

Seguridad y salud en el trabajo

Nº 122 • Febrero 2026

DIGITALIZACIÓN Y PRL:

nuevos retos y oportunidades



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL



Instituto Nacional de
Seguridad y Salud en el Trabajo

30 AÑOS de
PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

MADRID 10

Pasado
Presente
Futuro

#JornadasINSST



2026, Año de la Seguridad y Salud en el Trabajo

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo reforzará en 2026 su papel como referente en materia de prevención de riesgos laborales coincidiendo con la celebración del 30º aniversario de la entrada en vigor de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales, y la declaración institucional de 2026 como Año de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Esta iniciativa, aprobada por el Consejo de Ministros y Ministras, constituye un llamamiento al conjunto de la sociedad para redoblar los esfuerzos en materia preventiva, reforzar la cultura de la seguridad y la salud en el trabajo y dar respuesta a los retos persistentes y emergentes que afectan a las condiciones de trabajo, la salud de las personas trabajadoras y la sostenibilidad del empleo.

En este marco, el INSST orientará su actividad técnica y de cooperación hacia el cumplimiento de las prioridades recogidas en la Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2023-2027, entre ellas, la Agenda Nacional para la Prevención del Cáncer de Origen Profesional, el diagnóstico de la situación de la ergonomía en España, el desarrollo de herramientas de evaluación del riesgo de estrés térmico en trabajos en el exterior y la actualización de la herramienta de evaluación de riesgos psicosociales FPSICO. Todas estas iniciativas están orientadas a reforzar la prevención desde el conocimiento para hacer frente a los riesgos laborales actuales y situar a las personas trabajadoras en el centro de las políticas públicas.





EDITA

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

C/Torrelaguna, 73

28027 Madrid

Tfno: 91 363 41 00

E-mail: dpto.comunicacion@insst.mites.gob.es
revista@insst.mites.gob.es

Web: <http://www.insst.es>

DIRECTORA

Aitana Garí Pérez

CONSEJO EDITORIAL

Aitana Garí Pérez

Rubén Sebastián Carrasco Gomariz

Rosa Ana Cortés Barragán

Beatriz Diego Segura

Manuel Fidalgo Vega

Lydia López Sánchez

Rebeca Martín Andrés

Mª Luz Pérez Valverde

Marta Zimmermann Verdejo

CONSEJO DE REDACCIÓN

Marcos Cantalejo García

María Tamara Parra Merino

REALIZACIÓN EDITORIAL

PUBLICIDAD Y SUSCRIPCIONES

CYAN, Proyectos Editoriales, S.A.

C/Infanta Mercedes, 62

28020 Madrid

Tel: 915 320 504

e-mail: cyan@cyan.es

<http://www.cyan.es>

GESTIÓN COMERCIAL Y DE MARKETING

cyan@cyan.es

NIPO (en línea): 118-20-037-8

NIPO (pasa-páginas): 118-20-038-3

I.S.S.N.: 1886-6123

Las opiniones contenidas en los artículos publicados en la revista Seguridad y Salud en el Trabajo pertenecen a las personas que los han elaborado y no coinciden necesariamente con los criterios técnicos del INSST. Su inclusión en la revista responde a la voluntad de ofrecer al público la información más variada posible en materia de seguridad y salud en el trabajo. Queda prohibida la reproducción total o parcial con ánimo de lucro de los textos e ilustraciones sin previa autorización (RD Legislativo 1/1996, de 12 de abril, de Propiedad Intelectual).

04 EDITORIAL

Digitalización y prevención: nuevos retos y oportunidades

05 SECCIÓN TÉCNICA

¿Qué riesgos ergonómicos y psicosociales están más presentes en el colectivo de intérpretes de lengua de signos y guías-intérpretes?: una síntesis de la evidencia científica

Laura Gómez Armesto, Marina Ortiz López y Teresa Álvarez Bayona, Tatiana Cuervo Carabel, Guillermo García González, Eva González Menéndez, Rita Louzán Mariño y Natalia Orviz Martínez

Impacto de la hiperconectividad laboral en la salud mental: evidencias y desafíos

