapéuticas. Sin embargo, para aquellos PAF con riesgo identificado de potencia elevada (por ejemplo, categoría terapéutica con PAF similares de alta potencia o alertas de mutagénesis), la estrategia recomendada es una manipulación como si se tratase de un PAF de categoría 3B desde estas fases iniciales (véase la NTP 1.104) y hasta que no se disponga de datos toxicológicos suficientes, con un intervalo del valor guía de exposición entre 1 y $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o incluso como de categoría 4 si se considerase necesario.

Utilizar estos criterios como referencia para clasificar los principios activos que se hallan en fases iniciales de desarrollo, y para los que solo se dispone de información limitada acerca de su peligrosidad, permite estimar una categoría o banda de control recomendada para su manipulación desde una fase muy temprana.

Principios activos en fase clínica avanzada

Cuando el PAF se encuentra en una fase clínica avanzada es posible establecer una categorización consistente y objetiva, basada en datos toxicológicos, farmacológicos y clínicos y, en muchas ocasiones, ya es posible establecer un valor guía de exposición cuantitativo. En función de la información disponible y de las limitaciones o incertidumbres identificadas, se aplicarán los factores de ajuste o seguridad (véase apartado 3) que se consideren más adecuados.

Principios activos aprobados y comercializados

Los principios activos consolidados disponen de suficiente información toxicológica y farmacológica para permitir establecer un valor guía de exposición, siempre con un margen de seguridad adecuado según incertidumbres remanentes, severidad o riesgos particulares identificados, etc.

En cualquier caso, la aparición de nueva información en el proceso de aprobación o durante la comercialización y experiencia clínica en humanos podría llevar a la necesidad de una revisión de este valor en caso de identificarse nuevos efectos adversos.

3. METODOLOGÍAS CUANTITATIVAS PARA EL CÁLCULO DEL VGEL

La fórmula más elemental, y estándar, para el cálculo del valor límite es la siguiente:

$$\text{Valor límite} = \frac{\text{NOEL (mg/kg/día)} \cdot 70 \text{ (kg)}}{10 \text{ (m}^3\text{/día)} \cdot \text{FS}}$$

donde:

NOEL (*No Observed Effect Level* - Nivel sin efecto observado). Según el estudio y punto crítico identificado.

70 (kg) se corresponde con el peso corporal medio humano considerado por defecto en el entorno ocupacional.

10 (m³/día) es el volumen medio de aire inhalado (considerado el volumen medio de inhalación por parte de una persona trabajadora durante una jornada laboral de 8 horas para un nivel medio de carga física).

FS = Factor de seguridad (procede de la multiplicación de los distintos factores de seguridad individuales).

Se debe indicar que el punto de partida para el cálculo pueden ser también otros descriptores (véase tabla 1):

- NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level* - Nivel sin efecto adverso observado).
- LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effect Level* - Nivel más bajo con efecto adverso observado).
- LOEL (*Lowest Observed Effect Level* - Nivel más bajo de efecto observado)
- BMD (*Benchmark Dose* - Dosis de referencia)

Con principios similares, existen distintas variaciones

publicadas para el cálculo de los límites de exposición:

- ISPE (*International Society for Pharmaceutical Engineering*). Propone un método basado en un valor PoD: NOAEL, NOEL o LOEL, que refleje el “worst case”, es decir, la peor situación para un efecto adverso relevante en animales o humanos que pueda garantizar que el valor obtenido protege a la población laboral.
- Metodologías de cálculo basadas en las propuestas de Naumann (1995, 2009) o SafeBridge (2005), cuyos principios se recogen también en la Guía ISPE (2017).
- Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA). En su documento “*Characterisation of dose [concentration]-response for human health*” (2012) presenta una propuesta para la determinación de valores límite de exposición de cualquier sustancia química, en la que describe el proceso y cálculo para el nivel sin efectos derivados (DNEL, *Derived No Effect Level*) basado en un valor crítico identificado como punto de partida: NOAEL, NOEL, LOAEL y en la aplicación de los valores de seguridad apropiados.

DESCRPTORES DE DOSIS	
NOAEL (<i>No Observed Adverse Effect Level</i> - Nivel sin efecto adverso observado)	Dosis o concentración más elevada a la que no se observa ningún efecto adverso estadísticamente significativo.
LOAEL (<i>Lowest Observed Adverse Effect Level</i> - Nivel más bajo con efecto adverso observado)	Dosis o concentración más baja a la que se observa el efecto adverso crítico. Se emplea cuando se observan efectos significativos a todas las dosis y no es posible determinar un valor NOAEL.
NOEL (<i>No Observed Effect Level</i> - Nivel sin efecto observado)	Dosis o concentración más elevada a la que no se observan efectos.
LOEL (<i>Lowest Observed Effect Level</i> - Nivel más bajo de efecto observado)	Dosis o concentración más baja a la que se observa un efecto.
BMD (<i>Benchmark Dose</i> - Dosis de referencia)	Dosis o concentración que causa un cambio predeterminado en la incidencia o severidad de la respuesta a un efecto adverso comparado con los valores de referencia.

Tabla 1. Características de los descriptores de dosis.

Selección del efecto crítico

En un escenario de exposición ocupacional, todos los efectos derivados de la exposición al PAF, tanto toxicológicos como farmacológicos, son considerados potencialmente adversos para la persona trabajadora.

Para el cálculo del valor guía de un PAF, en primer lugar, es necesario determinar el efecto o efectos críticos principales. Generalmente se trata del efecto adverso más sensible, el primer efecto clínicamente significativo que se considere relevante para la especie humana al aumentar la dosis de exposición.

En caso de identificar más de un efecto como potencialmente crítico es recomendable el cálculo de valores guía a partir de la dosis crítica para cada uno de los distintos efectos críticos identificados, ya que los factores de seguridad e incertidumbre a aplicar en cada caso pueden variar según el origen de los datos y el tipo de efecto adverso observado, de forma que es complicado predecir inicialmente cuál es el punto de partida que determinará un valor más crítico.

El efecto crítico puede ser derivado a partir de cualquier dato o estudio, clínico o toxicológico, del PAF. Generalmente, para cada estudio es posible obtener un descriptor

de dosis para designar el nivel de exposición (dosis o concentración) que corresponde a un nivel cuantificado de riesgo para el efecto crítico observado en cada caso. Los descriptores de dosis más comunes son los valores NOAEL, LOAEL o BMD.

El descriptor de dosis crítico de partida para el cálculo del VGEL de un PAF puede determinarse para efectos clínicos (dosis terapéutica, efectos farmacodinámicos u observaciones de estudios clínicos) y efectos toxicológicos (toxicidad a dosis repetidas, genotoxicidad, carcinogénesis, teratogénesis, toxicidad para la reproducción, toxicidad para el desarrollo fetal, etc.).

Selección de los factores de seguridad (FS)

El cálculo de un valor límite implica, adicionalmente, el uso de una serie de factores que permitan establecer un margen de seguridad suficiente entre el efecto crítico de partida y el valor límite para evitar así el riesgo de ocurrencia del efecto crítico en la población diana (personas trabajadoras en el caso de riesgo laboral). Los factores de seguridad permiten compensar la variabilidad e incertidumbre existente en los datos de origen o en su extrapolación (entre distintas especies, individuos,

vías de exposición, duración de la exposición, etc.). Es importante identificar cualquier fuente de variabilidad o incertidumbre y considerarla con un factor adecuado para establecer el margen de seguridad apropiado para el cálculo del valor límite a partir del efecto crítico.

Generalmente, los principales elementos en la adopción de los factores de seguridad en el ámbito de la exposición laboral son los siguientes:

- Variabilidad entre especies (extrapolación de animales a humanos).
- Variabilidad interindividual (naturaleza y variabilidad de la población expuesta).
- Duración de la exposición (extrapolación de exposición de corta duración a crónica).
- Naturaleza y severidad de los principales efectos adversos.
- Disponibilidad de un NOAEL (o necesidad de extrapolación de LOAEL a NOAEL).

Adicionalmente, hay también otros aspectos relevantes a considerar que pueden representar una mayor variabilidad o incertidumbre y, por lo tanto, la necesidad adicional de otros factores de seguridad:

- Diferencias entre vías de exposición. Por ejemplo, porcentaje de biodisponibilidad sistémica, además de otros posibles ajustes de variabilidad farmacocinética o farmacodinámica (tiempo de vida media, subpoblaciones sensibles...).
- Cantidad y calidad de la información disponible para la evaluación toxicológica.
- Efectos locales o específicos para una vía de exposición determinada.
- Otros elementos de variabilidad o incertidumbre identificados en la revisión y estudio de la información.

Tradicionalmente se han empleado factores de seguridad por defecto de 10 para cada uno de los elementos principales de variabilidad, aunque existen algunas aproximaciones específicas a considerar. A continuación, se incluyen las recomendaciones específicas más habituales para los factores de seguridad.

Variabilidad entre especies

Generalmente se recomienda el uso de un factor de seguridad basado en la escala alométrica para la extrapolación de una respuesta observada en estudios en animales de experimentación por vía oral a humanos (véase tabla 2). Si el valor crítico de partida proviene de un estudio por vía inhalatoria, se recomienda una extrapolación específica distinta.

ESPECIE	FACTOR DE ESCALA ALOMÉTRICA	
	ECHA (peso corporal = 70 kg)	ICH Q3C (peso corporal = 50 kg)
Rata	4	5
Ratón	7	12
Hámster	5	-
Conejillo de indias	3	-
Conejo	2,4	2,5
Mono	2	3
Perro	1,4	2

Tabla 2. Valores del factor de seguridad basado en la escala alométrica para diferentes especies animales.

Se han propuesto varios factores de seguridad por defecto basados en la escala alométrica para la extrapolación entre especies, representando diferencias menores en las asunciones de peso corporal de especies animales y humanos.

Así, en el cálculo del nivel sin efecto derivado (DNEL -*Derived No Effect Level*) la ECHA considera el uso de un factor adicional por defecto para cubrir otras diferencias potenciales entre especies, por ejemplo, toxicodinámica, de 2,5. Sin embargo, otras entidades, como el ECETOC (Centro Europeo de Ecotoxicología y Toxicología Química), describen este factor adicional como no necesario.

Variabilidad interindividual

Tradicionalmente, se ha utilizado un factor de seguridad por defecto de 10 para la variabilidad interindividual. También se propone el uso de un valor por defecto menor (por ejemplo, 5) para la variabilidad entre la población trabajadora, considerando que su naturaleza es más homogénea respecto a la población general, ya que algunas subpoblaciones habitualmente de mayor sensibilidad (pediátrica, mayores de 65 años, pacientes con enfermedades de gravedad...) están excluidas del riesgo ocupacional.

En caso de tener datos específicos de farmacocinética y farmacodinámica para el PAF en evaluación es recomendable, en la medida de lo posible, el cálculo de un factor de variabilidad interindividual específico.

Duración de la exposición

El valor guía de exposición se calcula considerando la exposición potencial de la persona trabajadora durante toda su vida laboral. Por lo tanto, si el punto crítico identificado ha sido derivado de un estudio de exposición subaguda o subcrónica, será necesario añadir un factor de seguridad para contemplar la extrapolación a una potencial exposición crónica.

En el entorno laboral, el factor de seguridad recomendado es generalmente de 2-3 para la extrapolación de una exposición subcrónica a crónica, y de 6-10 para la extrapolación de una exposición subaguda a crónica.

Naturaleza y severidad de los principales efectos adversos

Los efectos adversos de gravedad o irreversibles pueden requerir la aplicación de factores adicionales para incrementar el margen de seguridad, principalmente si estos efectos de gravedad no están reflejados o tienen relación con el efecto crítico utilizado como punto de partida para el cálculo del valor límite. Los efectos genotóxicos, teratogénicos o cancerígenos son efectos adversos habitualmente asociados a severidad. Generalmente, se utilizan factores de seguridad de entre 1 y 10 (comúnmente de 3 o 10), dependiendo del riesgo identificado y la necesidad de ampliación del margen de seguridad que se considere oportuna durante la evaluación toxicológica del PAF.

Disponibilidad de NOAEL

Cuando el punto de partida sea un LOAEL en lugar de un NOAEL será necesario aplicar un factor de seguridad

adicional para la extrapolación de este valor inicial a una dosis segura sin efecto adverso observado. Generalmente, se utiliza un valor dentro del intervalo de 1-10 según la relación dosis-respuesta además de la naturaleza y severidad del efecto crítico observado; habitualmente se considera que un FS de 3 es suficiente en la mayoría de los casos para la extrapolación de un LOAEL a un NOAEL, mientras que en casos especiales (por ejemplo, toxicidad severa observada a la dosis utilizada como PoD) o cuando se considere conveniente aumentar el margen de seguridad para cubrir el efecto crítico identificado, puede ser necesario un valor de hasta 10.

Otros factores de seguridad

Como ya se ha comentado, pueden existir otras particularidades del PAF que hagan recomendable el uso de factores de seguridad adicionales como, por ejemplo: diferencias de farmacocinética, incertidumbre elevada en la base de datos disponible o efectos locales o específicos identificados para una vía de exposición determinada.

Las diferencias en los porcentajes de absorción y biodisponibilidad sistémica entre la vía de administración utilizada en el estudio crítico y la vía de entrada por exposición evaluada tienen que considerarse en el cálculo del valor límite. Así, en muchas ocasiones, la vía oral para el PAF y la vía de mayor riesgo potencial de exposición laboral (por ejemplo, inhalatoria o dérmica), hacen necesario la inclusión de un factor de seguridad adicional para considerar la incertidumbre que supone esta diferencia.

Este valor de incertidumbre por diferencias de biodisponibilidad se representa generalmente, y se añade a la fórmula elemental, como factor α . Salvo que se disponga de información específica por vía inhalatoria, se asume el peor caso considerando una absorción potencial del 100 % por esta vía, aunque, en la mayoría de los casos será inferior. El factor de seguridad α se calcula comparando la diferencia de biodisponibilidad entre la vía inhalatoria (asumiendo 100 % en ausencia de datos específicos) y la vía de administración utilizada en el estudio donde se ha identificado el efecto crítico. En caso de estudios por vía oral e información insuficiente sobre biodisponibilidad, se recomienda por defecto considerar una absorción del 50% por vía oral y un peor caso de absorción completa (100%) por vía inhalatoria (factor $\alpha=2$).

Factor de seguridad global.

El producto de los distintos factores de seguridad considerados proporciona el factor de seguridad global. Generalmente, este factor de seguridad global será mayor cuando se haya identificado una mayor incertidumbre en los datos o efectos adversos de mayor severidad. Habitualmente, se sitúa entre 100 y 1000. Cuando se disponga de datos robustos en la especie humana, información suficiente para la determinación de valores NOAEL de exposición crónica o el PAF no esté asociado a efectos adversos de severidad elevada, el factor de seguridad global será previsiblemente bajo (<100). Por el contrario, cuando se disponga de una base de datos muy limitada u otras variables que generen un elevado

grado de incertidumbre, o bien el PAF esté asociado a efectos adversos de gravedad, el factor de seguridad global será mucho más elevado (>1000).

Por otro lado, en aquellos casos en que la incertidumbre sea muy elevada y represente la aplicación de un factor de seguridad global extremo, es conveniente plantearse el uso de otras estrategias para la evaluación de riesgos, como el uso de valores TTC (Threshold of Toxicological Concern) o la estimación de un valor guía a partir de sustancias similares, mediante metodologías cualitativas.

En cualquier caso, es necesario revisar de forma explícita el factor de seguridad global para comprobar:

- que las distintas incertidumbres identificadas se hayan tenido en cuenta, pero que no hayan sido duplicadas en distintos FS,
- que se haya analizado con detalle cada FS y aplicado el criterio más adecuado y
- que se haya documentado adecuadamente la toma de decisiones.

La experiencia en el campo de la toxicología, así como en las metodologías para el cálculo de valores límite de exposición, es básica para la identificación de los efectos críticos y el establecimiento de los puntos de partida y de los factores de seguridad adecuados.

4. CÁLCULO DE UN VALOR GUÍA DE EXPOSICIÓN. CASO PRÁCTICO: PARACETAMOL

La evaluación toxicológica para la determinación de un valor guía de exposición laboral debe incluir:

- Datos farmacológicos (mecanismo de acción, diana terapéutica, dosis efectivas, dosis terapéuticas recomendadas y dosis máxima tolerada).
- Datos de farmacocinética (absorción, distribución, metabolismo, eliminación, riesgo de acumulación).
- Datos clínicos (observaciones de estudios clínicos y uso terapéutico en humanos, perfil de seguridad y eficacia, estudios epidemiológicos).
- Datos toxicológicos en animales (toxicidad aguda, toxicidad a dosis repetida, mutagénesis, carcinogénesis, toxicidad para la reproducción y el desarrollo, estudios de sensibilización y cualquier otro estudio preclínico relevante identificado).

A continuación, se presenta un caso práctico para la determinación del VGEL del principio activo paracetamol, con la información necesaria para una evaluación toxicológica completa que permita determinar el efecto y la dosis crítica más apropiados. En este tipo de estudios puede ocurrir que diferentes expertos lleguen a valores ligeramente distintos debido a las pequeñas variaciones en la elección de los factores de seguridad para el cálculo. Por este motivo, es muy importante utilizar el máximo rigor y criterio científico y toxicológico para su elección y justificar cada uno de los factores de seguridad utilizados para establecer el margen de seguridad más apropiado en cada caso y a partir de la totalidad de datos disponibles.

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL VGEL PARA EL PARACETAMOL.

Mecanismo de acción:

- Acción analgésica y antipirética.

Dosis terapéutica:

- Rango de 0.5 - 1 g/4-6 horas, dosis máxima de 4 g/día (adultos).

Farmacocinética:

- Biodisponibilidad oral dosis-dependiente en el intervalo de 70-90 %.
- Pico de concentración en plasma en 30-60 minutos, baja unión a proteínas (10-25 %).
- Volumen de distribución aparente de 0.9 L/kg.
- Aproximadamente un 5-10 % del paracetamol incorporado es metabolizado vía oxidativa al subproducto tóxico *N*-acetil-*p*-benzoquinona imina (NAPQI), que es detoxificado vía conjugación con glutatión; en caso de saturación del mecanismo de detoxificación por sobredosificación de paracetamol, NAPQI se une a los hepatocitos causando daño hepático.
- La eliminación de paracetamol tiene lugar con un tiempo de semivida de 2-3 h en adultos, 1.5-4.2 horas en niños y hasta 11 horas en recién nacidos.

Efectos adversos:

- Raros o muy raros, amplia experiencia clínica.

Toxicidad aguda:

- LD₅₀ = 400 - 900 mg/kg (ratón); >2000 mg/kg (rata).

Toxicidad dosis repetida:

Estudios de toxicidad subaguda y subcrónica en ratas/ratones.

- NOAEL (2 semanas, oral, ratón) = 1000 mg/kg/día. Buena tolerancia hasta la dosis máxima administrada.
- NOAEL (13 semanas, oral, ratón) = 400 mg/kg/día. Hepatotoxicidad y mortalidad a dosis superiores.
- NOAEL (2 semanas, oral, rata) = 400 mg/kg/día. Pérdida de peso corporal en machos a la dosis más elevada.
- LOAEL (13 semanas, oral, rata) = 100 mg/kg/día. Aumento de peso de hígado y riñones a todas las dosis ensayadas. A dosis elevadas, hepatotoxicidad, nefrotoxicidad, y toxicidad en órganos reproductivos. Mortalidad a la dosis más elevada.

Genotoxicidad:

Sin evidencia de mutagénesis.

- Inducción de daño cromosómico a dosis elevadas, NOAEL de clastogénesis = 3 x 250 mg/kg.

Carcinogénesis:

Sin evidencia de efectos cancerígenos en ratones y ratas macho a dosis de 600 a 6000 ppm durante 2 años de exposición. Leucemia de células mononucleares en ratas hembra a dosis elevada, considerada específica de especie.

- NOAEL (carcinogénesis, oral, rata macho) = 300 mg/kg/día.
- NOAEL (carcinogénesis, oral, rata hembra) = 160 mg/kg/día.
- NOAEL (carcinogénesis, oral, ratón macho) = 1000 mg/kg/día.
- NOAEL (carcinogénesis, oral, ratón hembra) = 1200 mg/kg/día.

Reproducción/desarrollo:

Datos epidemiológicos en humanos indican un bajo riesgo de malformaciones congénitas por exposición durante el primer trimestre de embarazo.

Datos de estudios en animales:

- LOAEL (toxicidad reproductiva, oral, ratón) = 360 mg/kg/día.
- LOAEL (toxicidad reproductiva, oral, rata macho) = 500 mg/kg/día.
- LOAEL (embriotoxicidad, oral, rata) = 125 mg/kg/día

Efecto/s crítico/s:

Hepatotoxicidad y nefrotoxicidad en estudios clínicos y preclínicos en animales. En humanos, efectos observados generalmente a dosis elevadas, supra-terapéuticas. Los efectos más sensibles observados a dosis menores están relacionados con la actividad farmacodinámica del paracetamol como agente analgésico y antipirético. La acción farmacodinámica del paracetamol también se considera un efecto no deseado en el entorno laboral.

Cálculos del valor guía de exposición laboral

$$\text{Valor límite} = \frac{\text{NOEL (mg/kg/día)} \cdot 70 \text{ (kg)}}{10 \text{ (m}^3\text{/día)} \cdot \text{FS}}$$

Considerando la totalidad de la base de datos disponible para paracetamol, se seleccionan los valores más críticos (efectos relevantes observados a dosis menores) para establecer el VGEL (véase tabla 3).

DESCRIPTOR DE DOSIS	Dosis terapéutica (adultos) 500 mg	LOAEL (13 semanas, oral, rata) 100 mg/kg/día	LOAEL (embriotoxicidad, oral, rata) 125 mg/kg/día
FS1	1	4	4
FS2	5	5	5
FS3	1	3	1
FS4	1	1	3
FS5	2	3	3
<i>a</i>	1,25	1,25	1.25
Otros	NA	NA	NA
Volumen respiratorio (m ³ /día)	10	10	10
VGEL	4 mg/m ³	3 mg/m ³	4 mg/m ³

Tabla 3. Valores críticos para el establecimiento del valor guía de exposición laboral (VGEL) para el paracetamol.

Los diferentes puntos críticos identificados resultan en valores similares. Aunque el valor guía derivado del estudio de toxicidad subcrónica en animales es ligeramente menor, este valor se considera exageradamente conservador por las siguientes razones:

1. Los efectos adversos críticos (hepatotoxicidad y nefrotoxicidad) solamente se observan a dosis elevadas en estos estudios, y la experiencia clínica ha demostrado que no son efectos significativos a dosis terapéuticas en humanos.
2. El uso de datos toxicológicos en animales implica el uso de un factor de seguridad mayor debido a la incertidumbre relacionada con la extrapolación entre especies, pero existe una amplia experiencia con el uso de paracetamol en humanos y el perfil de efectos adversos a dosis terapéuticas es bien conocido.

Por lo tanto, se obtiene un VGEL derivado para paracetamol, a partir de la evaluación de datos farmacológicos, clínicos y toxicológicos, de 4 mg/m³.

BIBLIOGRAFÍA

ADER A. *et al.* Occupational health categorization and compound handling practice systems -roots, application and future. *Chemical Health & Safety*, 2005: 20-26.

BERCU, J.P. *et al.* Point of departure (PoD) selection for the derivation of acceptable daily exposures (ADEs) for active pharmaceutical ingredients (APIs). *Regul Toxicol Pharmacol*, 2016;79 (Suppl 1), S48-S56.

DANKOVIC D.A. *et al.* The scientific basis of uncertainty factors used in setting occupational exposure limits. *J Occup Environ Hyg*. 2015; 12 (Suppl 1), S55-S68.

DOLAN, DG, *et al.* Application of the threshold of toxicological concern to pharmaceutical manufacturing operations. *Regul Toxicol Pharmacol*, 2005; 43 1-9.

ECETOC Guidance on Assessment Factors to derive a DNEL. 2010. Technical Report nº 110.

ECHA. Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.8: Characterization of dose [concentration]-response for human health. European Chemical Agency. 2012.

EMA. Guideline on setting health-based exposure limits for use in risk identification in the manufacture of different medicinal products in shared facilities. Nov. 2014.

FARIA E.C. *et al.* Using default methodologies to derive an acceptable daily exposure (ADE). *Regul Toxicol Pharmacol.* 2016; 79 Suppl 1; S28-S38.

GLOVOVAC, M. *et al.* Disease area and mode of action as criteria to assign a default occupational exposure limit. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2021; 122.

GROOMEK, K. *et al.* (2020). Deriving harmonized permitted daily exposures (PDEs) for paracetamol (acetaminophen) CAS 103-90-2. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2020; 115 (8).

INSST Los fármacos en la industria farmacéutica (II): control de la exposición por categorías. Madrid. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. 2018. Notas Técnicas de Prevención: NTP 722.

INSST Industria farmacéutica: medidas preventivas de la exposición a principios activos Madrid. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. 2018. Notas Técnicas de Prevención: NTP 798.

INSST Industria farmacéutica: clasificación de principios activos en categorías. Madrid. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. 2018. Notas Técnicas de Prevención: NTP 1104.

ISPE Risk-Based Manufacture of Pharmaceutical Products. Baseline Guide Vol 7. International Society for Pharmaceutical Engineering, Second Edition, 2017.

MUNRO IC, *et al.* The threshold of toxicological concern (TTC) in risk assessment. *Toxicol Lett* 2008;180; 151-156.

NAUMANN, B.N., and P A WEIDEMAN. Scientific basis for uncertainty factors used to set occupational exposure limits for pharmaceutical active ingredients. *Human Ecol. Risk Assess.* 1995; 1 (5): 590-613.

NAUMANN, B.N., *et al.* Investigations of the use of bioavailability data to adjust occupational exposure limits for active pharmaceutical ingredients. *Toxicol Sci*, 2009; 112 (1); 196-210.

SCOEL (2017). Methodology for derivation of occupational exposure limits of chemical agents. The general decision-making framework of the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL). European Commission.

SUSSMAN R.G. *et al.* (2016). A harmonization effort for acceptable daily exposure derivation – Considerations for application of adjustment factors. *Regul Toxicol Pharmacol.* 79 (Suppl 1), S57-S66.

Estadísticas de accidentabilidad en la empresa.

*Accidents at work statistics.
Statistiques des accidents dans l'entreprise.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Sonia Mollar Bonilla.

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO. INSST.

La presente Nota Técnica de Prevención (NTP) sustituye a la NTP 1, a la NTP 2 y a la NTP 236, actualizando su contenido, en lo que se refiere a los índices estadísticos y a los métodos de control estadístico de los accidentes de trabajo.

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

El concepto de accidente de trabajo se define en el artículo 156 del Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social como “toda lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecuta por cuenta ajena”. Este mismo artículo incluye diferentes situaciones en las que un accidente se considera de trabajo, entre ellos, los accidentes “*in itinere*”, que son los ocurridos al ir o volver del lugar del trabajo. También incluye las enfermedades que la persona contraiga con motivo de la realización de su trabajo, no incluidas en el cuadro de enfermedades profesionales aprobado por el Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.

Disponer de una descripción exhaustiva del accidente de trabajo permite que su notificación e investigación sean adecuadas. Para facilitar la notificación y que la información obtenida del suceso pueda ser de utilidad, se ha establecido un modelo de parte de accidente de trabajo donde se recoge lo siguiente: datos de empresa, centro de trabajo, persona accidentada, descripción del accidente, lesiones, etc. Los datos que debe recoger este parte se fijan en la Orden TAS/2926/2002, de 19 de noviembre, por la que se establecen nuevos modelos para la notificación de los accidentes de trabajo y se posibilita su transmisión por procedimiento electrónico.

La investigación del accidente debe iniciarse cuanto antes con el objetivo de conocer el desarrollo de los acontecimientos, determinar qué y por qué ha sucedido, así como los factores que directa e indirectamente, han influido en su materialización, y, de esta forma, poder proponer medidas correctoras pertinentes encaminadas a evitar su repetición futura.

Por otro lado, mediante la realización de un análisis estadístico de la siniestralidad laboral, se pueden obtener conclusiones sobre su evolución global en la empresa, realizar comparaciones entre determinadas

áreas o procesos, comparar los datos a nivel sectorial, por zona geográfica, etc. y obtener información de interés en función de las características de los accidentes de trabajo ocurridos.

La información obtenida del análisis estadístico permite una mejor toma de decisiones en lo referente al establecimiento de métodos de trabajo y medidas de seguridad más adecuados, a la adopción de acciones que ayuden a reducir el número de futuros accidentes con características determinadas, así como a crear campañas de sensibilización centradas en la causa o en factores concretos del accidente, mejorando así su efectividad.

Con el fin de obtener valores comparables de la siniestralidad, se emplean unos índices que se calculan siguiendo unos criterios determinados que garantizan dicha comparabilidad. Es importante señalar que la gestión de la accidentabilidad no se limita solo a la interpretación de estos índices, sino que también requiere el análisis de otras variables, como son: la gravedad de la lesión, la forma del accidente, el agente material, la naturaleza y zona de la lesión y el análisis de pérdidas (ver NTP 593).

2. ÍNDICES ESTADÍSTICOS

La contabilización de los accidentes de trabajo en números absolutos nos permite conocer el alcance de lo ocurrido, pero no aporta información más allá de la magnitud numérica del fenómeno. Para conocer otros datos como el grado de exposición, la frecuencia o la probabilidad de que ocurran los accidentes es necesario obtener los denominados “índices estadísticos”.

Un índice es la expresión numérica de la relación entre dos cantidades. En el ámbito de la siniestralidad, los índices estadísticos manifiestan lo accidentada que está la población trabajadora en un periodo de tiempo determinado. También, la gravedad de los accidentes ocurridos, en función del tiempo de recuperación del personal afectado.

Los índices estadísticos se caracterizan por:

- Marcar tendencias y exponer la evolución de la siniestralidad.
- Proporcionar información para marcar objetivos de reducción de la siniestralidad y para establecer indicadores, con la finalidad de obtener una mejora de las condiciones de trabajo.
- Permitir la comparación de la accidentabilidad entre diferentes periodos de tiempo en una misma empresa, entre diferentes empresas, entre diferentes actividades u ocupaciones, etc.
- Permitir la comparación con los índices oficiales por sectores. En este sentido, las estadísticas oficiales ofrecen datos globales de accidentes de trabajo y también de los índices de accidentes de trabajo con baja en jornada, “*in itinere*”, por sector de actividad, por comunidad autónoma, por provincia, etc.

Es importante tener en cuenta que, al comparar índices entre diferentes empresas o países, se debe prestar atención a los criterios utilizados en su cálculo, que podrían ser diferentes y, por tanto, la comparación no proporcionaría información válida.

Se recomienda el cálculo de los índices en secciones o ámbitos de trabajo homogéneos, es decir, trabajos en los que se esté expuesto a los mismos riesgos o similares. De esta forma, se podría determinar qué ámbitos de trabajo tienen una mayor siniestralidad e implantar

medidas más concretas, como, por ejemplo, diferenciar entre el personal de oficina y el personal en fábrica, expuestos a distintos riesgos, pero empleados dentro de la misma empresa.

Siguiendo los criterios del informe metodológico estandarizado, elaborado por la Subdirección General de Estadística y Análisis Sociolaboral del Ministerio de Trabajo y Economía Social, se exponen los siguientes índices estadísticos: el índice de incidencia, de frecuencia, de gravedad y la duración media de las bajas.

Índice de incidencia (II)

El índice de incidencia relaciona el número de accidentes de trabajo ocurridos con el número de personas trabajadoras expuestas al riesgo (*Ecuación 1*). Representa el número de accidentes ocurridos por cada cien mil personas trabajadoras expuestas y puede utilizarse cuando no se dispone de información sobre el número de horas-persona trabajadas. Este índice puede calcularse para los accidentes con baja, para los sin baja y para los accidentes mortales (*Ecuación 2*). Un accidente de trabajo mortal es el que ocasiona la muerte de la persona trabajadora accidentada en el plazo de un año desde la fecha del accidente. Esto da lugar a que un accidente que inicialmente se calificó como grave (o incluso leve) sea recalificado como mortal si la persona trabajadora fallece como consecuencia de este.

$$\text{Índice de incidencia} = \frac{\text{Nº de accidentes de trabajo}}{\text{Afiliados/as a la Seguridad Social con la contingencia de accidentes de trabajo específicamente cubierta}} \times 100.000$$

Ecuación 1. Expresión para el cálculo del índice de incidencia.

$$\text{Índice de incidencia de accidentes mortales} = \frac{\text{Nº de accidentes de trabajo mortales}}{\text{Afiliados/as a la Seguridad Social con la contingencia de accidentes de trabajo específicamente cubierta}} \times 100.000$$

Ecuación 2. Expresión para el cálculo del índice de incidencia de accidentes mortales.

El concepto de afiliados/as a la Seguridad Social con la contingencia de accidentes de trabajo específicamente cubierta corresponde al número de personas trabajadoras expuestas al riesgo que, generalmente, se determina obteniendo la media de la plantilla en un periodo de tiempo.

Índice de frecuencia (IF)

El índice de frecuencia relaciona el número de accidentes de trabajo con el número total de horas trabajadas por el colectivo de personas trabajadoras expuestas al

riesgo (*Ecuación 3*). Representa el número de accidentes ocurridos por cada millón de horas trabajadas y, en el caso de accidentes mortales, por cada 100 millones de horas trabajadas.

El cálculo de este índice, además de permitir la comparación entre datos de diferentes empresas o administraciones públicas, sectores o áreas geográficas, aporta información para la valoración del riesgo de que ocurra el accidente. Se podría decir que aporta información más precisa que el índice de incidencia. Existe una expresión matemática específica para los accidentes mortales (*Ecuación 4*).

$$\text{Índice de frecuencia} = \frac{\text{Nº de accidentes de trabajo}}{\text{Nº total de horas efectivamente trabajadas}} \times 1.000.000$$

Ecuación 3. Expresión para el cálculo del índice de frecuencia.

$$\text{Índice de frecuencia de accidentes mortales} = \frac{\text{Nº de accidentes de trabajo mortales}}{\text{Nº total de horas efectivamente trabajadas}} \times 100.000.000$$

Ecuación 4. Expresión para el cálculo del índice de frecuencia de accidentes mortales.

Para el cálculo del número de horas efectivamente trabajadas, uno de los criterios que podría tomarse es el que sigue, a efectos estadísticos, el Instituto Nacional de Estadística (INE). El INE define como “horas de trabajo efectivas” aquellas que **incluyen**:

- Las horas trabajadas durante el tiempo de trabajo.
- El tiempo empleado en el lugar de trabajo esperando o permaneciendo disponible.
- Los periodos de descanso en el centro de trabajo, incluidas las pausas para las comidas inferiores a una hora.

Así mismo, **no incluye** en el concepto:

- Las vacaciones.
- Los días festivos.
- Las ausencias por enfermedad y otros motivos pagados.
- El tiempo no trabajado por estar afectado por una regulación de empleo.
- El tiempo invertido en desplazamientos al o desde el lugar de trabajo.
- Las pausas para las comidas superiores a una hora.

Es interesante, a efectos preventivos, calcular tanto el IF de los accidentes con baja como el IF que engloba ambos tipos de accidente, con y sin baja.

Índice de gravedad (IG)

El índice de gravedad (*Ecuación 5*) relaciona el número de días de ausencia en el trabajo como consecuencia de los accidentes de trabajo con el tiempo trabajado por las personas expuestas al riesgo. Representa el número de días de baja por cada mil horas trabajadas.

$$\text{Índice de gravedad} = \frac{\text{Días de duración de las bajas}}{\text{Nº total de horas efectivamente trabajadas}} \times 1.000$$

Ecuación 5. Expresión para el cálculo del índice de gravedad.

De acuerdo con el informe metodológico estandarizado, indicado anteriormente, los días de duración de las bajas son los días naturales que la persona trabajadora accidentada permanece en situación de incapacidad temporal. Los días se contabilizan desde la fecha de baja hasta la fecha de alta, ambos días inclusive, pertenecientes al periodo de baja inicial, de forma que se excluyen en el cómputo total los días de baja debidos a recaídas posteriores. El concepto de “días de duración de las bajas” sustituye al de “jornadas no trabajadas” empleado por el Ministerio de Trabajo y Economía Social y reflejado en su informe metodológico hasta 2015.

Respecto al número total de horas efectivamente trabajadas, se aplica lo descrito en el apartado del IF.

Duración media de las bajas

Este indicador relaciona el número de días de baja como consecuencia de los accidentes de trabajo con el número de accidentes de trabajo ocurridos (*Ecuación 6*). Permite cuantificar el tiempo medio de duración de la baja por accidente.

$$\text{Duración media de las bajas} = \frac{\text{Días de duración de las bajas}}{\text{Nº de accidentes de trabajo}}$$

Ecuación 6. Expresión para el cálculo de la duración media de las bajas.

Respecto al número de días de las bajas, se aplica lo descrito en el apartado del IG.

3. MÉTODO DE LAS LÍNEAS LÍMITE

El método de las líneas límite se utiliza para controlar la evolución de la siniestralidad a corto y largo plazo mediante el uso de gráficos. En esta NTP, se tratan, concretamente, el *diagrama de IF mes a mes* y el *diagrama de IF anual acumulado*.

Este método de control estadístico consiste en el cálculo de unos valores (límite superior, LS, y límite inferior, LI) que delimitan un intervalo de valores aceptables, con un

nivel de confianza determinado, en función del número de horas trabajadas y del IF esperado, y en la posterior comparación de dichos límites con los IF. El IF esperado es un valor previamente fijado por la empresa o administración pública que podrá ser o bien el mismo del año anterior, o bien un valor inferior fundamentado en una política de objetivos de prevención de riesgos laborales buscando reducir los accidentes de trabajo.

El método permite detectar, a través de la evolución del IF, si los cambios experimentados son debidos a una fluctuación aleatoria o a la entrada de un nuevo factor que ha podido modificar las condiciones de trabajo.

Para la aplicación de este método, se consideran tres casos:

- Caso 1. Si, en el periodo considerado, el número de horas trabajadas (N) es inferior a 10.000, no es aplicable este método, debiéndose acumular las horas de dos o más meses consecutivos para poder aplicarlo, es decir, en lugar de emplear IF mensuales, se realizará una comparación, por ejemplo, bimestral o trimestral.
- Caso 2. Si, en el periodo considerado, N es superior a 10.000 pero inferior a 1.200.000, los accidentes de trabajo siguen la distribución de Poisson. Esto es porque las propiedades estadísticas de los accidentes de trabajo se ajustan a esta distribución.
- Caso 3. Si, en el periodo considerado, N es superior a 1.200.000, es decir, N toma valores altos, la distribución de los accidentes de trabajo, que siguen la Ley Poisson, se asemeja a la Normal. Por ello, en este caso, el método se aplica siguiendo la distribución Normal.

Existe una ecuación matemática para el cálculo de los valores de los límites, superior (*Ecuación 7*) e inferior (*Ecuación 8*), considerando un intervalo de confianza del 90%, cuando N es un valor elevado, caso 3 (distribución normal).

$$LS = IF_e + 52,18 \sqrt{\frac{IF_e}{N'}}$$

Ecuación 7. Ecuación para el cálculo del valor del límite superior.

Siendo,

IF_e = índice de frecuencia esperado.

N' = número de horas trabajadas dividido por 1.000, $N' = \frac{N}{1000}$. Esta división tiene como objetivo simplificar la ecuación resultante.

$$LI = IF_e - 52,18 \sqrt{\frac{IF_e}{N'}}$$

Ecuación 8. Ecuación para el cálculo del valor del límite inferior.

En caso de que el número de horas trabajadas, N, sea un valor entre 10.000 y 1.200.000, caso 2, la ecuación matemática anterior (distribución Normal) se modifica mediante una aproximación empírica que la asemeja a la distribución de Poisson (*Ecuación 9* y *Ecuación 10*):

$$LS = IF_e + \frac{750}{N'} + 52,18 \sqrt{\frac{IF_e}{N'}}$$

Ecuación 9. Ecuación para el cálculo del valor límite superior.

$$LI = IF_e + \frac{750}{N'} - 52,18 \sqrt{\frac{IF_e}{N'}}$$

Ecuación 10. Ecuación para el cálculo del valor límite inferior.

Estas ecuaciones (Ecuación 9 y Ecuación 10) pueden utilizarse, además, para cualquier número de horas, ya que, al incrementar N, el término $\frac{750}{N'}$ tiende a hacerse despreciable, asemejándose de nuevo a las expresiones que siguen la distribución Normal (Ecuación 7 y Ecuación 8).

Para una mejor comprensión, se expone el siguiente caso práctico. Cabe indicar que los datos empleados en el caso no provienen de una fuente real y se han seleccionado únicamente con el objeto de realizar este ejercicio, de forma que

sirva de apoyo en la explicación de los diferentes conceptos.

Por otro lado, para la elaboración de los diferentes diagramas, se ha empleado la herramienta informática “Accidentes de trabajo. Control estadístico” elaborada por el INSST, que permite realizar el control estadístico de la siniestralidad mediante los diagramas de IF mes a mes, el anual acumulado y una comparativa con el año anterior, así como el cálculo de los índices de incidencia, de frecuencia, sus versiones para accidentes mortales, el de gravedad y la duración media de las bajas.

En la tabla 1, se muestran los datos sobre la accidentabilidad registrada en una empresa ficticia durante un año. El IF esperado para el periodo de estudio, en función de los resultados del año anterior, se ha determinado en 50.

	Plantilla	Horas trabajadas cada mes	Accidentes ocurridos cada mes	Índice de frecuencia mensual	Horas trabajadas acumuladas por mes	Accidentes acumulados por mes	Índice de frecuencia mensual acumulado ¹
Enero	180	24.480	4	163,4	24.480	4	163,4
Febrero	185	28.120	3	106,68	52.600	7	133,08
Marzo	185	34.040	2	58,75	86.640	9	103,88
Abril	190	28.880	1	34,63	115.520	10	86,56
Mayo	185	32.560	3	92,14	148.080	13	87,79
Junio	190	30.400	2	65,79	178.480	15	84,04
Julio	190	22.800	1	43,86	201.280	16	79,49
Agosto	190	19.760	0	0	221.040	16	72,38
Septiembre	185	29.600	2	67,57	250.640	18	71,82
Octubre	185	29.600	3	101,35	280.240	21	74,93
Noviembre	185	28.120	3	106,68	308.360	24	77,83
Diciembre	185	20.720	1	48,26	329.080	25	75,97
		$\Sigma = 329.080$	$\Sigma = 25$				

Tabla 1. Datos sobre la accidentabilidad de una empresa ficticia en el periodo de un año natural.

Para el ejemplo práctico que se plantea, el número de horas trabajadas totales es 329.080, por lo tanto, será de aplicación el caso 2. Las expresiones matemáticas que se emplearán para obtener los valores de los límites (LS y LI) que definirán las líneas límite en cada uno de los diagramas se muestran en las ecuaciones 9 y 10.

Diagrama de índices de frecuencia mes a mes

Este diagrama permite identificar las fluctuaciones a corto plazo del IF y establecer la significación de un aumento repentino. Al comparar el IF de cada mes por separado, es posible detectar aquellos meses en los que ha habido un pico de siniestralidad y, así, analizar las condiciones

de trabajo en ese periodo de tiempo. Esto nos proporciona información más precisa para el análisis de las causas básicas de los accidentes de trabajo.

Consiste en un gráfico en el que se representan los IF calculados para cada mes (Ecuación 3), para un número determinado de meses, así como los valores de los límites, LS y LI, correspondientes.

En el gráfico, se dibujarán 6 líneas límite (Figura 1) que se corresponden con los valores de los límites superior e inferior para 3 meses consecutivos. Para su cálculo, se considerará lo siguiente:

- Para el cálculo de los valores de los dos primeros límites, LS1 y LI1, se emplearán las horas trabajadas del primer mes del periodo de estudio.
- Para el cálculo de los valores de los dos segundos límites, LS2 y LI2, se emplearán las horas trabajadas acu-

¹ Ver ecuación 11.

muladas del primer mes más las del mes consecutivo, en total 2 meses.

- Para el cálculo de los valores de los dos terceros límites, LS3 y LI3, se emplearán las horas trabajadas acumuladas de los dos primeros meses más las del mes consecutivo, en total 3 meses.

En el caso de tener que aproximar el número de horas trabajadas, se recomienda aproximar la cifra hacia arriba, en beneficio de la seguridad, puesto que los valores de los límites que se obtendrán serán ligeramente más estrictos.

Los límites obtenidos al inicio del análisis tendrán validez para todo el periodo de estudio siempre que no varíe de un modo significativo el número de horas trabajadas por mes, ni cambie el IF esperado.

Siguiendo con el caso de la tabla 1, se obtendrán los siguientes resultados:

Para el **primer mes**, enero, horas trabajadas de enero 24.480 (N):

Límite superior, LS1: 155,21.

Límite inferior, LI1: 6,06.

Para el **primer y segundo mes**, enero y febrero, horas trabajadas acumuladas 52.600 (N):

Límite superior, LS2: 115,13.

Límite inferior, LI2: 13,38.

Para el **primer, segundo y tercer mes**, enero, febrero y marzo, horas trabajadas acumuladas 86.640 (N):

Límite superior, LS3: 98,3.

Límite inferior, LI3: 19,02.

Para la elaboración del diagrama (*Figura 1*), se pueden seguir los siguientes pasos:

- 1º Dibujar el gráfico ubicando los valores de los IF en el eje de ordenadas y los meses en el de abscisas.
- 2º Representar en el gráfico el IF esperado mediante una línea recta paralela al eje de abscisas.
- 3º Representar los valores de los límites superior e inferior, es decir, 6 líneas rectas paralelas al eje de abscisas a diferentes alturas del eje de ordenadas.
- 4º Representar, mediante puntos, los IF de los meses que formen el periodo de estudio.

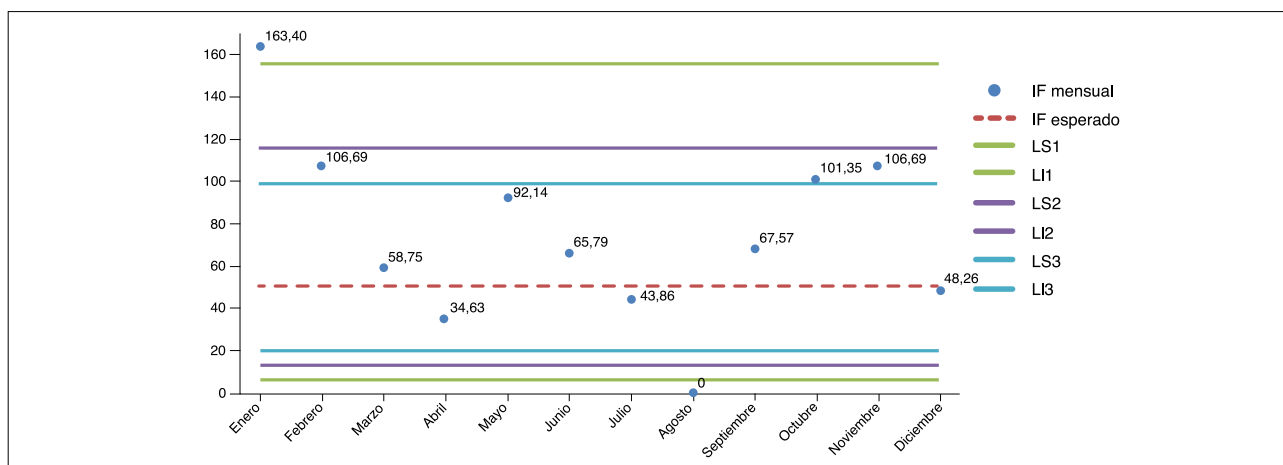


Figura 1. Representación de las líneas límite del diagrama de índices de frecuencia mes a mes. Caso práctico.