Laura Gómez Armesto y Marina Ortiz López, Guillermo García González, Eva González Menéndez, María Jesús López González, M.ª Luz Aránzazu García González y Fermín Torrano Montalvo

Autoconsumo fotovoltaico en cubierta: un reto para la seguridad y salud en el trabajo

Blanca Vázquez Izquierdo y José Ángel Sánchez Servate

Control biológico de la exposición a metales pesados de la población trabajadora en una planta de incineración de residuos sólidos urbanos

Rocío Guevara de Bonis

Riesgos psicosociales en el sector agrario

Soraya Herrera Luque, Iván Martínez del Cerro y Esther Duque Casas

Digitalización en el sector agrario. Implicaciones en la seguridad y salud en el trabajo

Esther Duque Casas e Iván Martínez del Cerro

Resultados de la encuesta sobre el estado actual de la robótica colaborativa en pymes en España

Emérita García Cañada e Ibon Unzueta Estébanez

Protocolo integral de tratamiento para exposiciones agudas a agentes químicos en entornos industriales: abordaje avanzado de quemaduras químicas e intoxicaciones en medicina del trabajo

Pablo Llamas Blázquez

Digitalización y prevención: nuevos retos y oportunidades

En el año 2025 la relación entre digitalización y seguridad y salud en el trabajo ha sido uno de los temas clave en el mundo de la prevención.

La PRL evoluciona y se enfrenta a retos y prioridades que cambian a medida que lo hace el mundo del trabajo. En los últimos años, el foco se ha puesto en el avance imparable de la transformación digital, no solo para el ámbito del trabajo, sino también en nuestras vidas fuera de él, en un modelo de conectividad casi permanente que se ha impuesto en nuestra sociedad.

Los efectos de la digitalización sobre la seguridad y salud en el trabajo son una preocupación internacional que ha suscitado acciones de relevancia como la campaña europea "Trabajos seguros y saludables en la era digital" que ha llevado a cabo la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (EU-OSHA) entre 2023 y 2025 y la campaña del Día Mundial de la Seguridad y la Salud en el Trabajo de 2025, de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), "Revolución de la seguridad y salud: Papel de la IA y la digitalización en el trabajo".

Hoy en día resulta casi imposible tener una actividad productiva sin conexión con la tecnología. Además, los cambios en las condiciones de trabajo hacen necesario adquirir continuamente nuevas competencias para continuar en el mercado laboral, incrementando el "estrés tecnológico". No solo eso, sino que las organizaciones han aumentado el uso de las herramientas digitales en su gestión. Así, el informe de la EU-OSHA "*OSH Pulse 2025 - Occupational safety and health in the era of climate and digital change*", señala que más de un tercio de las personas en toda la UE afirma que su organización utiliza dispositivos digitales para asignarles automáticamente tareas, tiempo de trabajo o turnos y una cuarta parte indica que se utilizan para supervisar o controlar su trabajo y comportamiento. En el ámbito preventivo, datos del *OSH pulse* europeo de 2025 reflejan que las tecnologías digitales se usan en un 18 % para supervisar ruidos, polvos o gases del entorno y que en un 7 % se usa para monitorizar frecuencia cardíaca, presión arterial o posturas.

Los cambios y retos que trae consigo la digitalización precisan de una revisión y adecuación de la normativa para garantizar la protección de las personas trabajadoras frente a los nuevos riesgos, de manera que asegure su uso de forma inclusiva, ética y que priorice siempre a las personas, garantizando que el progreso tecnológico esté orientado a la protección de los trabajadores y las trabajadoras.

La nueva normativa europea sobre IA, la de trabajadores de plataformas o la relativa a las máquinas, entre otras, tendrán sin duda un impacto positivo en los y las trabajadoras del presente y del futuro. Pero también urge que sean modificadas otras directivas europeas del ámbito de la SST, ya obsoletas, como la Directiva sobre equipos que incluyen pantallas de visualización y la Directiva de lugares de trabajo.

Desde el INSST, se está trabajando en reconocer y prevenir aquellos riesgos surgidos o agravados por la creciente digitalización, al tiempo que se busca identificar las posibilidades de las herramientas digitales en su aplicación con finalidad preventiva.