Fuente: Herramientas para la prevención. Accidentes de trabajo. Control estadístico. INSST.

Una vez representado el diagrama, se puede concluir, con un intervalo de confianza del 90%, que las condiciones de seguridad han experimentado una variación significativa si:

- El IF de un solo mes se ubica más allá de las líneas que marcan los valores de los límites LS1 y LI1.
- Los IF de 2 meses consecutivos se ubican más allá de las líneas que marcan los valores de los límites LS2 y LI2.
- Los IF de 3 meses consecutivos se ubican más allá de las líneas que marcan los valores de los límites LS3 y LI3.

Siguiendo con el caso práctico, el diagrama resultante se muestra en la figura 1, donde se observa que el IF del mes de enero está por encima del límite LS1. Esto puede interpretarse como que sería necesario revisar las condiciones de trabajo y adoptar las medidas correctoras adecuadas. Si la situación no mejorase, será difícil alcanzar el IF esperado.

En el mes de febrero, la situación ha mejorado hasta un nivel aceptable al situarse al menos uno de los valores de dos meses consecutivos, en este caso, enero y febrero, por debajo de la línea LS2.

En el mes de marzo se observa que la accidentabilidad continúa bajando, acercándose el IF mensual al valor del IF

esperado. La situación se considera aceptable al situarse al menos uno de los valores de los IF de tres meses consecutivos, en este caso, enero, febrero y marzo, por debajo de la línea LS3.

El resto de los IF mensuales se encuentran dentro de los límites fijados, es decir, se cumplen las previsiones estadísticas y por tanto existe la posibilidad de alcanzar los objetivos previstos. En los meses de octubre y noviembre, se supera el LS3, pero se mantienen por debajo de los LS1 y LS2, por lo que no se cumple la condición de que 3 meses consecutivos se ubiquen más allá del LS3. En diciembre la situación se recupera ya que el IF vuelve a ubicarse dentro de los límites.

Por lo tanto, se consideraría que la evolución de la siniestralidad es favorable respecto a los objetivos fijados y no sería necesaria, de forma urgente e inmediata, la adopción de medidas preventivas. Sin embargo, a medio plazo, sería necesario el estudio de las condiciones de trabajo y las actuaciones correspondientes de forma que se consiga una siniestralidad nula.

Como se ha indicado anteriormente, mediante este diagrama, se pueden identificar las alzas significativas de los IF. Podemos observar, en el caso que nos concierne, que existen incrementos significativos de la accidentabilidad en los meses de mayo, septiembre y octubre, respecto a los

meses de abril, agosto y septiembre, respectivamente, y también se observan descensos significativos en los meses de abril, agosto y diciembre, respecto a los meses de marzo, julio y noviembre, respectivamente. Sería interesante, el estudio de las condiciones de trabajo durante estos meses para determinar el motivo de estas variaciones.

También podemos observar que, aunque los valores de los índices se encuentran, en su mayoría, dentro de los límites fijados, existen fluctuaciones alrededor del IF esperado. Esto podría ser bastante significativo e indicar que existe un nuevo factor no identificado que está alterando de manera estable las condiciones de trabajo y no permite que la situación mejore a pesar de la aplicación de medidas preventivas. Por ello es recomendable realizar el estudio de los IF acumulados en el periodo de un año.

Diagrama de índices de frecuencia anual acumulado

El análisis de la siniestralidad a corto plazo puede, en ocasiones, no ser concluyente y necesitar un estudio a largo plazo.

El *diagrama de IF anual acumulado* permite el control estadístico a largo plazo mostrando la tendencia al alza o a la baja de la siniestralidad y detectando si una situación precisa de una nueva acción correctora, al salirse el IF del campo de lo esperado. El diagrama también permite el control de la efectividad de las acciones preventivas implantadas.

Asimismo, permite la comparación con las cifras globales del sector que proporciona el Ministerio de Trabajo y Economía social, lo que aporta información, en relación con otras empresas y administraciones públicas, sobre la situación preventiva de la empresa.

El diagrama consiste en la representación, en un gráfico, de los IF mensuales acumulados (*Ecuación 11*) para 12 meses y los valores de los límites LS y LI correspondientes. El IF acumulado se calcula tomando como datos la suma del número total de horas efectivamente trabajadas (HT) y la suma de los accidentes de trabajo ocurridos (AT), ambos desde el mes de inicio hasta el mes presente.

$$\text{Índice de frecuencia acumulado} = \frac{N^{\circ} \text{ de } AT_{\text{mes } 1} + N^{\circ} \text{ de } AT_{\text{mes } 2} + \dots + N^{\circ} \text{ de } AT_{\text{mes actual}}}{N^{\circ} \text{ total de } HT_{\text{mes } 1} + N^{\circ} \text{ total de } HT_{\text{mes } 2} + \dots + N^{\circ} \text{ total de } HT_{\text{mes actual}}} \times 1.000.000$$

Ecuación 11. Expresión para el cálculo del índice de frecuencia acumulado.

El cálculo de los valores de los límites sigue el mismo proceso que el del diagrama de IF mes a mes, empleando las horas trabajadas acumuladas, hasta alcanzar los 12 meses. En este caso, la forma de representación de los límites es diferente. Mientras que para el diagrama mes a mes, los límites se dibujan mediante una línea recta a la altura del valor del límite obtenido, en el anual acumulado, se representan los valores de los límites de

cada mes mediante puntos que se unirán formando las dos líneas límite, el LS y el LI, que delimitarán el campo de lo esperado para un intervalo de confianza del 90% (*Figura 2*).

En la tabla 2, se muestran los valores de los límites superior e inferior calculados utilizando los datos del ejemplo práctico (*Tabla 1*) y las expresiones de las ecuaciones 9 y 10.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
L.S.	155,21	115,13	98,3	90,82	85,38	81,82	79,73	78,21	76,3	74,72	73,44	72,62
L.I.	6,06	13,38	19,02	22,16	24,74	26,58	27,72	28,57	29,69	30,63	31,42	31,94

Tabla 2. Valores de los límites superior e inferior para el diagrama de IF anual acumulado.

Para la elaboración del diagrama (*Figura 2*), se pueden seguir los siguientes pasos:

- 1º Dibujar el gráfico ubicando los valores de los IF acumulados en el eje de ordenadas y los meses en el de abscisas.
- 2º Representar en el gráfico el IF esperado mediante una línea recta paralela al eje de abscisas.
- 3º Representar los valores de los límites superior e in-

ferior de cada uno de los 12 meses. Los valores de los límites se representarán en forma de punto en el gráfico y se trazará sobre ellos las dos líneas límite superior (LS) e inferior (LI).

- 4º Representar los IF acumulados (*Ecuación 11*) para cada mes mediante puntos y trazar sobre ellos una línea continua.

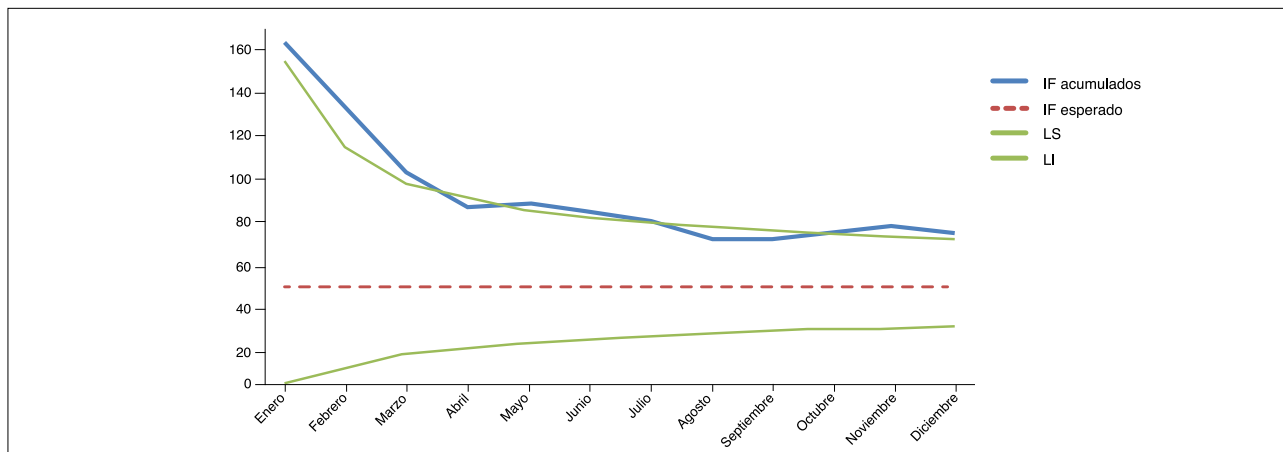


Figura 2. Representación de las líneas límite del diagrama de índices de frecuencia anual acumulado. Caso práctico.

Fuente: Herramientas para la prevención. Accidentes de trabajo. Control estadístico. INSST.

Si los IF acumulados se encuentran por encima de la línea límite superior, se puede entender que un nuevo factor está modificando las condiciones de trabajo en la organización o que las medidas preventivas implantadas no han sido eficaces. Por otro lado, si los IF acumulados se encuentran dentro de las líneas límite, alrededor del IF esperado, sus fluctuaciones pueden ser debido a una situación circunstancial.

Siguiendo con el caso práctico, el diagrama resultante se observa en la figura 2. Analizando el diagrama observamos que la situación es muy desfavorable los primeros 3 meses (valores por encima del LS), mejora en el mes de abril, vuelve a ser desfavorable los tres siguientes meses, mejorando en agosto y septiembre y terminando el año por encima del LS de nuevo.

Ello, bajo un punto de vista estadístico, permite decir que, con un intervalo de confianza del 90%, el IF obtenido en este año está, generalmente, por encima del LS calculado para el IF esperado establecido al principio del año a pesar de que el análisis a corto plazo (diagrama mes a mes) sólo nos indicaba una situación anómala en enero que mejoraba en febrero y marzo, manteniéndose durante el resto del año dentro de los márgenes.

En el caso de haber adoptado medidas en los primeros meses de enero para subsanar la situación, se observa que estas medidas no han sido suficientes para restablecer la situación a unos niveles adecuados, es decir, por debajo del LS o, incluso, igual o menor que IF esperado.

Vemos, entonces, que efectuar exclusivamente un análisis estadístico a corto plazo nos puede conducir al equívoco y que el hecho de mantener de una manera casi constante nuestro IF mensual podría indicar la introducción de un nuevo factor que altere de una manera estable nuestras condiciones de trabajo, aunque el diagrama mes a mes no refleje esta situación.

La utilidad del diagrama acumulado está, precisamente, en la indicación de los momentos clave en que se precisa una acción correctora, al salirse el IF del campo de lo esperado. Ello ha sucedido, en el caso analizado, en los meses de enero a marzo, mayo, junio y de octubre a diciembre, inclusive.

Comparativa con el año anterior

Una posible utilización del *diagrama de IF anual acumulado* es la comparativa de los datos del periodo anterior con la situación en el presente, de forma que se pueda comprobar la eficacia de las actividades preventivas emprendidas por la empresa encaminadas a la eliminación o reducción de los riesgos laborales.

Para la elaboración de este gráfico comparativo, se determinan los siguientes valores:

- El índice de frecuencia del año anterior (IF_a). Se calcularán los valores de los límites superior e inferior (*Ecuación 9 y Ecuación 10*) empleando las horas trabajadas durante el año anterior y tomando como valor del IF esperado el valor del IF_a .
- El índice de frecuencia esperado (IF_e) para el año en curso, que será inferior al anterior, teniendo en cuenta las actividades preventivas programadas sobre las que se esperan unos resultados que incidan en la reducción de los accidentes. Se calcularán los valores de los límites superior e inferior (*Ecuación 9 y Ecuación 10*) empleando las horas trabajadas durante el año presente.

Las líneas límites se dibujarán siguiendo el mismo método que el utilizado en el *diagrama de IF anual acumulado*, para cada uno de los dos periodos de tiempo.

Toda esta información delimitará una serie de zonas en el gráfico y, en función de la ubicación de los diferentes IF acumulados que se vayan calculando para cada mes que acontezca, irá aportando una información u otra (*Figura 3*). Las zonas serán:

- Situación muy deficiente: más desfavorable que el año anterior (difícilmente se alcanzarán los objetivos previstos).
- Situación deficiente: fuera de las previsiones del programa anual, pero no peor que el año anterior (escasa probabilidad de alcanzar los objetivos previstos).
- Situación de alerta: ligeramente por encima de lo esperado, pero estadísticamente dentro de lo previsto (posibilidad de alcanzar los objetivos previstos).
- Situación aceptable: ligeramente por debajo de lo esperado, y estadísticamente dentro de lo previsto.
- Situación positiva: por debajo de lo esperado y, aunque estadísticamente se encuentre dentro de los márgenes previstos para el año en curso, se han mejorado categóricamente los resultados del año anterior.
- Situación excelente: los resultados han superado estadísticamente lo previsto. La probabilidad de, como mínimo, alcanzar los objetivos es muy elevada.

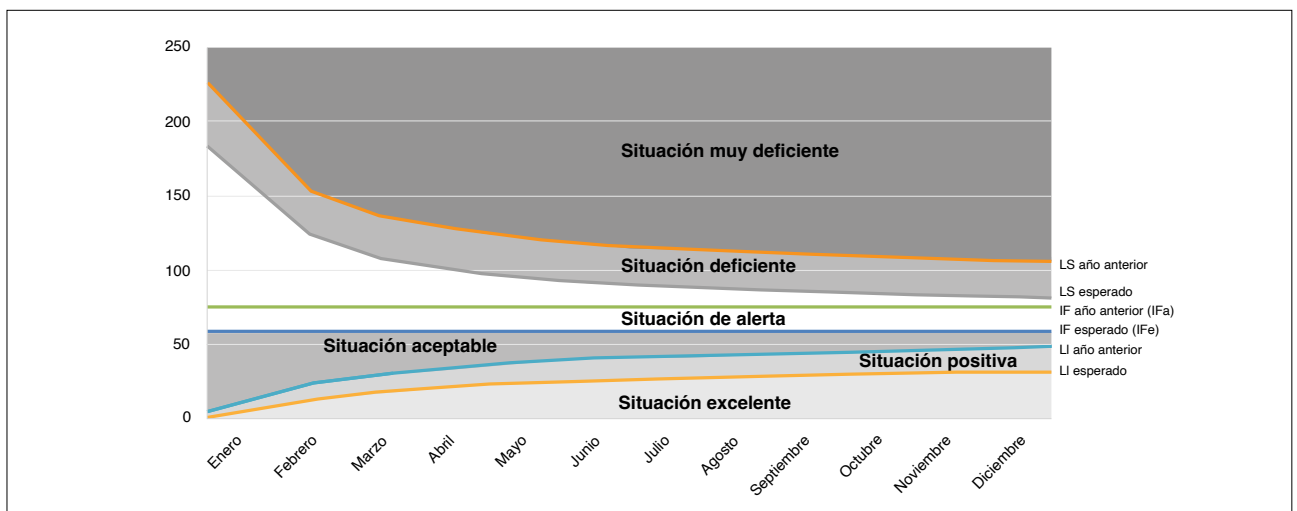


Figura 3. Representación de las líneas límite del diagrama para la comparativa con el año anterior.

Siguiendo con el caso práctico, se comparan los datos recogidos durante el año de estudio (*Tabla 1*) con los del año anterior, el gráfico resultante se muestra en la figura 4. El IF estimado en base a la actividad del año anterior que se ha utilizado para la realización de este ejercicio es de 94, más desfavorable que el del periodo de estudio.

Del estudio comparativo con el año anterior, podemos concluir que la situación es, en general, deficiente. Los valores de los IF se encuentran en su gran mayoría por encima del LS esperado para el periodo de estudio y por debajo del calculado para el año anterior. La siniestralidad es mayor de

lo esperado para este año, pero no peor que el año anterior.

Esto podría indicar que las medidas preventivas implantadas por la empresa han mejorado las condiciones de trabajo, sin embargo, se debería seguir mejorando la situación porque no se han alcanzado los objetivos iniciales previstos.

Este método comparativo es muy útil si se va construyendo a lo largo del año, es decir, ir reflejando en el diagrama, a medida que se van cumpliendo los meses, los valores de los IF, de forma que nos va indicando la probabilidad de alcanzar los objetivos previstos mediante la adopción de medidas preventivas.

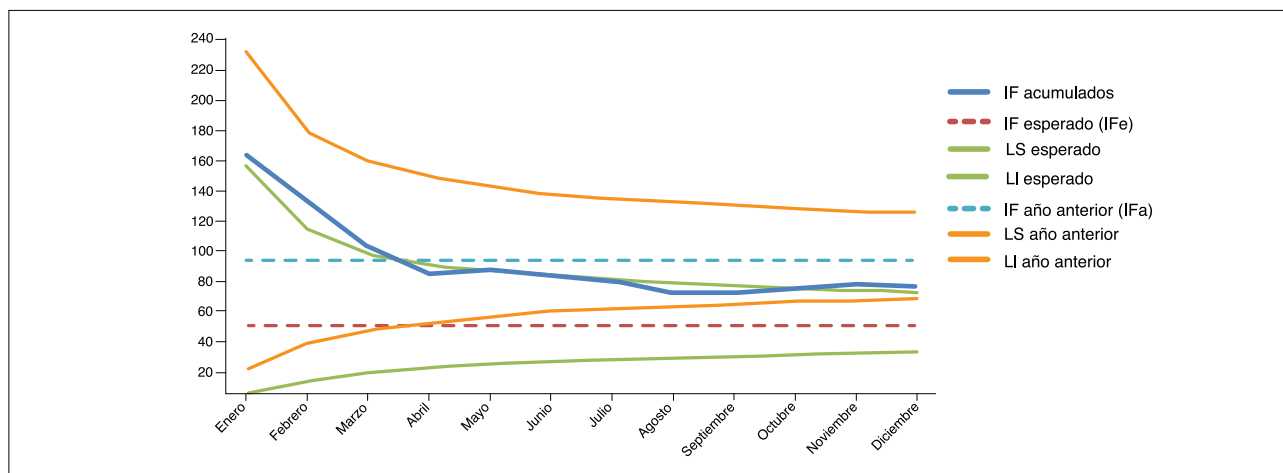


Figura 4. Diagrama de la comparativa con el año anterior.

Fuente: Herramientas para la prevención. Accidentes de trabajo. Control estadístico. INSST.

BIBLIOGRAFÍA

BESTRATEN BELLOVÍ, M., GIL FISA, A. y PIQUÉ ARDANUY, T. 2001. *La gestión integral de los accidentes de trabajo (II): control estadístico*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Disponible en: [NTP 593](#).

BESTRATEN BELLOVÍ, M. y otros. *Seguridad en el trabajo*. 6º ed. INSST, 2011. ISBN 978-84-7425-790-8. Disponible en: [Seguridad en el trabajo](#).

GÓMEZ-ACEBO MIRALLES, A. Y TORRES GUTIÉRREZ, V. *Documento 429. Control estadístico rápido de los accidentes de trabajo a escala de empresa*. Instituto Nacional de Medicina y Seguridad en el Trabajo.

Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball. 2013. *El control estadístico de la accidentabilidad*. Disponible en: [El control estadístico de la accidentabilidad](#).

Portal del Instituto Nacional de Estadística, *Glosario de conceptos: horas de trabajo efectivas*, [consulta: 27 marzo 2024]. Disponible en: [INE: horas de trabajo efectivas](#).

Portal del Instituto Nacional de Seguridad y salud en el Trabajo, *Herramientas para la prevención, Accidentes de trabajo. Control estadístico*, [consulta: 27 marzo 2024]. Disponible en: [Accidentes de trabajo. Control estadístico](#).

SHIPP, P. J. *Documento 256. Presentación y explotación de las estadísticas de accidentes a escala empresa*. Instituto Nacional de Medicina y Seguridad en el Trabajo.

Subdirección General de Estadística y Análisis Sociolaboral del Ministerio de Trabajo y Economía Social. 2023. *Estadística de accidentes de trabajo (atr). Informe metodológico estandarizado*. Disponible en: [Informe metodológico estandarizado](#).

Texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social. Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre. Boletín oficial del estado, nº 261 (31-10-2015). Disponible en: [RDL 8/2015](#).

Evaluación del riesgo en tareas de empuje y arrastre: ecuaciones LM-MMH.

*Risk assessment in push and pull tasks: LM-MMH equations.
Évaluation des risques liés aux tâches de poussée et de traction: équations LM-MMH.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Alfredo Álvarez Valdivia.

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO. INSST.

Las ecuaciones LM-MMH son un conjunto de expresiones para calcular los valores límite de peso y de fuerza en tareas de levantamiento, descenso, empuje, arrastre y transporte de cargas. En esta nota técnica se presentan las fórmulas para el cálculo de las fuerzas límite, iniciales y sostenidas, para minimizar los riesgos en tareas de empuje y de arrastre de cargas.

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

Las tareas de empuje y de arrastre de cargas son operaciones que, según lo dispuesto en el artículo 2 del Real Decreto 487/1997, pueden “entrañar riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores”.

La norma ISO 11228-2 (2007), sobre la evaluación de los riesgos dorsolumbares asociados a las tareas de empuje y de arrastre, propone, a través de unas tablas de valores, unos límites máximos de fuerzas que no deberían superarse en estas tareas. Si bien la norma no lo especifica, dichos límites coinciden con los propuestos originalmente por Snook y Ciriello (1991).

Los valores publicados por Snook y Ciriello a lo largo de los años (figura 1) están expresados en kilogramos-fuerza (kg_f) o kilopondios (kp), unidades pertenecientes al sistema técnico de unidades. La conversión a newton (N), unidad de fuerza del sistema internacional de unidades, se realiza a través de la siguiente equivalencia considerando el valor estándar de la gravedad terrestre:

$$1 \text{ kp} = 1 \text{ kg}_f = 1 \text{ kg} \cdot 9,80665 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \approx 9,81 \text{ N}$$

Snook y Ciriello fueron dos investigadores del “Liberty Mutual Research Institute for Safety” pioneros en adoptar el enfoque psicofísico para la determinación de valores límite en tareas de manipulación manual de cargas. El enfoque psicofísico estudia cómo los factores que intervienen en la manipulación afectan a la fuerza ejercida en función de la fatiga que percibe el trabajador. De forma simplificada, dichos límites se obtienen a través de un diseño experimental en el que el trabajador controla el peso de la carga (en las operaciones de levantamiento, descenso y transporte)

o la fuerza ejercida (en las operaciones de empuje y arrastre), mientras que el resto de las variables de la tarea (frecuencia, tamaño, altura, distancia, etc.) están especificadas por el propio diseño. Basándose en sus propias sensaciones de esfuerzo y de fatiga, el trabajador modifica el peso manipulado o la fuerza ejercida para que la tarea resulte tolerable.

La relación entre el peso real de una carga y el peso percibido no es lineal, sino que la sensibilidad es mayor a medida que el peso disminuye. Por todo ello, en la actualidad no es factible la determinación de pesos y de fuerzas máximas a partir de un modelo analítico y teórico, sino que es necesario recurrir a datos psicofísicos empíricos.

En la figura 1 se muestra un esquema del proceso que desarrollaron los autores a lo largo del tiempo, empezando con la determinación y medición de valores límite y culminando con la publicación de las ecuaciones, en adelante ecuaciones LM-MMH, resultado del ajuste numérico a dichos valores (Potvin “et al.”, 2021). Las tablas de valores límite iniciales se publicaron en 1978, aunque no todos los valores estaban basados en datos experimentales, sino que algunos de ellos eran supuestos o interpolados debido a la ausencia de valores empíricos. Por ejemplo, no todas las combinaciones de frecuencias y distancias habían sido probadas, especialmente en el caso de las mujeres.

Las tablas publicadas en 1991 incluyen datos procedentes de experimentos posteriores que completan los valores que habían sido supuestos en la versión de 1978. Estas tablas de valores límite han tenido una gran acogida y popularidad en el ámbito ergonómico para la valoración de los riesgos asociados a las tareas de manipulación manual de cargas. Junto con la ecuación del NIOSH para el levantamiento y el descenso de cargas (publicada en esta colección por Nogareda y Canosa en 1997), constituye la principal herramienta utilizada por los ergónomos en países como Canadá y Estados Unidos.

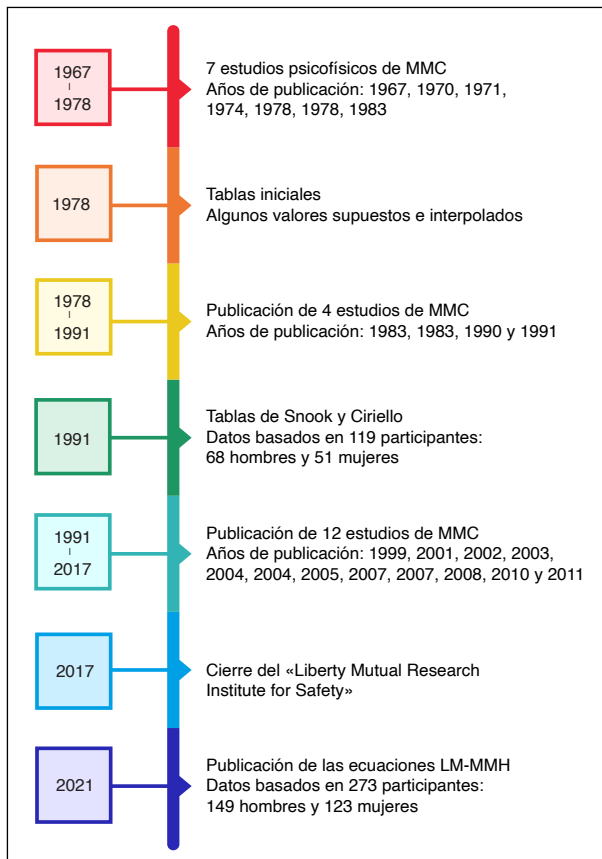


Figura 1. Línea de tiempo del desarrollo de las ecuaciones LM-MMH.

Las ecuaciones LM-MMH son un conjunto de 14 ecuaciones (una para cada una de las tablas de 1991) que engloban, tanto para la población masculina como para la población femenina, las tareas de levantar, bajar, empujar y arrastrar (fuerzas iniciales y fuerzas sostenidas) y transportar.

Según los autores, estas ecuaciones son más fáciles de usar que las tablas de 1991. Por otra parte, el uso de estas requiere realizar una interpolación lineal cuando los valores de entrada no coincidían con los tabulados. El uso de las ecuaciones, dentro de su ámbito de aplicación, elimina esta operación que podía resultar tediosa y farragosa.

El formato de las ecuaciones LM-MMH sigue un modelo multiplicativo basado en el uso de factores de escala que, de forma análoga a la ecuación del NIOSH, permite determinar el efecto independiente de cada una de las variables de entrada sobre el valor límite calculado.

Consideraciones generales de aplicación

Las ecuaciones LM-MMH se limitan a las mismas condiciones y a las mismas variables independientes de los estudios utilizados para su desarrollo. Es decir, los resultados son aplicables a tareas realizadas durante 8 horas en condiciones termohigrométricas favorables y no críticas o extremas.

Las ecuaciones LM-MMH para el empuje y el arrastre deben utilizarse con precaución cuando la velocidad de desplazamiento horizontal media en dichas tareas exceda los 15 m·min⁻¹ para hombres y los 10 m·min⁻¹ para mujeres. En caso de superarse estos límites, los autores recomiendan hacer uso de criterios fisiológicos adicionales.

Estas ecuaciones no proporcionan límites para la combinación de tareas, como podría ser una actividad conjunta consistente en levantar, transportar y bajar una carga. Los autores recomiendan considerar los límites de gasto ener-

gético cuando se concatenan tareas, así como otros métodos que tengan en cuenta la carga manipulada acumulada.

Si bien las ecuaciones proporcionan límites aceptables para evitar las molestias musculoesqueléticas, así como la aparición de lesiones, no debe olvidarse que tanto el entorno de trabajo como los factores personales y psicosociales pueden tener un efecto importante en la prevención de estos riesgos.

2. METODOLOGÍA

Las ecuaciones para calcular el límite máximo aceptable (MAL, del inglés “maximum acceptable load”) en tareas de empuje y de arrastre siguen un modelo multiplicativo mediante el cual una carga de referencia (RL, del inglés “reference load”) es modificada por una serie de factores de escala (variables con subíndice “_{SF}”) conforme a la siguiente expresión:

$$MAL_{50} = RL [V_{SF}][DH_{SF}][F_{SF}]$$

En las tareas de empuje y de arrastre, el valor de MAL se obtiene en kilogramos fuerza y constituye un límite tanto para la fuerza inicial (la que se ejerce para poner en movimiento la carga) como para la fuerza sostenida (la que se aplica para mantener la carga en movimiento). RL es la carga de referencia, en kilogramos fuerza, y puede interpretarse como el valor máximo posible de MAL que puede obtenerse en condiciones ideales de manipulación; V es la altura vertical de la posición de las manos en metros (figura 2); DH es la distancia recorrida horizontalmente en metros y F es la frecuencia expresada en número de manipulaciones por minuto. Esta ecuación proporciona el valor de MAL para el percentil 50; es decir, el 50% de la población trabajadora tiene la capacidad psicofísica suficiente para realizar la tarea de empuje o de arrastre.

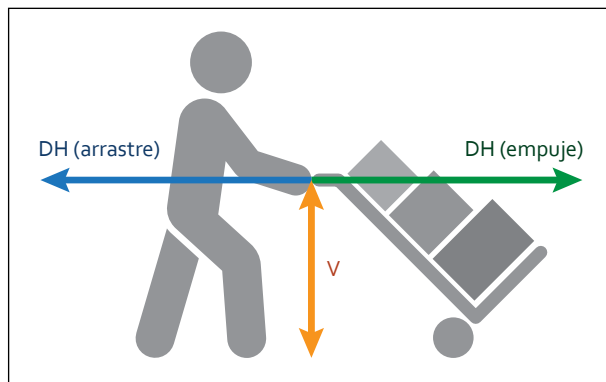


Figura 2. Interpretación de las variables empleadas para calcular el MAL₅₀ en tareas de empuje y de arrastre.

De forma análoga a la ecuación del NIOSH para el levantamiento y el descenso de cargas, el modelo multiplicativo permite identificar aquellos factores que conllevan una mayor penalización en la determinación del MAL. Esto podría suponer una ayuda, al menos en el plano teórico, a la hora de detectar y de priorizar aquellos aspectos susceptibles de mejora en el caso de que fuese necesario realizar una intervención ergonómica.

En la tabla 1 se muestran las expresiones para el cálculo de estos factores, así como el valor del coeficiente de variación (CV), necesario para el cálculo de la desviación estándar.

Sexo	Tarea	Fuerza	CV	RL	V_{SF}	DH_{SF}	F_{SF}
Masculino	Empuje	Inicial	0,231	70,3	$1,2737 - \frac{V}{1,335} + \frac{V^2}{2,576}$	$1,0790 - \frac{\ln(DH)}{9,392}$	$0,6281 - \frac{\ln(F)}{13,07} - \frac{\ln^2(F)}{379,5}$
		Sostenida	0,267	65,3	$2,2940 - \frac{V}{0,3345} + \frac{V^2}{0,6887}$	$1,1035 - \frac{\ln(DH)}{7,170}$	$0,4896 - \frac{\ln(F)}{10,20} - \frac{\ln^2(F)}{403,9}$
	Arrastre	Inicial	0,238	69,8	$1,7186 - \frac{V}{0,6888} + \frac{V^2}{2,025}$	$1,0790 - \frac{\ln(DH)}{9,392}$	$0,6281 - \frac{\ln(F)}{13,07} - \frac{\ln^2(F)}{379,5}$
		Sostenida	0,257	61,0	$2,1977 - \frac{V}{0,3850} + \frac{V^2}{0,9047}$	$1,1035 - \frac{\ln(DH)}{7,170}$	$0,4896 - \frac{\ln(F)}{10,20} - \frac{\ln^2(F)}{403,9}$
Femenino	Empuje	Inicial	0,214	36,9	$-0,5304 + \frac{V}{0,3361} - \frac{V^2}{0,6915}$	$1,0286 - \frac{DH}{72,22} + \frac{DH^2}{9782}$	$0,7251 - \frac{\ln(F)}{13,19} - \frac{\ln^2(F)}{197,3}$
			0,234				
	Arrastre	Sostenida	0,286	25,5	$-0,6539 + \frac{V}{0,2941} - \frac{V^2}{0,5722}$	$1,0391 - \frac{DH}{52,91} + \frac{DH^2}{7975}$	$0,6086 - \frac{\ln(F)}{11,95} - \frac{\ln^2(F)}{304,4}$
			0,298				

Tabla 1. Parámetros para el cálculo del MAL_{50} en tareas de empuje y de arrastre.

Las variables empleadas para calcular los factores de escala del MAL_{50} (V, DH y F) están limitadas en los valo-

res que pueden tomar. La tabla 2 muestra los rangos de validez de dichas variables.

Variable	Sexo	Límite inferior	Límite superior
V	Masculino	0,63 m	1,44 m
	Femenino	0,58 m	1,33 m
DH	Masculino	2,1 m	61 m
	Femenino		
F	Masculino	0,0021 min ⁻¹	10 min ⁻¹
	Femenino		
Velocidad media (DH · F)	Masculino	-	37 m·min ⁻¹
	Femenino		

Tabla 2. Rangos de validez de las variables utilizadas para el cálculo del MAL_{50} .

3. PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN

La figura 3 propone un diagrama de flujo que muestra, de forma simplificada, todas las fases del proceso de aplicación de las ecuaciones LM-MMH para la evaluación de las

tareas de empuje y de arrastre. En una primera etapa, se recogen los datos asociados a la manipulación y, después de haber comprobado que estos se encuentren dentro de los rangos de validez de la tabla 2, se calcula el MAL_{50} siguiendo los pasos e indicaciones anteriores.

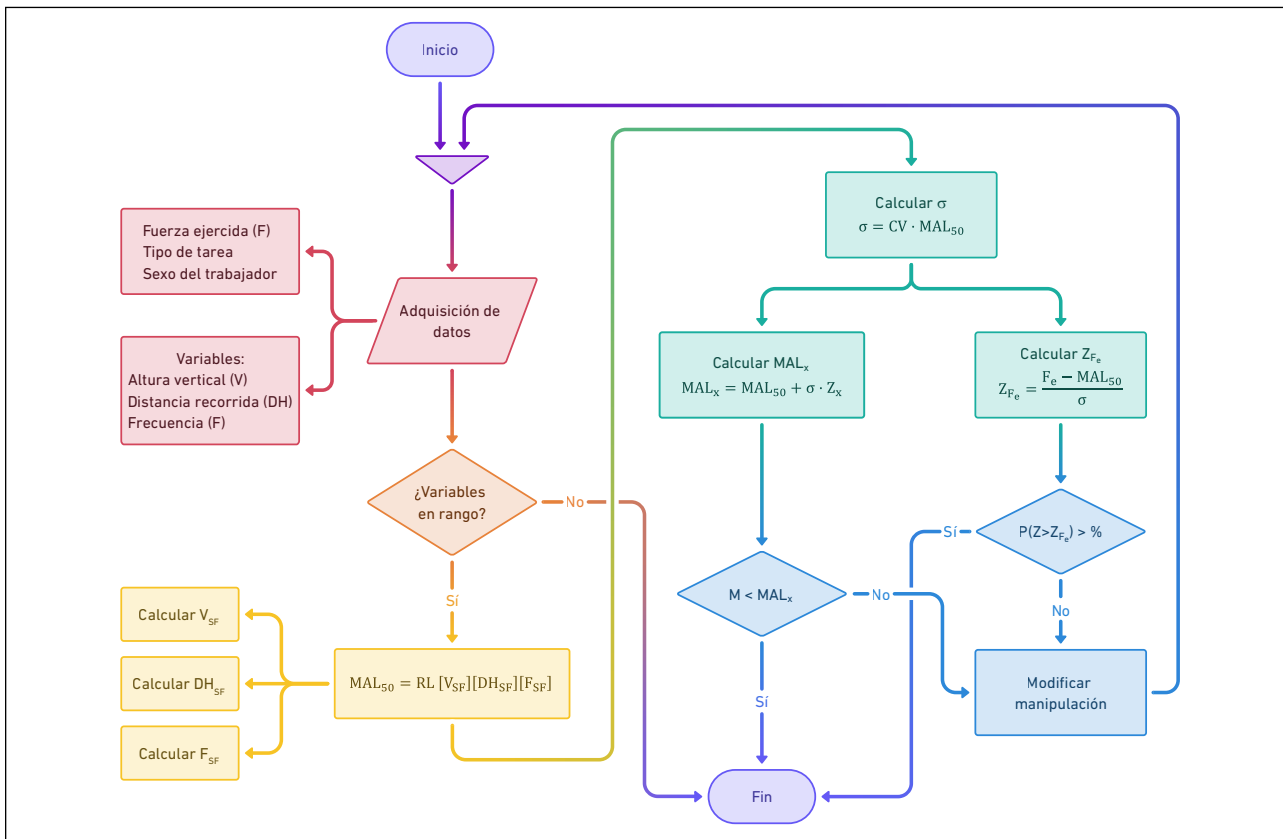


Figura 3. Diagrama de flujo del procedimiento de aplicación.

Seguidamente, se supone que este valor representa la media de una distribución normal, cuya desviación estándar (σ) se calcula empleando el coeficiente de variación mediante la siguiente expresión:

$$\sigma = CV \cdot MAL_{50}$$

Con los valores de desviación estándar y de MAL_{50} es posible calcular el límite para un determinado percentil de la población (MAL_x). Para ello, se emplea la distribución normal estándar de media 0 y desviación estándar 1, $N(0, 1)$, de tal forma que el valor de MAL_x adopta la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} MAL_x &= MAL_{50} + \sigma \cdot Z_x \\ MAL_x &= MAL_{50} + MAL_{50} \cdot CV \cdot Z_x \\ MAL_x &= MAL_{50} \cdot (1 + CV \cdot Z_x) \end{aligned}$$

Los valores de la variable estándar Z pueden obtenerse de tablas estadísticas o pueden calcularse mediante programas informáticos que incluyan funciones estadísticas, como, por ejemplo, hojas de cálculo o paquetes estadísticos. En la tabla 3 se muestran algunos valores de Z así como el percentil asociado para las tareas de empuje y arrastre.

Porcentaje empuje/arrastre	Probabilidad $Z < Z_x$	Z
75	0,25	-0,674
80	0,20	-0,842
85	0,15	-1,036
90	0,10	-1,282
95	0,05	-1,645
99	0,01	-2,326

Tabla 3. Algunos valores de la variable estándar Z y su correspondiente probabilidad acumulada.

Hay que recalcar que, si bien es habitual que los valores Z se tabulen para probabilidades $P(Z < Z_x)$, el porcentaje de personas capaces de realizar una tarea de empuje o de arrastre corresponde al área situada a la derecha del valor Z_x ; es decir, corresponde a $P(Z > Z_x)$. La figura 4 muestra la distribución normal estándar en la que el valor $Z_x = -0,674$ divide el gráfico en dos zonas. La zona roja es el área a la izquierda de Z_x y corresponde al valor $P(Z < Z_x) = 0,25$. Por el contrario, el área a la derecha de Z_x (zona verde) corresponde al valor $P(Z > Z_x) = 0,75$ y se interpreta como el percentil de personas que pueden realizar la tarea de manipulación.

Las situaciones que pueden suponer un riesgo para las tareas de empuje y de arrastre son aquellas en las que el valor de la fuerza ejercida (F_e), bien la inicial o bien la sostenida, es superior a MAL_x . En este caso, se deberían realizar las modificaciones o adaptaciones pertinentes para que F_e sea inferior al valor de MAL_x .

Alternativamente, puede resultar útil el cálculo del porcentaje de personas que pueden realizar la operación de manipulación. Para ello, es necesario calcular el valor de la variable estándar asociada a F_e mediante la siguiente expresión:

$$Z_{Fe} = \frac{F_e - MAL_{50}}{\sigma} = \frac{F_e - MAL_{50}}{CV \cdot MAL_{50}}$$

De nuevo, bien mediante tablas estadísticas o bien mediante programas informáticos, se obtiene el valor de área $P(Z > Z_{Fe})$, que se interpreta como el porcentaje de personas que pueden ejercer la fuerza F_e . Si este valor es inferior al límite de protección deseado, entonces también debería intervenir para que dicho porcentaje sea igual o superior a dicho límite.

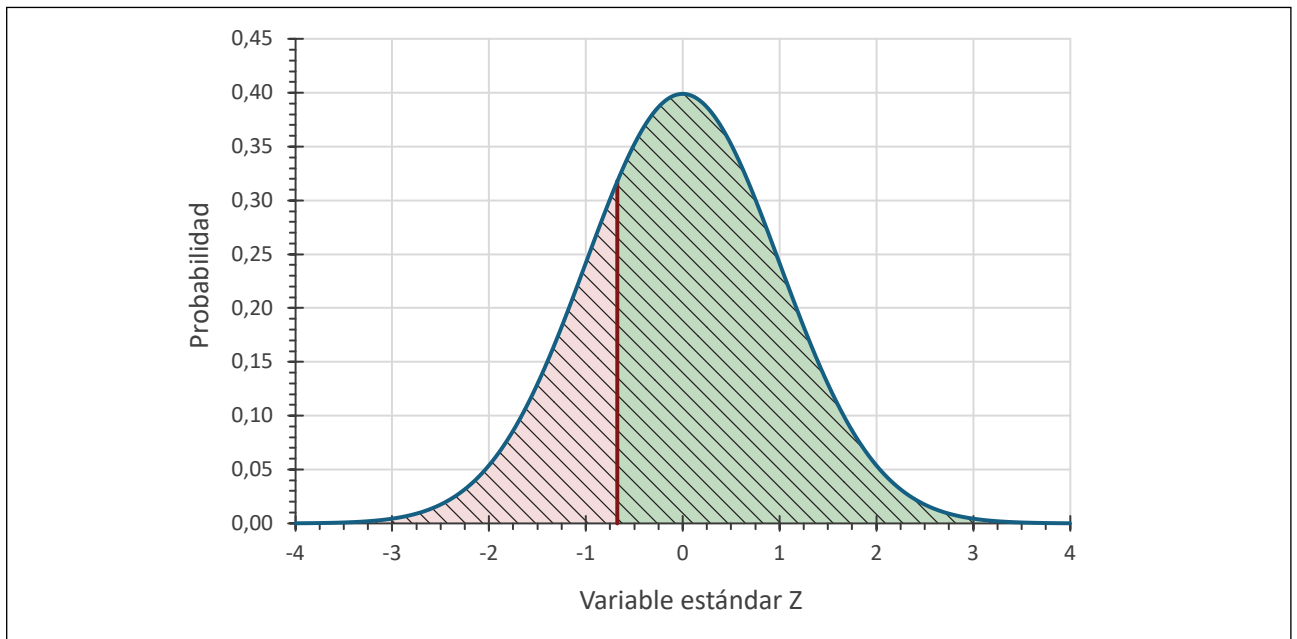


Figura 4. Distribución normal estándar con un valor $Z_x = -0,674$ correspondiente a $P(Z > Z_x) = 0,75$.

4. CRITERIOS DE VALORACIÓN

El criterio de valoración para las tareas de empuje y de arrastre se basa en que tanto la fuerza inicial como la fuerza sostenida no deben sobrepasar el límite que se establezca. Los autores del método sugieren tener en cuenta el límite para el 75% de la población femenina. En concreto, sostienen que:

Se ha identificado que diseñar para al menos el 75% de las mujeres es un criterio sensible al riesgo de lesiones tanto para hombres como para mujeres (Snook, Campanelli y Hart, 1978; Marras "et al.", 1999). Por lo tanto, [este porcentaje] se ha establecido como umbral mínimo de diseño para las tareas de manipulación manual de cargas.

Por otra parte, tanto la norma ISO 11228-2 (2007) como la norma ISO TR 12295 (2014) establecen el límite en el 90% de la población trabajadora. Ambas normas recomiendan, respectivamente:

Para evaluar el nivel de riesgo, es importante considerar en primer lugar las fuerzas aceptables. Si las fuerzas iniciales o sostenidas exceden el límite para el 90% de la población de trabajadores, la tarea debe ser calificada como de alto riesgo.

Basándose en las fuerzas iniciales y sostenidas aceptables proporcionadas en las tablas [...], las fuerzas ejercidas se deben comparar con los límites recomendados que acomodan al 90% de la población de usuarios prevista.

5. EJEMPLOS DE APLICACIÓN

A continuación, se muestra el procedimiento de cálculo, junto con los pasos y los cálculos intermedios, para dos supuestos hipotéticos: una tarea de empuje y otra de arrastre.

Supuesto 1

Sea un trabajador de sexo femenino de 30 años que realiza una tarea de arrastre de cargas. Dispone de una carretilla, cuyas asas están situadas a 110 cm del suelo, para transportar unas cajas a 10 metros de distancia. En promedio, realiza 6 operaciones de transporte cada 5 minutos. ¿Cuáles son los límites de fuerza para esta tarea?