En esta revista se incluye una muestra de esas acciones en diferentes ámbitos: desde el uso de robots colaborativos, que evitan tareas pesadas o repetitivas, la digitalización en sectores específicos o los problemas derivados de la hiperconectividad. El INSST estudia estas cuestiones desde hace varios años y desde diferentes ópticas. Algunos ejemplos son los documentos disponibles en la web "La emergencia de riesgos psicosociales y el trabajo de plataformas digitales" o el más reciente "Análisis de escenarios futuros en seguridad y salud en el trabajo y propuesta de prioridades para gestionar la transformación digital en España", así como las jornadas que sobre estos aspectos se han desarrollado en los últimos años.

Si bien es crucial prestar atención a los riesgos emergentes que pueden surgir en nuestro cambiante entorno laboral, no podemos permitirnos olvidar los riesgos tradicionales, cuya presencia sigue siendo relevante. La transformación digital suma una serie de retos a los ya existentes para el mundo de la prevención, pero también abre un abanico de nuevas herramientas al alcance de los y las prevenciónistas que debemos aprender a aprovechar. ●

¿Qué riesgos ergonómicos y psicosociales están más presentes en el colectivo de intérpretes de lengua de signos y guías-intérpretes?: una síntesis de la evidencia científica

Laura Gómez Armesto, Marina Ortiz López y Teresa Álvarez Bayona

Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. INSST

Tatiana Cuervo Carabel, Guillermo García González, Eva González Menéndez, Rita Louzán Mariño y Natalia Orviz Martínez

Grupo de Investigación "Trabajo Líquido y Riesgos Emergentes en la Sociedad de la Información (TR3S-i)". Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)

Las personas que trabajan como intérpretes de lenguaje de signos (ILS) y como guías-intérpretes desempeñan un papel esencial en la accesibilidad y la comunicación de las personas sordas y sordociegas. Además, su trabajo conlleva una serie de desafíos que pueden afectar a su seguridad y salud, por lo que resulta fundamental analizar los riesgos a los que están expuestas, especialmente aquellos de naturaleza ergonómica y psicosocial.

Uno de los aspectos distintivos de este colectivo es la diversidad de entornos en los que desempeñan su labor. Además, su actividad se caracteriza por una elevada exigencia física y mental, ya que requiere un alto nivel de concentración y rapidez en los movimientos. Estas condiciones pueden influir tanto en su bienestar físico como mental, lo que refuerza la importancia de adoptar medidas preventivas adecuadas para proteger su seguridad y su salud.

En este sentido, la Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2023-2027 (EESST) enfatiza la necesidad de gestionar los riesgos emergentes derivados de las nuevas formas de organización del trabajo, poniendo especial énfasis en la prevención de riesgos psicosociales para la prevención del deterioro de la salud mental. Las personas intérpretes de lengua de signos no son una excepción, ya que su labor se

ha visto influenciada por la digitalización, la intensificación del trabajo y la creciente demanda de sus servicios en ámbitos cada vez más diversos, además del uso de pantallas de visualización para el desarrollo de su trabajo.

Además, al tratarse de una profesión altamente feminizada, el análisis de este colectivo contribuye al Objetivo 5 de la EESST, que busca integrar la perspectiva de género en la prevención de riesgos laborales. La carga mental, el estrés emocional y la precariedad laboral característicos de profesiones muy feminizadas son cuestiones que requieren un enfoque específico para garantizar condiciones de trabajo seguras y saludables. En este sentido, estudios como el de Woodcock y Fischer (2008), han señalado que las diferencias anatómicas entre mujeres y hombres pueden influir en la incidencia de los trastornos musculoesqueléticos (TME). En particular, dado que las mujeres suelen tener articulaciones más pequeñas que los hombres y representan la mayoría en este sector, esta característica podría ser un factor determinante en la prevalencia de los TME.

Por tanto, el presente artículo tiene como objetivo sintetizar la información recogida en el documento técnico *Riesgos ergonómicos y psicosociales en el colectivo de intérpretes de lengua de signos y guías-intérpretes*, elaborado por el INSST. En él se analiza y se organiza la información principal sobre los riesgos ergonómicos y psicosociales más frecuentes en las personas ILS y guías-intérpretes, así como las posibles consecuencias para su salud derivadas de una gestión preventiva inadecuada en estos ámbitos.