Los valores de las variables para calcular los factores de escala son:

- Altura vertical (V): 1,1 metros
- Distancia horizontal (DH): 10 metros
- Frecuencia (F): 6 arrastres cada 5 minutos = 1,2

Todas las variables están dentro de los rangos de validez indicados en la tabla 2. La velocidad media (DH-F) es igual a 12, también por debajo del límite superior de validez. Los MAL_{50} para la fuerza inicial (MAL_i) y la sostenida (MAL_s) se obtienen, respectivamente, a través de las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 MAL_{i,50} &= 36,9 \cdot \left[-0,5304 + \frac{1,1}{0,3361} - \frac{1,1^2}{0,6915} \right] \cdot \left[1,0286 - \frac{10}{72,22} + \frac{10^2}{9782} \right] \cdot \left[0,7251 - \frac{\ln(1,2)}{13,19} - \frac{\ln^2(1,2)}{197,3} \right] \\
 &\approx 36,9 \cdot 0,9926 \cdot 0,9004 \cdot 0,7111 \\
 &\approx 23,45 \text{ kg}_f
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MAL_{s,50} &= 25,5 \cdot \left[-0,6539 + \frac{1,1}{0,2941} - \frac{1,1^2}{0,5722} \right] \cdot \left[1,0391 - \frac{10}{52,91} + \frac{10^2}{7975} \right] \cdot \left[0,6086 - \frac{\ln(1,2)}{11,95} - \frac{\ln^2(1,2)}{304,4} \right] \\
 &\approx 25,5 \cdot 0,9717 \cdot 0,8626 \cdot 0,5932 \\
 &\approx 12,68 \text{ kg}_f
 \end{aligned}$$

Las desviaciones estándar son, respectivamente:

$$\begin{aligned}\sigma_i &= 0,234 \cdot 23,45 = 5,48730 \text{ kg}_f \\ \sigma_s &= 0,298 \cdot 12,68 = 3,77864 \text{ kg}_f\end{aligned}$$

Si se tiene en cuenta el criterio del 75% de la población femenina propuesto por los autores de las ecuaciones, es necesario calcular el valor de

MAL_{75} para ambas fuerzas, utilizando, para ello, el valor -0,674 de la variable normal estandarizada Z (tabla 2).

$$\begin{aligned}MAL_{i,75} &= 23,45 + 5,48730 \cdot (-0,674) \approx 19,75 \text{ kg}_f \approx 193,7 \text{ N} \\ MAL_{s,75} &= 12,68 + 3,77864 \cdot (-0,674) \approx 10,13 \text{ kg}_f \approx 99,4 \text{ N}\end{aligned}$$

Si, por el contrario, se desea calcular un límite que ofrezca un mayor nivel de protección, puede emplearse el valor de -1,282 para la variable estandarizada Z (tabla

2) y, de esta forma, calcular los límites de fuerza para el 90% de la población femenina:

$$\begin{aligned}MAL_{i,90} &= 23,45 + 5,48730 \cdot (-1,282) \approx 16,42 \text{ kg}_f \approx 162,1 \text{ N} \\ MAL_{s,90} &= 12,68 + 3,77864 \cdot (-1,282) \approx 7,84 \text{ kg}_f \approx 76,9 \text{ N}\end{aligned}$$

Se observa que el factor de frecuencia F_{SF} es el que supone una mayor penalización para el cálculo del MAL. En el caso de que las fuerzas ejercidas fuesen mayores que los límites anteriores y fuese necesario realizar modificaciones en la tarea de arrastre, la actuación sobre dicha frecuencia ofrecería una mayor posibilidad de variación del MAL con respecto al resto de factores.

Supuesto 2

Sea un trabajador de sexo masculino de 47 años que realiza una tarea de empuje de cargas, consistente en empujar un carro con ruedas en los que transporta ropa desde un almacén a una lavandería situada a 20 metros de distancia. El punto donde las manos empujan el carro está situado a una altura de 100 cm. En promedio, se realiza un viaje cada 4 minutos. Mediante un dinamómetro,

se ha medido la fuerza aplicada por el trabajador para poner en movimiento el carro, así como la fuerza aplicada durante el trayecto, obteniéndose unos valores de 290 N y de 130 N respectivamente. ¿Cuál es el porcentaje de trabajadores que pueden ejercer las fuerzas anteriores?

Los valores de las variables para calcular los factores de escala son:

- Altura vertical (V): 1 metro
- Distancia horizontal (DH): 20 metros
- Frecuencia (F): 1 arrastre cada 4 minutos = 0,25

Todas las variables, incluyendo la velocidad media (DH·F), están dentro de los rangos de validez indicados en la tabla 2. Los MAL_{50} para la fuerza inicial (MAL_i) y la sostenida (MAL_s) se calculan, respectivamente, mediante las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}MAL_{i,50} &= 70,3 \cdot \left[1,2737 - \frac{1}{1,335} + \frac{1^2}{2,576} \right] \cdot \left[1,0790 - \frac{\ln(20)}{9,392} \right] \cdot \left[0,6281 - \frac{\ln(0,25)}{13,07} - \frac{\ln^2(0,25)}{379,5} \right] \\ &\approx 70,3 \cdot 0,9128 \cdot 0,7600 \cdot 0,7291 \\ &\approx 35,56 \text{ kg}_f \\ &\approx 348,8 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}MAL_{s,50} &= 65,3 \cdot \left[2,2940 - \frac{1}{0,3345} + \frac{1^2}{0,6887} \right] \cdot \left[1,1035 - \frac{\ln(20)}{7,170} \right] \cdot \left[0,4896 - \frac{\ln(0,25)}{10,20} - \frac{\ln^2(0,25)}{403,9} \right] \\ &\approx 65,3 \cdot 0,7565 \cdot 0,6857 \cdot 0,6208 \\ &\approx 21,03 \text{ kg}_f \\ &\approx 206,3 \text{ N}\end{aligned}$$

Las desviaciones estándar son, respectivamente:

$$\begin{aligned}\sigma_i &= 0,231 \cdot 348,8 \approx 80,58 \text{ N} \\ \sigma_s &= 0,267 \cdot 206,3 \approx 55,08 \text{ N}\end{aligned}$$

Como en este supuesto se han medido y, por lo tanto, se conocen las fuerzas aplicadas para poner en movimiento el carro, así como para mantenerlo en movimien-

to, es posible calcular el porcentaje de la población que puede ejercer dichas fuerzas mediante:

$$Z_i = \frac{290 - 348,8}{80,58} \approx -0,730 \xrightarrow{\text{tablas distribución } N(0,1)} P(Z > Z_i) \approx 0,767$$

$$Z_s = \frac{130 - 206,3}{55,08} \approx -1,385 \xrightarrow{\text{tablas distribución } N(0,1)} P(Z > Z_s) \approx 0,917$$

Es decir, ambas fuerzas pueden ser ejercidas por más del 75% de la población sin que esto suponga un riesgo. Sin embargo, si se desea un mayor nivel de protección estableciendo el límite en el 90%, siguiendo las recomendaciones de la norma ISO 11228-2 (2007), entonces deberá prestarse atención a la acción de poner en movimiento el

carro, ya que la fuerza de 290 N aplicada tiene asociado un porcentaje inferior al 90%.

Se llega a esta misma conclusión si se hubiese optado por calcular, de forma análoga al supuesto anterior, los valores MAL_{75} y MAL_{90} para ambas fuerzas:

$$MAL_i = 348,8 + 80,58 \cdot \begin{cases} (-0,674) & \rightarrow MAL_{i,75} \approx 294,5 \text{ N} \\ (-1,282) & \rightarrow MAL_{i,90} \approx 245,5 \text{ N} \end{cases}$$

$$MAL_s = 206,3 + 55,08 \cdot \begin{cases} (-0,674) & \rightarrow MAL_{s,75} \approx 169,2 \text{ N} \\ (-1,282) & \rightarrow MAL_{s,90} \approx 135,7 \text{ N} \end{cases}$$

Se comprueba que la fuerza inicial de 290 N es inferior a $MAL_{i,75}$ pero superior a $MAL_{i,90}$. En cambio, la fuerza sostenida de 130 N es inferior tanto a $MAL_{s,75}$ como a $MAL_{s,90}$. En las figuras 5 y 6 se muestran las

representaciones gráficas de las distribuciones normales para las fuerzas inicial y sostenida, así como los límites anteriores y las fuerzas medidas con el dinamómetro.

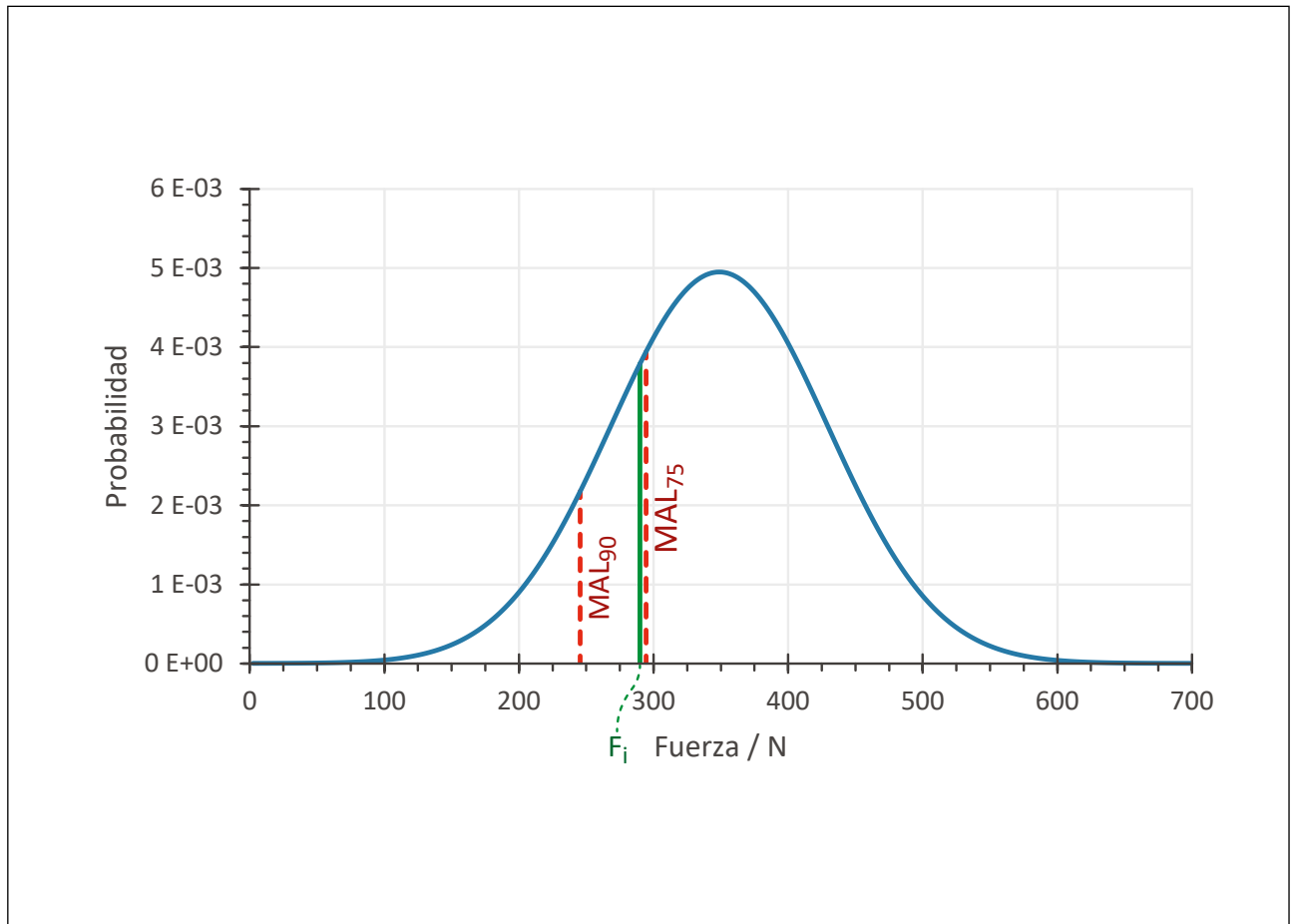


Figura 5. Representación gráfica de la fuerza inicial y de los límites correspondientes al supuesto 2.

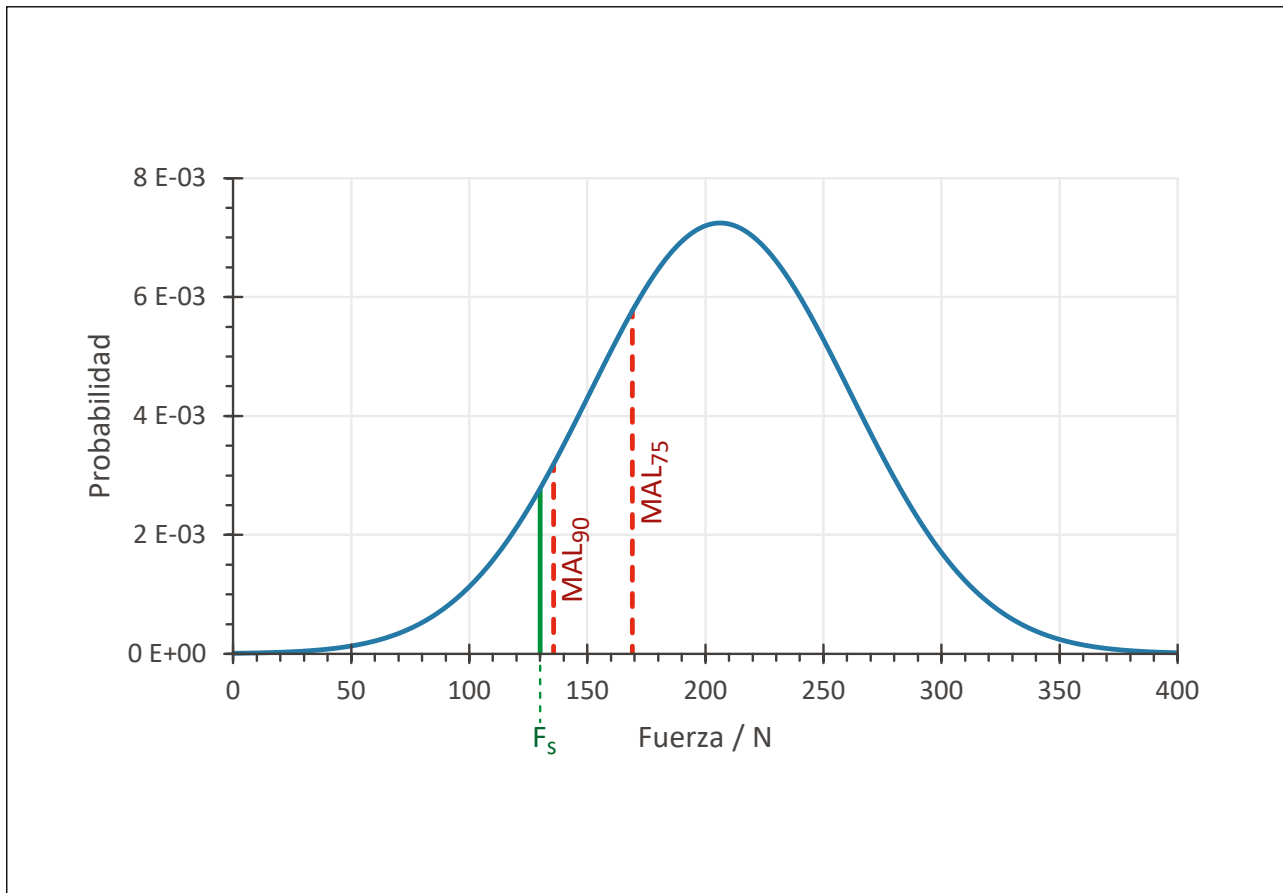


Figura 6. Representación gráfica de la fuerza sostenida y de los límites correspondientes al supuesto 2.

BIBLIOGRAFÍA

ISO 11228-2. (2007). "Ergonomics — Manual handling — Part 2: Pushing and pulling".

ISO/TR 12295. (2014). "Ergonomics — Application document for International Standards on manual handling (ISO 11228-1, ISO 11228-2 and ISO 11228-3) and evaluation of static working postures (ISO 11226)".

Nogareda, S., Canosa, M. (1998). Levantamiento manual de cargas: ecuación del NIOSH. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, [NTP 477](#).

Potvin, J. R., Ciriello, V. M., Snook, S. H., Maynard, W. S., & Brogmus, G. E. (2021). "The Liberty Mutual manual materials handling (LM-MMH) equations". *Ergonomics*, 64 (8), 955–970. DOI: [10.1080/00140139.2021.1891297](https://doi.org/10.1080/00140139.2021.1891297).

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores. Boletín Oficial del Estado, núm. 97, de 23/04/1997. Disponible [en este enlace](#).

Snook, S.H. (1978). "The Design of Manual Handling Tasks". *Ergonomics*, 21 (12), 963–985. DOI: [10.1080/00140137808931804](https://doi.org/10.1080/00140137808931804).

Snook, S. H., Ciriello, V. M. (1991). "The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces". *Ergonomics*, 34 (9), 1197-1213. DOI: [10.1080/00140139108964855](https://doi.org/10.1080/00140139108964855).

Voz y trabajo: Evaluación de riesgos por sobreesfuerzo vocal.

*Voix et travail : Évaluation des risques par surmenage de la voix.
Work and voice: Risk assessment for voice overexertion.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

María Dolores Solé Gómez.

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO (INSST).

Carme Rodríguez Martínez.

UNIDAD DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES DE LA
UNIVERSITAT INTERNACIONAL DE CATALUNYA.

María Isabel Maya Rubio.

ÁREA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES DE LA
MUTUA UNIVERSAL.

Anna Gardeñas Planell.

USTEC-STES (IAC).

Santiago Calvet Márquez.

SERVICIO DE PREVENCIÓN MANCOMUNADO DE SALESIANS.

El objetivo de esta NTP es proporcionar unas directrices para evaluar el riesgo de disfonía en puestos de trabajo que implican la exposición profesional a sobreesfuerzos vocales. Es complementaria de otras NTP sobre voz y trabajo consignadas en el apartado de bibliografía.

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 voz es el principal medio de comunicación entre los seres humanos. Se considera que, en una sociedad moderna, una tercera parte de la población laboral es usuaria profesional de la voz; es decir, son personas que utilizan la voz como principal herramienta de trabajo, siendo un elemento central de su actividad laboral. Diversos perfiles profesionales incorporan entre sus riesgos laborales el sobreesfuerzo vocal: personal docente, personas profesionales del canto, de la interpretación, de la radio, de la televisión, personal de empresas teleoperadoras, comerciales, monitores y monitoras escolares, deportivos y de tiempo libre, etc. Todos ellos basan su trabajo en la interacción con clientes y usuarios mediante la voz, a menudo en ambientes ruidosos o reverberantes.

Un entorno inadecuado o malas prácticas vocales pueden dar lugar a un uso inadecuado o al abuso del aparato fonador, alterando, generalmente de forma transitoria, la calidad de la voz (disfonía) o provocando incluso la imposibilidad de emitir sonidos (afonía), así como otras consecuencias dañinas para la salud que pueden afectar en gran medida el desempeño del trabajo. De todas las patologías que pueden derivar de un sobreesfuerzo vocal, tan solo los nódulos de cuerdas vocales han sido reconocidos como enfermedad profesional por el Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema

de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro, no incluyendo lesiones como pólipos, edemas, hemorragias, disfonías tensionales o agravamiento de lesiones crónicas cuyo origen puede ser laboral y cuyo síntoma común es la disfonía. Estos trastornos suelen tratarse como enfermedades comunes y no llegan a derivarse al especialista (otorrinolaringología o logopedia).

En esta NTP se aborda la caracterización y valoración del riesgo, y se sugieren medidas preventivas a adoptar, proponiéndose un guion para la identificación y evaluación de los parámetros que afectan a la salud vocal de la persona trabajadora.

2. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Los trastornos de la voz relacionados con el trabajo son multifactoriales. No hay una relación unívoca entre una determinada condición de trabajo y la manifestación de la patología de la voz. No obstante, se considera que el sobreesfuerzo o el mal uso de esta constituyen una causa necesaria. Por otra parte, existen varios factores relacionados con la persona, el entorno y la organización del trabajo que, si bien no pueden producir la disfonía por sí mismos, contribuyen a su aparición y, por tanto, deben considerarse en la evaluación de riesgos. Estos factores son, principalmente:

- **Factores personales**, como la salud del órgano fonador, la morfología corporal, la personalidad, los hábitos de vida, el conocimiento, experiencia y habilidades en el uso de la voz, las actividades de ocio y los requerimientos vocales en actividades extralaborales.
- **Factores ambientales**, como el ruido ambiente y las condiciones acústicas del entorno, la calidad del aire, algunas condiciones climatológicas como el frío o el viento y el diseño del puesto de trabajo que determina la postura adoptada.
- **Factores organizativos**, como la sobrecarga de trabajo o la distribución del tiempo de trabajo.

2.1. Acciones previas a la evaluación

Antes de iniciar la evaluación, es recomendable identificar los puestos de trabajo en los que se puede producir un sobreesfuerzo vocal (causa necesaria) entendiendo que, para que se produzca sobreesfuerzo vocal, es precisa la existencia de uno o varios de los siguientes elementos:

- **Intensidad vocal elevada.** Se da la necesidad de aumentar la potencia con que se emite la voz para que el/la oyente reciba el mensaje (forzar la voz) por tener que superar el nivel de ruido ambiental o por la distancia al receptor.
- **Uso prolongado de la voz** durante largos periodos de tiempo que dé lugar a la fatiga del aparato fonador.
- **Descanso vocal insuficiente.** No se realizan las pausas necesarias para compensar la fatiga vocal.

Es necesario también involucrar a las personas trabajadoras que ocupan dichos puestos en el proceso de evaluación. Contar con su participación es fundamental, ya que pueden ayudar en la identificación de los factores de riesgo y proponer medidas para su eliminación y control, además de tenerlas en cuenta ante necesidades de adaptación de dichos puestos.

2.2. Factores relacionados con la persona

Algunos factores individuales pueden favorecer la aparición de trastornos de la voz. Entre estos factores se pueden citar la existencia de enfermedades congénitas de las cuerdas vocales, antecedentes familiares de disfonía, en especial durante la infancia o adolescencia, trastornos neuromusculares y cambios en las concentraciones hormonales (estrógenos, progesterona y testosterona) que pueden producir cambios en la mucosa de los pliegues vocales. Estos cambios podrían estar relacionados con la sequedad de las mucosas, la fatiga vocal, la menor capacidad de proyectar su voz o cambios imprevistos de registro vocal que relatan muchas mujeres tras la menopausia.

Asimismo, el reflujo faringolaríngeo, el hipotiroidismo, las alergias respiratorias, los malos hábitos en cuanto a la adopción de posturas o respiración inadecuadas, el consumo de tabaco y de alcohol, el estrés y el uso de corticoides inhalados o broncodilatadores son también factores que considerar. Desde la medicina del trabajo se deberían considerar estos factores y otros elementos importantes desde el punto de vista individual en el seguimiento de las personas trabajadoras expuestas a sobreesfuerzos vocales.

2.3. Factores relacionados con las condiciones materiales y ambientales

En este apartado se considerarán tanto los factores que afectan a la inteligibilidad de la palabra, como los relacionados con el tipo de espacios, el ruido y las condiciones acústicas, las condiciones termohigrométricas, la conta-

minación, química y biológica, y el diseño de los espacios de trabajo, que deberían facilitar el mantenimiento de posturas adecuadas durante la fonación.

Tipos de espacios

La primera consideración será diferenciar entre espacios exteriores e interiores. En *espacios exteriores* no suelen presentarse superficies reflectantes, por lo que los sonidos se atenuarán con la distancia y requerirán de una mayor intensidad vocal. Tendrán también una gran influencia las condiciones climáticas y los parámetros físicos ambientales como la temperatura, la humedad, el ruido (tráfico, personas, naturaleza, etc.) y la calidad del aire. En *espacios interiores*, la propagación del sonido (de la voz) está condicionada por los factores que definen dicho espacio, como las dimensiones del local, su distribución (locales diáfanos o distribuidos), la existencia de materiales absorbentes o reflectantes, el aislamiento de sus paredes, la ocupación, el ruido generado por la actividad, el ruido de fondo generado por equipos o provenientes del exterior del local, ... Por otra parte, la calidad del aire interior, que dependerá de la ventilación, es un factor que influye en el riesgo de disfonía.

Condiciones acústicas

En ambientes con un gran nivel de ruido, la persona eleva la voz para ser oída, dando lugar a una intensificación del esfuerzo vocal. Esa intensidad deberá incrementarse al menos en 10 dB para que el mensaje sea inteligible. La geometría de los espacios de trabajo, la textura de los acabados en suelos, techos y paredes, el mobiliario y la presencia de ocupantes condicionan el comportamiento acústico. En la identificación de los factores de riesgo, es importante considerar el origen del ruido:

- **Ruido directo o de actividad**, generado por las personas que ocupan la sala y los equipos y otros elementos temporales utilizados durante la actividad.
- **Ruido de fondo**, generado por las reflexiones del sonido producidas por los diferentes focos (personas, equipos, ...) en las superficies del local o de focos situados en el exterior del local (ej. tráfico).

En el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación se establece un valor mínimo de aislamiento de las paredes exteriores de los edificios al ruido aéreo de 30 dBA para un índice de ruido día ≤ 60 dBA que se irá incrementando en función del índice de ruido en caso de ruidos exteriores intensos como los derivados del tráfico rodado o la proximidad a aeródromos. Por otro lado, la existencia de reverberación en el espacio de trabajo dificulta la comprensión e impide controlar la intensidad y el timbre de voz. La reverberación se mide por medio del tiempo de reverberación (TR), definido como el tiempo necesario para que la intensidad de un sonido disminuya su intensidad inicial en 60 dBA (la millonésima parte del valor inicial, en Pa) a partir del momento en que deja de emitirse.

Condiciones termohigrométricas

El control de la temperatura y humedad relativa en el lugar de trabajo es imprescindible para valorar las condiciones ambientales y asegurar que son las correctas. La humedad baja reseca la mucosa faríngea, y los pliegues vocales en particular, existiendo una relación inversamente proporcional entre el esfuerzo de fonación y el nivel de

hidratación de las mucosas respiratorias. Por el contrario, un grado de humedad excesivo está relacionado con el aumento de la incidencia de alergias, tos irritativa, incremento de la mucosidad y disfonías.

Contaminación química y biológica

La exposición a ciertos **agentes químicos irritantes** puede afectar al aparato respiratorio y, en definitiva, a la voz. Se trata de gases y vapores que forman parte o son generados por productos de limpieza, ambientadores, insecticidas (entre ellos, compuestos fenólicos, clorados, alcoholes o refinados de petróleo), ozono, etc., así como materia particulada en el ambiente como el humo, el polvo y algunos minerales. En muchos casos se han sustituido las clásicas pizarras de tiza por pizarras blancas para evitar la exposición a polvo de yeso; sin embargo, con ello se introducen en el ambiente vapores orgánicos de

los disolventes que no siempre son totalmente inocuos.

Diferentes agentes biológicos como virus, bacterias, hongos o parte de éstos, endotoxinas, exotoxinas, micotoxinas, así como también fracciones microscópicas de otros seres vivos en suspensión en el aire como ácaros, restos de pelo, piel, plumas, etc. presentes en el polvo, pueden irritar la mucosa respiratoria, aumentar la viscosidad de las secreciones y dar lugar a procesos alérgicos que pueden desencadenar efectos perjudiciales para la voz.

En la Tabla 1 se relacionan algunos valores de referencia mencionados en el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, normas UNE, ISO y criterios técnicos que, aunque no están necesariamente relacionados con el riesgo vocal, son valores para tener en cuenta para establecer unas condiciones favorables para entornos de trabajo en interior.

Parámetro	Valores recomendados óptimos para interiores	Legislación y normas técnicas
Temperatura	21 - 23° C en invierno 23 - 25° C en verano	RD 1027/2007, por el que se aprueba el RITE ¹
Humedad relativa	40-50% en invierno 45-60% en verano	RD 1027/2007, por el que se aprueba el RITE
Ruido	Oficinas: ≤ 45 dBA Aulas: ≤ 40 dBA Zonas comunes: ≤ 50 dBA	INSST (2021) Ruido: Evaluación y acondicionamiento ergonómico
Tiempo de reverberación	En aulas y salas de conferencias vacías, menores de 350 m ³ y sin ocupación ni mobiliario, el valor de TR no será mayor de 0,7 s. Con ocupación y butacas: ≤ 0,5 s.	RD 314/2006 Código Técnico de Edificación
CO₂	Concentración de CO ₂ (en partes por millón en volumen) de 500 ppm por encima de la concentración en el aire exterior.	RD 1027/2007, por el que se aprueba el RITE (IDA 2 aire de buena calidad) UNE-EN 16798-3:2018

Tabla 1. Valores de referencia para los entornos de trabajo en interior.

2.4. Postura corporal

La adopción de una buena postura ya sea de pie o sentado es importante para una emisión adecuada de la voz y evitar la sobrecarga del aparato fonador. Por ello, aunque la persona debe tomar conciencia y adoptar una buena postura al hablar, el entorno de trabajo debe facilitarlo. En este sentido, es importante observar a la persona trabajadora durante la realización de su tarea para determinar qué posturas adopta, si hay señales de tensión (bloqueo) y qué elementos del entorno pueden condicionarlas. Los bloqueos más frecuentes derivados de malos hábitos o del estado emocional de la persona son:

- Adelantamiento de la cabeza con respecto al tronco (proyección cervical) desviándose del eje vertical del cuerpo y afectando la posición de los hombros que se curvan hacia adentro y adelante.
- Zona lumbar rígida, ya que intenta compensar el desequilibrio de la parte superior.
- Extremidades inferiores en hiperextensión.
- Antero o retroversión excesiva de la pelvis.

Otros factores que pueden condicionar la postura son:

- La ropa. Por ejemplo, el ropaje y los complementos en profesionales de la actuación o la ropa de trabajo en otras profesiones. En estos casos, una técnica vocal depurada puede minimizar los riesgos.
- La utilización de equipos de trabajo.
- El movimiento y el esfuerzo físico.
- El propio diseño del puesto de trabajo.

2.5. Factores relacionados con la organización

Los principales factores relacionados con la organización son determinados factores psicosociales y la falta de programas de formación teórico-prácticos para un uso adecuado y mantenimiento óptimo de la voz profesional.

Factores psicosociales

Por lo que se refiere a los aspectos de tipo psicosocial, los principales factores (clasificados según la aplicación FPSICO 4.1 del INSST) para tener en cuenta son:

- Carga de trabajo: demanda excesiva de trabajo.
- Autonomía temporal y tiempo de trabajo. El horario de la jornada laboral, así como la posibilidad de organizar el trabajo y realizar pausas durante la jornada impacta sobre la calidad y tiempo de descanso vocal.

¹ Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Límites de exposición profesional (2024).

- Variedad/contenido. El ritmo monótono y rutinario afecta negativamente a la modulación de la voz.
- Demandas psicológicas: fatiga mental, preocupaciones, emociones, traumas y control de las emociones.

El estrés resultante de la exposición a estos factores se considera un factor contribuyente de la aparición de trastornos de la voz, por lo que es necesario identificar las posibles fuentes de estrés en el trabajo, así como considerar la percepción que el trabajador o la trabajadora tiene sobre el particular. Por otro lado, como el trastorno de la voz supone una merma en el rendimiento del usuario profesional de la voz, el propio trastorno puede ser motivo de estrés, creándose así un círculo vicioso: estrés como factor de riesgo y alteración como fuente de estrés.

La afectación de la voz por el estrés se produce a diferentes niveles:

- A nivel muscular, provoca tensión en la zona del cuello e hipertonicidad del músculo masetero dificultando la emisión de sonido.
- A nivel laríngeo, sobre todo en casos de estrés agudo, se produce un aumento de la actividad de la musculatura intrínseca de la laringe y de la reactividad de la musculatura extrínseca.
- A nivel vascular, afectando la irrigación de la laringe.
- A nivel de las cuerdas vocales por deshidratación local debida a cambios en la secreción de las células mucosecretoras.
- Por disminución de la salivación disminuyendo la lubricación del conducto aéreo y favoreciendo la lesión en la mucosa laríngea.
- Incluso, la respuesta del auditorio puede provocar estrés hasta el punto de experimentar un “nudo en la garganta” o incluso un bloqueo (terror escénico).

Formación

La formación es importante en la prevención y minimización de los casos de disfonía, mejora la calidad de vida y una eficiente comunicación oral las personas trabajadoras expuestas a sobreesfuerzos vocales. Para más

información, véase la NTP 1149, Voz y trabajo: formación para la prevención.

3. VALORACIÓN DEL RIESGO

El análisis y la valoración de las condiciones de trabajo y de las características personales requieren de valores y criterios de referencia. En el caso de la exposición a sobreesfuerzos vocales, no existe ningún método específico que correlacione el nivel de riesgo para la voz con las condiciones del puesto de trabajo. En consecuencia, se propone un método de valoración binario basado en una matriz probabilidad/severidad. A efectos de asegurar el mayor grado de fiabilidad posible, se ha contrastado con el método Fine, siendo la clasificación final del riesgo coincidente en ambos métodos.

Probabilidad

En la estimación de la probabilidad es preciso tener en cuenta los diferentes factores que causan la aparición de lesiones en el aparato vocal o aumentan el riesgo de que se produzcan (véase el apartado 2). Además, es preciso considerar el tiempo de exposición, entendiendo como tal el tiempo diario en el que la persona utiliza su voz. Largos periodos de exposición llevarán a una mayor probabilidad de aparición de lesiones en el aparato vocal.

Con relación al tiempo de exposición y a la intensidad vocal, se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- Tiempo de uso de la voz: en general se considera que superar las cuatro horas de actividad vocal supone un grado de exposición significativo. (Sliwinska-Kowsala, et al., 2006).
- Intensidad vocal: valores de ruido ambiental superiores a 85dB (Cutiva & Burdorf, 2015) o un nivel de ruido ambiente por encima de 65dBA (Berglund et al., 1999) suponen un mayor esfuerzo vocal para la persona trabajadora.

En la tabla 2, a efectos de aplicar la matriz de valoración, se propone la probabilidad de daño en función de la agrupación de ciertos factores.

	Probabilidad baja	Probabilidad media	Probabilidad alta
Criterio	El daño ocurrirá raras veces	El daño ocurrirá en algunas ocasiones	El daño ocurrirá siempre o casi siempre
Condiciones de trabajo	Intensidad de voz alta o uso prolongado de la voz + Descanso vocal suficiente + Presencia de factores agravantes	Intensidad de voz alta + descanso vocal insuficiente + exposición baja (<4 h/día)	Intensidad de voz alta + descanso vocal insuficiente+ Exposición alta (≥ 4 h/día)
	Uso prolongado de la voz + descanso vocal insuficiente + exposición baja (<4h/día) + Presencia de factores agravantes	Uso prolongado de la voz + descanso vocal insuficiente + exposición alta (≥4h/día)	

Tabla 2. Probabilidad del daño en función de las condiciones de trabajo.

Severidad

Como se expone en la introducción, las principales consecuencias que se producen como resultado del abuso vocal son disfonías de diferentes niveles de gravedad. A corto plazo y con mayor frecuencia, las disfonías que se producen son reversibles por medio del tratamiento médico/logopédico adecuado y del reposo vocal; en ocasiones, comportan un período de baja laboral. No obstante, a largo plazo se pueden presentar disfonías más graves, como la aparición de nódulos y pólipos en las cuerdas

vocales, que pueden requerir cirugía y reeducación logopédica de la voz, e incluso causar una incapacidad permanente. A efectos de la evaluación, se tienen en cuenta las consecuencias a largo plazo que se pueden producir si se mantienen condiciones de trabajo inadecuadas durante la vida laboral de la persona.

Priorización de la actuación

En la tabla 3, se especifican los criterios que dan lugar a la priorización temporal de la actuación preventiva.

ACTUACIÓN	CRITERIOS ²
A corto plazo	Intensidad de voz alta (> 65dB) Descanso vocal insuficiente Exposición alta (≥4h/día) Con o sin presencia de factores contribuyentes
A medio plazo	Intensidad de voz alta (> 65dB) Descanso vocal insuficiente Exposición baja (<4h/día) Con o sin presencia de factores contribuyentes
	Uso prolongado de la voz Descanso vocal insuficiente Exposición alta (≥4h/día) Con o sin presencia de factores contribuyentes
A largo plazo	Uso continuado de la voz Descanso vocal insuficiente Exposición baja (<4h/día) Con presencia de factores contribuyentes
	Intensidad de voz alta (> 65dB) o uso continuado de la voz Descanso vocal suficiente Con presencia de factores contribuyentes
A incluir en los planes de mejora	Cualquier otra situación no contemplada en los casos anteriores, en la que se presenten factores a mejorar

Tabla 3. Prioridad de la actuación.

VOICE HANDICAP INDEX (VHI)

Dada la importante componente individual en la manifestación de daños en la voz, se recomienda el índice de incapacidad vocal (VHI - Voice Handicap Index) como criterio adicional y de ponderación en la prioridad de actuación para puestos de trabajo ocupados por personas con especial vulnerabilidad. En su formato original (VHI-30) consta

de 30 ítems organizados en tres subescalas: funcional, física y emocional. Existe también una versión reducida de sólo 10 preguntas (VHI-10) que, aunque deja más margen al error, ahorra tiempo en la respuesta del cuestionario y en el análisis de los datos sin perder fiabilidad. Es una herramienta útil para clasificar a las personas trabajadoras según su vulnerabilidad y para el cribado según la severidad de las consecuencias del trastorno (véase la tabla 4).

SEVERIDAD	NORMAL	LEVE	MODERADA	SEVERA
Puntuación en VHI-30	≤ 30	31 a 60	61 a 90	91 a 120
Puntuación en VHI-10	≤ 10	11 a 20	21 a 30	31 a 40

Tabla 4. Valoración de la severidad del trastorno de voz en función del resultado del VHI.

4. MEDIDAS PREVENTIVAS

La información resultante de la evaluación de riesgos servirá para proponer las medidas preventivas que mejor se adapten al puesto evaluado, priorizando las medidas colectivas sobre las individuales. Por ejemplo, el uso de micrófono no deberá usarse para enmascarar defectos no corregidos.

² Se deben cumplir todos los criterios de cada uno de los escenarios alternativos planteados.

Medidas técnicas**MEDIDAS PREVENTIVAS AMBIENTALES**

Como se ha comentado, los factores ambientales pueden generar daños en la voz. Por ello, se evitarán todas las situaciones desfavorables asegurando:

- Una disminución del ruido exterior con sistemas de aislamiento acústico.
- La mejora de la calidad sonora de los espacios inte-

riores mediante tratamiento acústico de los locales de elevada reverberación.

- La eliminación de las fuentes de ruido o la reducción de su intensidad mediante, por ejemplo, apantallamiento o distanciamiento de los elementos ruidosos.
- La provisión, en el caso de no poder actuar sobre el nivel de ruido, de equipos adecuados que eviten que la persona trabajadora deba levantar la voz para ser oída, como equipos de megafonía, amplificadores...
- Unas condiciones termohigrométricas adecuadas para el tipo de trabajo a desempeñar, mediante sistemas de climatización y ventilación en interiores y, en exteriores, evitando trabajar en las peores horas del día o en condiciones climáticas adversas.
- El mantenimiento de una buena calidad del aire en interiores, evitando el uso de productos generadores de polvo, aerosoles y vapores o favoreciendo la dilución de las concentraciones de compuestos en el ambiente mediante ventilación por medios naturales o por medios mecánicos que fuerzan el movimiento del aire.

MEDIDAS PREVENTIVAS ERGONÓMICAS

Además de respetar la normativa vigente respecto a la ergonomía en los puestos de trabajo, algunas medidas preventivas son:

- Diseñar los puestos de trabajo de modo que se facilite mantener una buena postura corporal en el momento de la tarea.
- Evitar, en lo posible, realizar esfuerzos vocales simultáneamente con otros esfuerzos físicos.
- Disponer de equipos auxiliares para amplificar la voz como prevención de la fatiga vocal, como megáfonos, amplificadores..., así como de otros complementos que faciliten la emisión de voz y su proyección, especialmente en tareas del ámbito del espectáculo o culturales.

Medidas preventivas organizativas

Algunas propuestas de medidas preventivas respecto a los factores psicosociales son:

- Adecuar el tiempo de trabajo (horas semanales, turnos...) dando suficiente espacio temporal durante la semana para descansar la voz.
- Proponer suficientes pausas durante la jornada laboral para prevenir la fatiga vocal. Estas pausas deberían incluir hidratación y cambios en la postura habitual del hablante.
- Facilitar la concentración en la tarea mediante la promoción de espacios libres de ruido y de interrupciones.
- Hacer una valoración individual y conjunta de la carga emocional de las tareas, como las vivencias de comunicación que se han tenido con los receptores del mensaje, las emociones que han suscitado, los cambios percibidos en el tono de voz y el desgaste producido. En caso necesario, proveer de ayuda psicológica.
- Aplicar métodos de relajación muscular específica para las partes del cuerpo involucradas en la emisión de la voz.

Formación e información

- Acompañar a las personas que se incorporan o reincorporan a la empresa para detectar el posible aumento del volumen de emisión de la voz por falta de experiencia o de control de la tarea.
- Facilitar información y formación sobre la voz y sobre cómo protegerla.
- Promover hábitos como la práctica del calentamiento vocal.
- Informar a las personas trabajadoras de los recursos de asistencia médica y en su caso psicológica, tanto del servicio público de salud como de las Mutuas colaboradoras de la seguridad social, en caso de presentar problemas de voz y de las posibilidades de cambios en el lugar de trabajo por razones de salud.
- Sensibilizar sobre la importancia de la adopción y mantenimiento de hábitos de vida saludable.

Véase la NTP 1148 para ampliar detalles sobre la formación e información que ayude a prevenir la aparición de disfonías de origen laboral y mejore la eficacia en la emisión de la voz durante la práctica profesional.

En la tabla 5, a modo de ejemplo se describen algunos factores de riesgo y las propuestas para su corrección.

Factores de riesgo evaluados	Medidas preventivas y correctoras propuestas
Ruido en el entorno que obliga a elevar la voz.	Apantallar las fuentes colocando mamparas. Alejar las fuentes de ruido respecto del receptor. Reducir el ruido de fondo.
Ruido en el entorno que obliga a levantar la voz, pero no eliminable.	Utilizar amplificador de voz (equipos de megafonía).
Calidad del aire perjudicial para la comunicación.	Revisar los sistemas de climatización, llevar a cabo mantenimiento y cambios de filtros periódicos. Evitar la comunicación frecuente en salas donde se generan contaminantes específicos debido a su actividad.
Daños por uso incorrecto de la voz.	Formación en el correcto uso de la voz. Adoptar hábitos que mejoren las condiciones de la voz, como la hidratación durante la comunicación.
Posturas de trabajo inadecuadas para el uso de la voz.	Analizar y corregir las malas posturas. Formación para reconocer las posturas adecuadas y evitar las incorrectas.

Tabla 5. Ejemplos de medidas correctoras en función de los factores de riesgo.

5. CONCLUSIONES

Los usuarios y usuarias profesionales de la voz constituyen el 30% de la población laboral y, de estos, el 30% referirán episodios disfónicos relacionados con el ejercicio de su trabajo. La susceptibilidad de sufrir una disfonía de origen laboral es multifactorial y varía mucho de una persona a otra.

La vigilancia de la salud individual permitirá identificar de forma precoz los daños relacionados con el sobreesfuerzo vocal y a las personas trabajadoras especialmente sensibles y *la colectiva* alertará sobre la aparición de concentración de casos en una empresa o área, que requerirán de una actuación prioritaria.

La evaluación de riesgos permitirá identificar y proponer correcciones en aquellos aspectos relacionados con la organización del trabajo, los factores ambientales y los factores personales que deberán ser controlados y corre-

gidos, resultando en la elaboración de una planificación preventiva que contemple esos aspectos, además de un programa de formación sobre el uso y cuidado de la voz, la autoevaluación (Voice Handicap Index 10) y la información sobre los recursos preventivos y asistenciales existentes.

Todo ello permitirá reducir significativamente la prevalencia y la gravedad de los episodios disfónicos (disminución de las bajas laborales y simplificación de los tratamientos), mejorando la calidad en la comunicación y la satisfacción en el desempeño del trabajo (productividad). En esta NTP se ofrece una forma sencilla de evaluar dichos factores siguiendo el criterio del método Fine, determinando la probabilidad y la gravedad de los daños evaluados para priorizar las medidas preventivas o correctivas necesarias. En algunos casos se encontrarán soluciones fáciles que podrán ser aplicadas en breve plazo de tiempo; en otros se requerirá de un estudio y propuestas más complejas.

BIBLIOGRAFÍA

Berglund, B., Thomas, L., and Schwela, D. H. (1999). Guidelines for Community Noise (World Health Organization, Geneva, Switzerland)

Cantor-Cutiva, L. C. (2018). Association between occupational voice use and occurrence of voice disorders: Voice disorders and work. Areté issn-l:1657-2513, 18 (2), 1-10. Obtenido de: <https://revistas.iberamericana.edu.co/index.php/arete/article/view/1393>

Rosa M.^a de las Casas Battifora y José M.^a Ramada Rodilla (2012) *Disfonías funcionales y lesiones orgánicas benignas de cuerdas vocales en trabajadores usuarios profesionales de la voz*. Arch. Prev. Riesgos Labor 15(1): 21-26

NTP 794 [Evaluación de la comunicación verbal: método SIL](#). INSHT (2008).

NTP 960 [Ruido: control de la exposición \(I\). Programa de medidas técnicas o de organización](#). INSHT (2012).

NTP 1148 [Voz y Trabajo: Formación para la Prevención](#). INSST (2020).

NTP 1149 [Voz y Trabajo: Procedimiento preventivo](#). INSST (2020).

[Ruido: Evaluación y acondicionamiento ergonómico](#). INSST (2021)

[Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido en los lugares de trabajo](#) INSST (2022)

[AIP.29.1.22 - FPSICO. Factores psicosociales. Método de evaluación. Versión 4.1](#). INSST (2022)

[Calidad del ambiente interior en el trabajo](#). INSST (2022)

Jacobson BH, Johnson AF, Newman CW, Grywalski C, Silbergleit A, Jacobson G, Benninger M y Newman C. [The Voice Handicap Index \(VHI\) Development and Validation](#). Am J Speech Lang Pathol. 1997(6):66-70.

Langer M, König CJ, Siegel R, Fredenhagen T, Schunck AG, Hähne V, Baur T. Vocal-Stress Diary: A Longitudinal Investigation of the Association of Everyday Work Stressors and Human Voice Features. Psychol Sci. 2022 Jul; 33(7): 1027-1039. doi: 10.1177/09567976211068110. Epub 2022 May 31. PMID: 35640140.

[Límites de exposición profesional](#). INSST (2024)

[Núñez-Batalla F, Corte-Santos P, Señaris-González B, Llorente-Pendás JL, Górriz-Gil C y Suárez-Nieto C \(2007\).. Acta Otorrinolaringol Esp. 58\(9\):386-392](#)

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. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8669>

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-5515>

Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-22169>

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-15820>

Sala, E & Rantala, L (2019) Voice ergonomics: Occupational and Professional voice care. Cambridge Scholars Publishing

Sliwinska-Kowalska, M., Niebudek-Bogusz, E., Fiszer, M., Los-Spychalska, T., Kotylo, P., Sznurowska-Przygocka, B., & Modrzewska, M. (2006). The Prevalence and Risk Factors for Occupational Voice Disorders in Teachers. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 58(2), 85–101. <https://doi.org/10.1159/000089610>

UNE-EN ISO 3382-2:2008 Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios.

UNE-EN 16798-3:2018. Eficiencia energética de los edificios. Ventilación de los edificios. Parte 3: Para edificios no residenciales.

UNE-ISO 16000-6:2019 Determinación de compuestos orgánicos volátiles en aire de interiores y de cámaras de ensayo mediante muestreo activo con adsorbente Tenax TA, desorción térmica y cromatografía de gases, empleando MS o MS-FID.

Determinación de causas de enfermedad profesional: un abordaje pluridimensional.

*Determination of causes of occupational illness: a multidimensional approach.
Détermination des causes des maladies professionnelles: une approche multidimensionnelle.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Jerónimo Maqueda Blasco.

M^a Elena Moreno Atahonero.

M^a Jesús Terradillos García.

Carmen Mucientes de la Peña.

DEPARTAMENTO DE PROMOCIÓN DE LA SALUD Y
EPIDEMIOLOGÍA LABORAL. INSST.

En esta Nota Técnica de Prevención (NTP), se presenta un enfoque en la investigación causal de enfermedades profesionales desde una visión de 360° que se acompaña de un sistema de clasificación de las causas de enfermedades profesionales que permite su codificación y ordenación para facilitar su análisis y la definición de las medidas preventivas más eficaces.

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 Organización Internacional del Trabajo (OIT) en su informe “La Prevención de las Enfermedades Profesionales” elaborado con motivo del Día Mundial de la Seguridad y Salud en el Trabajo de 2013 [1] alerta del grave impacto de las enfermedades profesionales sobre los indicadores de salud de la población trabajadora. La mejora en materia de prevención de las enfermedades y el conocimiento de sus causas a través de la investigación de los casos de enfermedad es una cuestión con una dimensión normativa, una dimensión estratégica y una última dimensión táctica.

- **Dimensión Normativa:** La investigación de los casos de enfermedad profesional orientada a la identificación de sus causas se establece a través del artículo 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) [2]. Junto a esta obligación tanto la LPRL como el Real Decreto sobre el Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP) [3] señalan otras obligaciones vinculadas con el tratamiento armonizado de la información y la vigilancia epidemiológica (artículo 39 del RDRSP). En el contexto del Sistema de Seguridad Social, el Real Decreto Legislativo 8/2015 del texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social (LGSS) [4] incluye, dentro de la actividad preventiva de las mutuas colaboradoras con la Seguridad Social (MCSS), la investigación con la finalidad de prevenir las contingencias profesionales (artículo 82.3 LGSS).
- **Dimensión Estratégica:** La prevención de las enfermedades profesionales es un tema de interés dentro del diálogo social por lo que forma parte de las políticas de protección de la salud de las personas en el trabajo, integrándose en sucesivas estrategias de seguridad y salud en el trabajo, tanto en el marco nacional como europeo e internacional. La identificación y la intervención sobre las causas de la enfermedad profesional se evidencian como recomendaciones relevantes en el Marco estratégico de la UE en materia de salud y seguridad en el trabajo 2021-2027 [5]. La Estrategia

Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2023-2027 [6] pone el foco en la necesidad de mejora de la investigación de campo de las enfermedades profesionales, abordada desde un enfoque dirigido a la identificación de sus causas y a la armonización de la información recogida.

- **Dimensión Táctica:** El valor táctico de la investigación de campo e identificación de causas se encuentra en el hecho de que permite identificar “dianas de intervención” y, por lo tanto, implantar acciones preventivas técnicas o sanitarias más selectivas y eficientes [7].

2. ANÁLISIS DE CAUSAS DESDE UN ENFOQUE DE 360°

Si bien desde el ámbito de la normativa de Seguridad Social y, por lo tanto, de la prestación social, la enfermedad profesional es un concepto legal y doctrinal [8], la OIT sitúa la calificación de una enfermedad como profesional en el ámbito de la epidemiología [9]; desde esa perspectiva epidemiológica: la enfermedad se interpreta desde un concepto de multicausalidad [10].

Este planteamiento no difiere mucho del utilizado en la causalidad del accidente de trabajo; en ese sentido, la *Guía Procedimental para la Investigación de los Accidentes de Trabajo de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social* diferencia, dentro de la causalidad del accidente de trabajo, entre “causas primarias” y “causas secundarias” [11], planteamiento trasladable a la enfermedad profesional.

Los análisis realizados por el grupo de trabajo sobre investigación de enfermedades profesionales integrado por personas expertas del Organismo Estatal de la Inspección de Trabajo (ITSS), del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), del Instituto Nacional de la Seguridad Social (INSS) y de algunos Institutos u Órganos Técnicos de seguridad y salud laboral de diferentes CC. AA., permitieron llegar a la conclusión de que en la enfermedad profesional concurre un “complejo

causal” estructurado por siete grupos de causas, modelo que fue testado mediante un ensayo de campo [12]. Las mejoras introducidas tras la evaluación del ensayo se incorporaron a la publicación del INSST “Procedimiento de investigación de casos de enfermedades profesionales” en su actualización de 2022 [7].

La aplicación en el estudio del caso de este modelo facilita abordar la investigación desde un enfoque de 360° (figura 1), lo que permite identificar “dianas de intervención” en 7 áreas de acción preventiva codificadas, lo cual genera potencia y efectividad en las recomendaciones derivadas de la investigación.

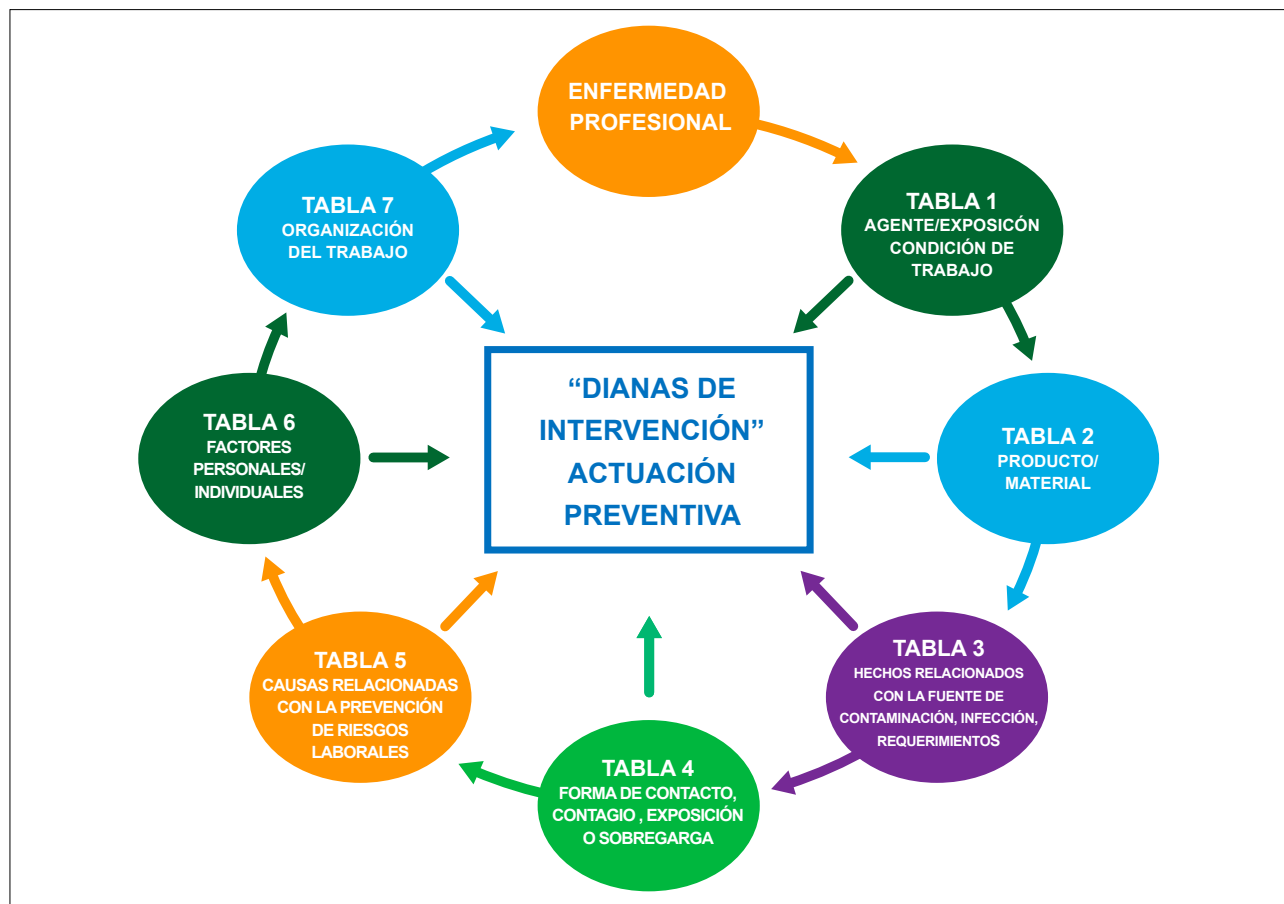


Figura 1: “Investigación de casos de enfermedades profesionales desde un enfoque de 360°: Identificación de causas y medidas preventivas”.

3. ESTRUCTURA DEL CÓDIGO DE CAUSAS DE ENFERMEDADES PROFESIONALES

TABLA 1: CÓDIGO DE AGENTES	Código
1.1. AGENTES QUÍMICOS	
Código no aplicable	1100
Arsénico y sus compuestos	1101
Berilio (glucinio) y sus compuestos	1102
Cadmio y sus compuestos	1103
Cromo trivalente y sus compuestos	1104
Cromo VI y compuesto de cromo VI	1105
Fósforo y sus compuestos	1106
Manganeso y sus compuestos	1107
Mercurio y sus compuestos	1108
Níquel y sus compuestos	1109
Plomo y sus compuestos	1110
Talio y sus compuestos	1111
Vanadio y sus compuestos	1112

Antimonio y derivados	1113
Bromo y sus compuestos inorgánicos	1114
Cloro y sus compuestos inorgánicos	1115
Flúor y sus compuestos	1116
Yodo y sus compuestos inorgánicos	1117
Ácido nítrico	1118
Ácido sulfúrico y óxidos de azufre	1119
Ácido sulfhídrico	1120
Ácido cianhídrico, cianuros, compuestos de cianógeno y Acrilonitrilos	1121
Ácidos orgánicos	1122
Alcoholes	1123
Fenoles, homólogos y sus derivados halógenos, Pentaclorofenol, hidroxibenzonitrilo	1124
Aldehídos	1125
Hidrocarburos alifáticos saturados o no; cíclicos o no, constituyentes del éter, del petróleo y de la gasolina. Saturados: Alcanos, parafinas	1126
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), productos de destilación del carbón: hollín, alquitrán, betún, brea, antraceno, aceites minerales, parafina bruta y a los compuestos, productos, residuos de estas sustancias y a otros factores carcinógenos. Destilación de la hulla	1127
Derivados halogenados de los hidrocarburos alifáticos, Saturados o no, cíclicos o no. Bromuro de metilo, cloruro de vinilo monómero	1128
Aminas e hidracinas	1129
Amoníaco	1130
Benceno	1131
Naftaleno y sus homólogos	1132
Xileno, tolueno	1133
Vinilbenceno (estireno) y divinilbenceno	1134
Derivados halogenados de hidrocarburos aromáticos	1135
Nitroderivados de los hidrocarburos aromáticos: nitrodinitrobenceno, Dinitro-trinitrotolueno.	1136
Derivados nitrados de los fenoles y homólogos: Dinitrofenol, dinitro-ortocresol, dinoseb (2-sec butil-4,6-Dinitrofenol), ioxinil, bromoxinil	1137
Cetonas	1138
Epóxidos, óxido de etileno, tetrahidrofurano, furfural, Epiclorhidrina, guayacol, alcohol furfurílico, óxido de propileno	1139
Ésteres orgánicos y sus derivados halogenados	1140
Éteres de glicol	1141
Glicoles	1142
Poliuretanos (isocianatos)	1143
Nitroderivados alifáticos, nitroalcanos	1144
Nitroglicerina y otros ésteres del ácido nítrico	1145
Bis-(cloro-metil) éter	1146
Órganofosforados y carbamatos	1147
Órganoclorados	1148
Óxido de carbono	1149
Oxiclورو de carbono	1150
Óxidos de nitrógeno	1151
Sulfuro de carbono	1152
Polvo de sílice libre	1153
Polvo del carbón	1154
Polvos de amianto (asbesto)	1155
Polvo de aluminio	1156
Otros polvos de minerales (talco, caolín, tierra de batán, bentonita, sepiolita, mica, otros silicatos naturales)	1157
Polvo de madera dura	1158
Escorias de Thomas	1159

Sustancias de alto peso molecular (sustancias de origen vegetal, animal, microorganismos, y sustancias enzimáticas de origen vegetal, animal y/o de microorganismos)	1160
Sustancias de bajo peso molecular (metales y sus sales, polvos de maderas, productos farmacéuticos, sustancias químico plásticas, aditivos, etc.)	1161
Agente químico no incluido en los epígrafes anteriores	1199
1.2. AGENTES BIOLÓGICOS (RD 664/1997 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo)	
Código no aplicable	1200
1.2.1. BACTERIAS Y AFINES	
Clasificados en el grupo 2 del RD 664/1997	1212
Clasificados en el grupo 3 del RD 664/1997	1213
Otras bacterias o afines no clasificados en los grupos anteriores	1219
1.2.2. VIRUS	
Clasificados en el grupo 2 del RD 664/1997	1222
Clasificados en el grupo 3 del RD 664/1997	1223
Clasificados en el grupo 4 del RD 664/1997	1224
Otros virus no clasificados en los grupos anteriores	1229
1.2.3. PARÁSITOS	
Clasificados en el grupo 2 del RD 664/1997	1232
Clasificados en el grupo 3 del RD 664/1997	1233
Otros parásitos no clasificados en los grupos anteriores	1239
1.2.4. HONGOS	
Clasificados en el grupo 2 del RD 664/1997	1242
Clasificados en el grupo 3 del RD 664/1997	1243
Otros hongos no clasificados en los grupos anteriores	1249
1.2.9. OTROS AGENTES BIOLÓGICOS	
Otros Agentes Biológicos no incluido en los epígrafes anteriores	1299
1.1. AGENTES FÍSICOS	
Código no aplicable	1300
Ruido	1301
Vibraciones	1302
Radiaciones alfa	1303
Radiaciones beta	1304
Radiaciones gamma	1305
Rx	1306
Radiaciones ionizantes sin especificar	1307
Radiaciones visible (láser)	1308
Radiaciones UVA	1309
Radiaciones UVB	1310
Radiaciones UVC	1311
Radiaciones no ionizantes sin especificar	1312
Radiación Solar	1313
Presión atmosférica	1314
Otros Agentes Físicos no incluidos en los epígrafes anteriores	1399
1.4. CONDICIÓN ERGONÓMICA	
Código no aplicable	1400
Sobrecarga física (manejo manual de cargas)	1401

Mantenimiento de posturas forzadas	1402
Realización de movimientos repetidos	1403
Mantenimiento de posturas no forzadas pero estáticas	1404
Aplicación de fuerza o presión	1405
Ritmo de trabajo elevado	1406
Factores ergonómicos no especificados	1407
Esfuerzos sostenidos de la voz	1408
Otras Condiciones Ergonómicas no incluidas en los epígrafes anteriores	1499

TABLA 2: TIPO DE PRODUCTO O MATERIAL CONTAMINANTE (a partir de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU), 4ª revisión, UN 2009)	Código
Código no aplicable	2000
2.1. TIPO DE PRODUCTO	
Código no aplicable	2100
Abonos y fertilizantes	2101
Acelerantes o catalizadores sintéticos	2102
Antidetonantes	2103
Aromatizantes	2104
Artículos de limpieza	2105
Barnices y lacas	2106
Biocidas y germicidas	2107
Colas, pegamentos y adhesivos	2108
Conservantes	2109
Cultivos, plantas o semillas	2110
Colorantes, tintes o pigmentos de uso industrial	2111
Colorantes de uso alimentario	2112
Disolventes inorgánicos	2113
Disolventes orgánicos	2114
Enzimas	2115
Fibras minerales	2116
Fibras naturales	2117
Fibras sintéticas	2118
Gases industriales	2119
Gases refrigerantes	2120
Lubricantes minerales	2121
Lubricantes sintéticos	2122
Medicamentos incluidos los de uso veterinario	2123
Metales	2124
Pesticidas y plaguicidas	2125
Pinturas	2126
Polímeros y sus monómeros	2127
Productos de cosmética y de aseo personal	2128
Productos de limpieza	2129
Reactivos de laboratorio	2130
Refrigerantes	2131
Resinas	2132
Retardantes de la llama	2133

Saborizantes	2134
Tintas de imprenta	2135
Producto o compuesto químico no especificado	2199
2.2. MATERIAL CONTAMINANTE	
Código no aplicable	2200
Materia prima: Naturaleza tóxica, irritante, sensibilizante, infecciosa o radioactiva de la materia prima	2201
Sustancias o productos para el desempeño de una tarea específica: Naturaleza tóxica, irritante, sensibilizante, infecciosa o radioactiva de materiales, sustancias o productos (distintos a la materia prima) cuya exposición se produce por el desempeño de una tarea específica	2202
Sustancias o productos de utilización transversal en varias tareas: Naturaleza tóxica, irritante, sensibilizante, infecciosa o radioactiva de materiales, sustancias, productos, etc. (distintos de las materias primas) de utilización transversal en distintas tareas	2203
Aditivos a la materia prima: Naturaleza tóxica, irritante, sensibilizante, infecciosa o radioactiva de materias primas, componentes o aditivos que se incorporan a la materia prima en el proceso de producción	2204
Subproductos o residuos: Naturaleza tóxica, irritante, sensibilizante, infecciosa o radioactiva de subproductos o residuos	2205
Contaminación debida a la degradación o deterioro de materias primas, auxiliares o productos	2206
Contaminación debida a incidentes que determinan una sobreexposición al agente (vertidos, fugas, derrames, etc.)	2207
Otras causas derivadas de la naturaleza de la materia prima, materiales, sustancias, productos, subproductos o sus residuos	2299

TABLA 3: HECHOS RELACIONADOS CON LA FUENTE DE CONTAMINACIÓN, INFECCIÓN, EXPOSICIÓN O REQUERIMIENTOS DE LA TAREA	Código
Código no aplicable	3000
3.1. HECHOS DERIVADOS DE PROCESOS DE TRABAJO	
Código no aplicable	3100
Aplicación de productos fitosanitarios	3101
Tratamiento de grano, plantas forrajeras o plantas ornamentales	3102
Cría y cuidado de ganado o aves	3103
Extracción, molienda, triturado, lavado o enriquecimiento de mineral	3104
Proceso que implica el movimiento de tierras	3105
Aplicación de cementos, resinas o productos endurecedores para la construcción	3106
Proyección de aislantes térmicos o hidrófugos	3107
Procesos que implican la manipulación de fibras de origen natural o artificial	3108
Aplicación de breas, asfaltos y compuestos bituminosos	3109
Mecanizado y conformado de piezas (moldeado, taladro, fresado, aserrado, etc.)	3110
Soldadura	3111
Procesos desarrollados a la intemperie (medio natural o urbano)	3112
Proceso de aglomerado (tratamiento térmico, mediante adhesivos)	3113
Proceso de ensamblaje o montaje de piezas	3114
Tratamiento de superficies (recubrimiento, pulido, galvanizado, etc.)	3115
Síntesis de sustancias químicas y polímeros	3116
Preparación de gases, mezclas o elaboración de productos químicos para uso industrial, doméstico, sanitario, farmacia o cosmética	3117
Aplicación industrial o doméstica de sustancias, mezclas o productos químicos	3118
Aplicación de preparados para la cosmética	3119
Procesado industrial de alimentos mediante la adición de enzimas, espesantes, colorantes, conservantes, saborizantes, etc.	3120
Sacrificio, evisceración, despiece u otras operaciones en producción cárnica	3121
Asistencia a personas o animales y su procesamiento	3122
Manejo de muestras biológicas y trabajos de laboratorios clínicos o veterinarios	3123
Procesos de radiodiagnóstico o terapias con exposición a fuentes radiactivas (personas o animales)	3124
Otras causas derivadas de los procesos de trabajo	3199

3.2. HECHOS DERIVADOS DE OPERACIONES O ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO O LIMPIEZA	
Código no aplicable	3200
Reparación de averías o incidentes en equipos, maquinaria o instalaciones	3201
Mantenimiento o limpieza de equipos, maquinaria o instalaciones	3202
Operaciones de desinfección, desinsectación, desratización	3203
Procesos de desmantelamiento de instalaciones	3204
Otras causas derivadas de actividades de mantenimiento o limpieza	3299
3.3. HECHOS DERIVADOS DE PROCESOS DE INNOVACIÓN	
Código no aplicable	3300
Incorporación de nuevas materias primas, sustancias o productos de trabajo o su modificación	3301
Incorporación de nuevas tecnologías en el desarrollo de los procesos	3302
Implantación de nuevos procedimientos de trabajo	3303
Otras causas derivadas de procesos de innovación	3399
3.4. OTROS HECHOS RELACIONADOS CON LA CONTAMINACIÓN	
Código no aplicable	3400
Otros hechos no especificados	3499

TABLA 4: CÓDIGO DE LA FORMA DE CONTACTO, CONTAGIO, EXPOSICIÓN O FORMA DE SOBRECARGA	Código
Código no aplicable	4000
4.1. INHALACIÓN	
Código no aplicable	4100
Contaminación química por aerosoles o neblinas: Contaminación ambiental por agentes químicos debido a la formación de aerosoles o neblinas	4101
Contaminación biológica por aerosoles o neblinas: Contaminación ambiental o contagio por agentes biológicos debido a la formación de aerosoles	4102
Contaminación química por gases o humos: Contaminación ambiental por agentes químicos debido a la formación de gases o humos	4103
Contaminación química por vapores: Contaminación ambiental por agentes químicos debido a la formación de vapores	4104
Contaminación ambiental por formación de ambiente pulvígeno por sustancias de bajo peso molecular (metales, productos orgánicos, etc.)	4105
Contaminación ambiental por formación de ambiente pulvígeno por sustancias de alto peso molecular (polen, plantas, serrín, etc.)	4106
Contaminación ambiental o contagio por formación de ambiente pulvígeno de contenido biológico	4107
Presencia de productos químicos (sustancias o preparados) en el ambiente (tóxicos, irritantes, inflamables, etc...) en cualquier estado (polvos, vapores, gases, etc.), cuyo control o eliminación no está garantizado	4108
Posibilidad de contacto o mezcla de productos químicos (sustancias o preparados) incompatibles o que pueden generar una reacción con desprendimiento de productos tóxicos, corrosivos y/o calor	4109
Otras formas de inhalación de contaminantes químicos o biológicos	4199
4.2. CONTACTO	
Código no aplicable	4200
Contacto con agentes químicos debido a salpicaduras o derrames de productos en forma líquida	4201
Contacto con agentes químicos derivados de su manipulación o aplicación (catalizadores, aditivos, conservantes, barnices, tintes, etc.)	4202
Contacto por manipulación de productos metálicos o sus amalgamas	4203
Contacto por manipulación de productos plásticos	4204
Contacto por manipulación de maderas, plantas o productos de origen vegetal	4205
Contacto o contagio con agentes biológicos por la manipulación de materiales o especímenes infectados	4206
Contacto o contagio con agentes biológicos por la manipulación de materiales, especímenes o producto infectados de animales	4207
Contacto con riesgo de contagio por atención de personas enfermas o portadoras	4208
Contacto con riesgo de contagio por atención de animales enfermos o portadores	4209
Otras formas de contacto con agentes químicos o biológicos	4299

4.3. INOCULACIÓN	
Código no aplicable	4300
Contagio por inoculación debido al manejo de instrumentos cortopunzantes	4301
Contagio por picaduras o mordeduras de vectores transmisores de enfermedades	4302
Otras formas de inoculación	4399
4.4. EXPOSICIÓN DIRECTA	
Código no aplicable	4400
Ruido y vibraciones	
Exposición directa a ruido por manejo de máquinas o herramientas	4401
Exposición directa a vibraciones mano- brazo por manejo de máquinas o herramientas	4402
Exposición directa a vibraciones de cuerpo entero por trabajo en superficies o puestos generadoras de vibraciones (<i>Nota aclaratoria: las enfermedades causadas por esta transmisión de vibraciones están recogidas en el Anexo II del RD 1299/2006</i>)	4403
Radiaciones ionizantes	
Exposición directa a radiaciones ionizantes por trabajo de extracción de minerales radioactivos	4404
Exposición directa a radiaciones ionizantes por manejo de aparatos emisores de radiaciones ionizantes	4405
Exposición directa a radiaciones ionizantes por manejo de isótopos radioactivos	4406
Exposición directa a radiaciones ionizantes por manejo de material con contaminación radiactiva	4407
Radiaciones no ionizantes	
Exposición directa por trabajo con aparatos emisores de radiaciones ultravioleta (cámaras solares, lámparas germicidas, etc.)	4408
Exposición directa por trabajo con aparatos emisores de radiación láser	4409
Exposición directa a radiación solar	4410
Exposición directa en procesos que emitan energía radiante (soldadura de arco o xenón, colada de metales en fusión, colada de vidrio, focos)	4411
Otras formas de exposición directa a fuentes de emisión de contaminantes físicos	4499
4.5. EXPOSICIÓN INDIRECTA	
Código no aplicable	4400
Exposición indirecta a ruido por proximidad a procesos de trabajo o a instalaciones (compresores, generadores, etc.) con emisión de ruido	4501
Exposición indirecta a vibraciones de cuerpo entero por transmisión de vibraciones desde una instalación en proximidad	4502
Exposición indirecta a radiaciones ionizantes por trabajo subterráneo	4503
Exposición indirecta por trabajo en proximidad a fuentes emisoras de radiaciones ionizantes	4504
Exposición indirecta por proximidad de fuentes artificiales de emisión de radiaciones ultravioleta	4505
Otras formas de exposición indirecta a fuentes de emisión de contaminantes físicos	4599
4.6. FORMA DE SOBRECARGA	
Código no aplicable	4600
Exigencia de sobreesfuerzos debida al manejo manual de cargas	4601
Exigencia mantenida de realización de fuerza de agarre, presión o aprehensión sobre objetos	4602
Exigencia mantenida de realización de movimientos repetidos hombro, codo o muñeca	4603
Exigencia mantenida de realización de movimientos articulares extremos de muñeca, codo u hombro.	4604
Exigencia mantenida de realizar movimientos de elevación o alcance con el brazo	4605
Exigencia de mantener de forma continuada o repetida posturas que requieran el apoyo sobre articulaciones o supongan una presión mantenida sobre las mismas	4606
Exigencia de mantener de forma continuada posturas forzadas	4607
Exigencia para realizar movimientos de impacto o sacudida con el brazo	4608
Falta de pausas periódicas o de rotación de actividades	4609
Exigencia de un elevado ritmo de trabajo	4610
Exigencia de una elevada cantidad de trabajo	4611
Exigencia de mantener elevada la voz	4612
Exigencias ergonómicas combinadas de 2 factores	4613
Exigencias ergonómicas combinadas de 3 factores	4614
Exigencias ergonómicas combinadas de más de 3 factores	4615
Otras exigencias ergonómicas no especificadas	4699

TABLA 5: CAUSAS RELACIONADAS CON LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES		Código
Código no aplicable		5000
5.1. LUGAR DE TRABAJO		
Código no aplicable		5100
Formación de neblinas o aerosoles		5101
Presencia de gases o vapores		5102
Presencia de humos o polvo en suspensión		5103
Percepción de malos olores		5104
Deficiente ventilación natural		5105
Proximidad de fuentes de irradiación de Radiaciones ionizantes		5106
Proximidad de fuentes de irradiación de Radiaciones No ionizantes		5107
Proximidad de fuentes emisoras de ruidos		5108
Superficies de apoyo para el trabajo manual con transmisión de vibraciones		5109
Superficies para el trabajo de pie o sentado con transmisión de vibraciones		5110
Lugar de trabajo con climatización deficiente para el control de temperatura y humedad		5111
Presencia de humedades en paramentos (techos o paredes)		5112
Ausencia/deficiencia de protecciones para evitar la generación y propagación de agentes biológicos (estará incluida la ausencia/deficiencia de dispositivos de encapsulamiento de la fuente y en general de aquellos que eviten o minimicen la liberación de agentes)		5113
Otras causas relativas a los lugares de trabajo		5199
5.2. GESTIÓN DE LA PREVENCIÓN		
Código no aplicable		5200
Inexistencia o insuficiencia de un procedimiento que regule la realización de las actividades dirigidas a la identificación y evaluación de riesgos		5201
Inexistencia o deficiencia de un procedimiento que regule la planificación de la implantación de las medidas preventivas propuestas		5202
Procedimientos inexistentes, insuficientes o deficientes para informar a las personas trabajadoras de los riesgos y las medidas preventivas		5203
Procedimientos inexistentes, insuficientes o deficientes con relación con las instrucciones o métodos de trabajo y medidas preventivas		5204
Deficiencias en la organización de los recursos obligatorios (organización preventiva) para la realización de las actividades preventivas exigidas por la normativa		5205
Procedimientos inexistentes, insuficientes o deficientes para la coordinación de actividades realizadas por varias empresas		5206
Inadecuada política de compras desde el punto de vista de la prevención		5207
Sistema inadecuado de asignación de tareas por otras razones que no sean la falta de cualificación o experiencia		5208
No apreciar las características de especial sensibilidad de las personas trabajadoras para la realización de la tarea o en función de los riesgos		5209
Inexistencia o deficiencia de un procedimiento que regule la práctica de una Vigilancia de la Salud específica inicial a los riesgos de exposición		5210
Inexistencia o deficiencia de un procedimiento que regule la práctica de una Vigilancia de la Salud específica periódica a los riesgos de exposición		5211
Inexistencia o deficiencia de un procedimiento que regule la práctica de una Vigilancia de la Salud específica a la reincorporación tras periodos largos de ausencia al trabajo		5212
Inexistencia o deficiencia de un procedimiento de adaptación del puesto de trabajo		5213
Inexistencia o deficiencia de un registro actualizado de personas trabajadoras expuestas a sustancias cancerígenas		5214
Inexistencia de un registro de enfermedades profesionales		5215
Inexistencia o deficiencia de un procedimiento armonizado de investigación de enfermedades profesionales		5216
Deficiente integración de la prevención de riesgos laborales		5217
Otras causas relativas a la gestión de la prevención		5299
5.3. ACTIVIDADES PREVENTIVAS		
Código no aplicable		5300
No identificación del/de los riesgos que han causado la enfermedad profesional		5301

Medidas preventivas propuestas en la planificación derivada de la evaluación de riesgos insuficientes o inadecuadas, incluidas las referidas al plan de seguridad y salud en el trabajo en obras de construcción	5302
No ejecución de las medidas preventivas propuestas en la planificación derivada de la evaluación de riesgos	5303
Mantenimiento preventivo inexistente o inadecuado o falta de revisiones periódicas reglamentarias	5304
Formación/información inadecuada, inexistente sobre riesgos o medidas preventivas	5305
Inexistencia o inadecuación de plan y/o medidas de emergencia	5306
Inexistencia o inadecuación de medidas de protección colectiva	5307
No poner a disposición de los/as trabajadores/as las prendas o equipos de protección individual (EPI) necesarios o ser estos inadecuados o mal mantenidos, o no supervisar su correcta utilización.	5308
Vigilancia de la salud inadecuada a los riesgos del puesto de trabajo	5309
Asignación de tarea a una persona trabajadora con falta de cualificación o experiencia	5310
No identificación mediante etiquetado de muestras o especímenes infectados por agentes biológicos	5311
Existencia de productos químicos en envase sin etiquetado o con etiquetado inadecuado	5312
No existencia de hojas de seguridad del producto en castellano u otro idioma oficial	5313
Sustancias de uso restringido de acuerdo con el reglamento REACH con utilización que excede dicha restricción	5314
Deficiencias en relación con el reglamento CLP, REACH, RD 664/1997	5315
Otras causas relativas a las actividades preventivas	5399
5.4. OTRAS CAUSAS RELACIONADAS CON LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	
Código no aplicable	5400
Otras causas relativas a la gestión de la prevención	5499

TABLA 6: FACTORES PERSONALES/ INDIVIDUALES	Código
Código no aplicable	6000
6.1. FACTORES DE COMPORTAMIENTO	
Código no aplicable	6100
Realización de tareas no asignadas	6101
Incumplimiento de procedimientos e instrucciones de trabajo	6102
Incumplimiento de normas de prevención establecidas	6103
Uso indebido de materiales, herramientas o útiles de trabajo, puestos a disposición por la empresa	6104
Uso indebido, no utilización, retirada o anulación de medios de protección colectiva o dispositivos de seguridad	6105
No utilización o utilización indebida de equipos de protección individual puestos a disposición por la empresa y de uso obligatorio	6106
Permanencia de la persona trabajadora dentro de una zona peligrosa	6107
Uso indebido de sustancias o productos puestos a disposición por la empresa	6108
Otras causas relativas a los factores de comportamiento	6199
6.2. FACTORES INTRÍNSECOS O DE SALUD	
Código no aplicable	6200
Deficiente asimilación de órdenes recibidas	6201
Falta de cualificación y/o experiencia para la tarea realizada achacable a la persona trabajadora	6202
Persona trabajadora especialmente sensible para la exposición al riesgo relacionado con la enfermedad	6203
Otras causas relativas a los factores intrínsecos, de salud o capacidades	6299
6.3. OTRAS CAUSAS RELATIVAS A LOS FACTORES PERSONALES-INDIVIDUALES	
Código no aplicable	6300
Otras causas relativas a los factores personales-individuales	6399

TABLA 7: ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO		Código
Código no aplicable		7000
7.1. REALIZACIÓN DE LAS TAREAS		
Código no aplicable		7100
Operación inhabitual para la persona operaria que la realiza, sea ordinaria o esporádica		7101
Operación destinada a evitar averías o incidentes o recuperar incidentes		7102
Operación extraordinaria realizada en caso de incidentes, accidentes o emergencias		7103
Otras causas relativas a la organización de las tareas		7199
7.2. FORMACIÓN, INFORMACIÓN, INSTRUCCIONES y SEÑALIZACIÓN SOBRE LA TAREA		
Código no aplicable		7200
Deficiencias en el sistema de comunicación a nivel horizontal o vertical, incluyendo la incomprensión del idioma.		7201
Instrucciones inexistentes		7202
Instrucciones respecto a la tarea confusas, contradictorias o insuficientes		7203
Formación/información inadecuada o inexistente sobre la tarea		7204
Procedimientos inexistentes o insuficientes para formar o informar a las personas trabajadoras acerca de la utilización o manipulación de maquinaria, equipos, productos, sustancias, materias primas y útiles de trabajo		7205
Otras causas relativas a la formación, información, instrucciones y señalización sobre la tarea		7299
7.3. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO, UTILIZACIÓN O MANTENIMIENTO INADECUADO O DE MANERA NO PREVISTA POR EL FABRICANTE		
Código no aplicable		7300
No poner a disposición de las personas trabajadoras las máquinas, equipos y medios auxiliares necesarios o adecuados.		7301
Selección de máquinas o equipos no adecuados al trabajo a realizar		7302
Selección de útiles, herramientas y medios auxiliares no adecuados al trabajo a realizar		7303
Selección de materiales, productos o sustancias no adecuados al trabajo a realizar		7304
Utilización de la máquina de manera no prevista por el fabricante.		7305
Utilización de útiles, herramientas y medios auxiliares de manera no prevista por el fabricante.		7306
Utilización de materiales en general de manera no prevista por el fabricante.		7307
No comprobación del estado de las máquinas, herramientas, equipos o medios auxiliares antes de su utilización		7308
Ausencia de medios organizativos o procedimientos para la consignación de máquinas, instalaciones y lugares de trabajo.		7309
Otras causas relacionadas con la selección de equipos de trabajo, utilización o mantenimiento inadecuado o de manera no prevista por el/la fabricante		7399
7.4. OTRAS CAUSAS RELATIVAS A LA ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO		
Código no aplicable		7400
Otras causas relativas a la organización del trabajo		7499

4. VERIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN DE CAUSAS DE ENFERMEDAD PROFESIONAL: A PROPÓSITO DE UN CASO

Resumen del caso: Al servicio sanitario del servicio de prevención acude un trabajador que presenta una rinoconjuntivitis que atribuye a recientes cambios ocurridos en su puesto de trabajo.

De la entrevista con el trabajador destacamos que se trata de un varón de 37 años que trabaja desde hace 2 años en un laboratorio farmacéutico como cuidador de un animalario en el que están estabulados ratones, ratas y conejos. Su labor consiste en preparación y reparto de la alimentación de los animales, limpieza de las jaulas y transporte de los ejemplares a los laboratorios según solicitud de los/as investigadores/as. Su actividad

principal la realiza en la zona de estabulación y sala de limpieza. Nos informa de la introducción, hace 3 meses, de conejos como consecuencia de un nuevo ensayo de investigación.

4.2. Verificación y codificación de causas

GRUPO 1: Causas derivadas del agente.

- **Información recabada:** Con la finalidad de confirmar una sensibilización de origen profesional se solicita un **estudio inmunológico mediante inmunoblotting a proteínas presentes en la orina** de ratón, rata y conejo, resultando ser positivas para el conejo y quedando confirmado, por lo tanto, que el agente causante del cuadro es una proteína (sustancia de alto peso molecular) presente en la orina del conejo.

• Identificación de causas y asignación de código:

TABLA 1: Causas derivadas del agente	Código
Sustancias de alto peso molecular (sustancias de origen vegetal, animal, microorganismos, y sustancias enzimáticas de origen vegetal, animal y/o de microorganismos)	1160

GRUPO 2: Causas derivadas del tipo de producto y material contaminante.

- **Información recabada:** La confirmación de las pruebas de sensibilización señalan la orina del conejo como medio en el que se encuentra la proteína causante del cuadro. **Se trata, por lo tanto, de la exposición a un residuo de naturaleza sensibilizante.**

• Identificación de causas y asignación de código:

TABLA 2: Causas derivadas del tipo de producto y material contaminante	Código
Subproductos o residuos: Naturaleza tóxica, irritante, sensibilizante, infecciosa o radioactiva de subproductos o residuos	2205

GRUPO 3: Causas derivadas de la fuente de contaminación, infección, exposición o requerimientos de la tarea.

- **Información recabada:** En la entrevista, el trabajador nos confirma que su actividad laboral consiste en preparación y **reparto de la alimentación de los animales, limpieza de las jaulas** y transporte de los ejemplares a los laboratorios según solicitud del personal investigador. Nos señala que el volcado de las cubetas de las jaulas a las bolsas de residuos y su cierre produce polvo.

• Identificación de causas y asignación de código:

TABLA 3: Causas derivadas de la fuente de contaminación, infección, exposición o requerimientos de la tarea	Código
3.1. HECHOS DERIVADOS DE PROCESOS DE TRABAJO	
Asistencia a personas o animales y su procesamiento	3122
3.2. HECHOS DERIVADOS DE OPERACIONES O ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO O LIMPIEZA	
Mantenimiento o limpieza de equipos, maquinaria o instalaciones	3202

GRUPO 4: Causas derivadas de la forma de contacto, contagio, exposición o sobrecarga.

- **Información recabada:** La exposición al riesgo asociado a la enfermedad se produce por vía respiratoria al **inhalar polvo presente en el ambiente de trabajo** en cuya composición se encuentra la proteína causante del cuadro.

• Identificación de causas y asignación de código:

TABLA 4: Causas derivadas de la forma de contacto, contagio, exposición o sobrecarga	Código
4.1. INHALACIÓN	
Contaminación ambiental por formación de ambiente pulvígeno por sustancias de alto peso molecular (polen, plantas, serrín, etc.)	4106

GRUPO 5: Causas relacionadas con la prevención de riesgos laborales.

- **Información recabada:** El resultado de la visita al puesto de trabajo evidencia que en la sala de limpieza y de tratamiento de residuos se **percibe un fuerte olor a amoníaco** y una deficiente ventilación. De la observación de las tareas que desempeña el trabajador **se verifica la formación de polvo** en la operación de volcado de los excrementos de las cubetas de las jaulas sobre las bolsas de desecho y el cierre de las mismas.

De la documentación preventiva facilitada por la empresa se desprende:

- La modalidad preventiva es la de servicio de prevención propio, si bien la especialidad de Medicina del Trabajo la tiene concertada con un servicio de prevención ajeno (SPA).
- La evaluación de riesgos biológicos y la planificación de las medidas preventivas se ha realizado siguiendo la "Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos" del INSST.
- **No existe información en la evaluación de riesgos en relación con una posible exposición a sensibilizantes.**
- En relación con el puesto de trabajo de cuidador de animales, la evaluación de riesgos pone de manifiesto la **necesidad de mejorar la ventilación de la sala de limpieza, así como de emplear aspiradoras en la limpieza de las jaulas.**
- Para la tarea de limpieza de jaulas, al trabajador se le facilitan ropa de trabajo, guantes de látex y **mascarilla quirúrgica.**
- La información recogida en relación con la vigilancia de la salud pone de manifiesto:
 - En la vigilancia específica de la salud del trabajador se aplica el **protocolo de vigilancia sanitaria específica para AGENTES BIOLÓGICOS** del Ministerio de Sanidad, habiendo sido calificado de "apto" para desarrollar las tareas de su actual puesto de trabajo según el informe del examen médico. Sin embargo, **nunca se le ha aplicado el protocolo de vigilancia sanitaria específica de asma laboral** del Ministerio de Sanidad.
- En la entrevista con el trabajador, éste aporta un informe médico de baja por incapacidad temporal por contingencia común de rinoconjuntivitis emitido por su médico de familia, así como el **informe del servicio de alergología del hospital, en el que se especifica una sensibilización a gramíneas.**

• Identificación de causas y asignación de código:

TABLA 5: Causas relacionadas con la prevención de riesgos laborales	Código
5.1. CAUSAS RELACIONADAS CON LUGARES DE TRABAJO	
Presencia de gases o vapores	5102
Presencia de humos o polvo en suspensión	5103
5.2. GESTIÓN DE LA PREVENCIÓN	
No apreciar las características de especial sensibilidad de las personas trabajadoras para la realización de la tarea o en función de los riesgos	5209
Inexistencia o deficiencia de un procedimiento que regule la práctica de una vigilancia de la salud específica periódica a los riesgos de exposición	5211

5.3. ACTIVIDADES PREVENTIVAS	
No identificación del/de los riesgos que han causado la enfermedad profesional	5301
No ejecución de las medidas preventivas propuestas en la planificación derivada de la evaluación de riesgos	5303
Inexistencia o inadecuación de medidas de protección colectiva	5307
No poner a disposición de las personas trabajadoras las prendas o equipos de protección personal, EPI, necesarios o ser estos inadecuados o mal mantenidos, o no supervisar su correcta utilización	5308
Vigilancia de la salud inadecuada a los riesgos del puesto de trabajo	5309

GRUPO 6: Causas relacionadas con factores personales o individuales

- **Información recabada:** El informe médico del servicio de alergología del hospital especifica una sensibilización a gramíneas.
- **Identificación de causas y asignación de código**

TABLA 6: Causas relacionadas con factores personales o individuales	Código
6.2. FACTORES INTRÍNSECOS O DE SALUD	
Persona trabajadora especialmente sensible para la exposición al riesgo relacionado con la enfermedad	6203

GRUPO 7: Causas relacionadas con la organización del trabajo

- **Información recabada:** Las recomendaciones preventivas derivadas de la evaluación de riesgos ponen de manifiesto la **necesidad de emplear aspiradoras en la limpieza de las jaulas**.
- **Identificación de causas y asignación de código**

TABLA 7: Causas relacionadas con la organización del trabajo	Código
7.3 SELECCIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO, UTILIZACIÓN O MANTENIMIENTO INADECUADO O DE MANERA NO PREVISTA POR EL FABRICANTE	
No poner a disposición de las personas trabajadoras las máquinas, equipos y medios auxiliares necesarios o adecuados.	7301

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Organización Internacional del Trabajo. La Prevención de las Enfermedades Profesionales. Ginebra [Internet]. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo; 2013. [citado 26 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.ilo.org/es/publications/la-prevencion-de-las-enfermedades-profesionales>
- [2] Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. (Boletín Oficial del Estado, número 269, 10 de noviembre de 1995).
- [3] Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. (Boletín Oficial del Estado, número 27, 31 de enero de 1997).
- [4] Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social. (Boletín Oficial del Estado, número 261, 31 de octubre de 2015).
- [5] Unión Europea. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones COM (2021) 323 final; Marco estratégico de la UE en materia de salud y seguridad en el trabajo 2021-2027: La seguridad y la salud en el trabajo en un mundo laboral en constante transformación. Diario Oficial de la Unión Europea L 288, 11 de agosto de 2021.
- [6] Resolución de 20 de abril de 2023, de la Secretaría de Estado de Empleo y Economía Social, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 14 de marzo de 2023, por el que se aprueba la Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2023-2027. (Boletín Oficial del Estado, número 101, 28 de abril de 2023).
- [7] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Documento técnico 99.2:22 procedimiento de investigación de casos de enfermedades profesionales [Internet]. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo; 2022. [citado 1 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/2927460/Procedimiento+de+investigacion+de+casos+de+EP+2022.pdf/4efff37f-248f-ed02-61a7-c2744dcb8d62?version=1.0&t=1649777585252>
- [8] Legua Rodrigo, María Carmen. (2019) Concepto legal y concepto doctrinal de enfermedad profesional. Interpretación jurisprudencial de la lista de enfermedades profesionales del RD 1299/2006. Revista de Derecho de la Seguridad Social [Internet]. Septiembre 2019 [citado 3 de abril de 2024]; 20, 71-89. Disponible en: <https://revista.laborum.es/index.php/revsegsoc/article/view/365/410>

[9] Organización Internacional del Trabajo. Lista de enfermedades profesionales (revisada en 2010). Identificación y reconocimiento de las enfermedades profesionales: Criterios para incluir enfermedades en la lista de enfermedades profesionales de la OIT. Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, 2010 (Serie Seguridad y Salud en el Trabajo, núm. 74) [citado 3 de abril de 2024]. Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_150327.pdf

[10] Royo Bordonada MA, Damián Moreno J. Método epidemiológico [monografía en Internet]*. Instituto de Salud Carlos III. Escuela Nacional de Sanidad; 2009 [citado 5 de abril de 2024]. Disponible en: https://www.isciii.es/QuienesSomos/CentrosPropios/ENS/Documents/2009-0843_Manual_epidemiologico_ultimo_23-01-10.pdf

[11] Dirección General de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social. Guía Procedimental para la Investigación de los Accidentes de Trabajo [Internet]. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. [citado 5 de abril de 2024]. Disponible en: https://www.mites.gob.es/itss/ITSS/ITSS_Descargas/Atencion_ciudadano/Normativa_documentacion/Riesgos_laboral/1.5GUIA_Proced_Investigacion_Accidentes.pdf

[12] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2021). Ensayo de campo de un procedimiento de investigación de casos de enfermedades profesionales: informe general de resultados (documento inédito). Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.