DEFINICIÓN DEL COLECTIVO Y ÁMBITOS DE ACTUACIÓN

Según la Ley 27/2007, de 23 de octubre, por la que se reconocen las lenguas de signos españolas y se regulan los medios de apoyo a la comunicación oral de las personas sordas, con discapacidad auditiva y sordociegas, se entiende como ILS “aquel profesional que interpreta y traduce la información de la lengua de signos a la lengua oral y escrita y viceversa, con el fin de asegurar la comunicación entre las personas sordas, con discapacidad auditiva y sordociegas, que sean usuarias de esta lengua, y su entorno social”. Y se define guía-intérprete como

“aquel profesional que desempeña la función de intérprete y guía de la persona sordociega, realizando las adaptaciones necesarias, sirviéndole de nexo con el entorno y facilitando su participación en igualdad de condiciones”. Ambas figuras se encuentran ligadas, de manera que se podría decir que la guía-interpretación es una especialización de la interpretación de lengua de signos, enfocada al trabajo con el colectivo de personas sordociegas.

El “Informe sobre el perfil profesional del especialista en lengua de signos española” (CNLSE¹, 2015a) subraya la diversidad de tareas que se realizan en la interpretación de lenguaje

1 [Centro de Normalización Lingüística de la Lengua de Signos Española](#) (CNLSE).



de signos y guía-interpretación, así como la variedad de entornos en los que trabajan. Su labor abarca desde la adaptación de la comunicación en diferentes contextos hasta la interpretación especializada para personas sordociegas, pasando por el análisis lingüístico, la preparación de textos y la aplicación de distintos modelos de traducción e interpretación.

Las personas ILS y guías-intérpretes trabajan en una amplia variedad de ámbitos, adaptándose a las necesidades comunicativas de las personas sordas, con discapacidad auditiva y sordociegas. Su labor abarca el ámbito jurídico, en el que intervienen en juicios, declaraciones y gestiones administrativas; el ámbito cultural, deportivo y de ocio, facilitando el acceso a eventos, a espectáculos y a actividades recreativas; y, el ámbito laboral, participando en entrevistas, en reuniones y en formación profesional. En el ámbito sanitario, prestan apoyo en consultas médicas, en la hospitalización y en la rehabilitación, entre otros. También desempeñan un papel clave en la educación, desde infantil hasta superior, así como en la formación para el empleo y en actividades académicas complementarias. En los medios de comunicación, intervienen en prensa, en radio, en televisión y en plataformas digitales. Otros entornos incluyen el religioso, el transporte, la Administración pública, la política y la participación ciudadana. Además, actúan en el ámbito social, asistiendo en servicios sociales, en la atención a personas en situación de violencia de género en distintos contextos o en centros de acogida, y en el ámbito internacional, facilitando la comunicación en conferencias, en reuniones y en eventos globales (CNLSE, 2015b).

Esta gran diversidad de entornos laborales y situaciones también implica enfrentarse a condiciones de trabajo muy diversas, que pueden variar según el ámbito de trabajo, el tipo de personas usuarias y las exigencias del entorno. En este sentido, es fundamental considerar los múltiples riesgos a los que están expuestas, teniendo en cuenta que los riesgos ergonómicos y psicosociales son los más prevalentes, pero sin olvidar los de tipo ambiental o de seguridad.

A medida que la sociedad avanza hacia una mayor inclusión, también crece la demanda de ILS y guías-intérpretes. Este incremento en la demanda, aunque refleja un avance positivo hacia la inclusión y la accesibilidad, ha puesto de manifiesto una serie de condiciones de trabajo que constituyen un riesgo para la seguridad y salud de este colectivo, afectando negativamente como se verá a continuación (Dean y Pollard, 2001; Fischer *et al.*, 2012; Roman *et al.*, 2022a).

LOS RIESGOS LABORALES MÁS COMUNES EN LA PROFESIÓN

Uno de los riesgos más señalados por la literatura científica a los que están expuestos estos profesionales, son los ergonómicos. Al requerir la realización de movimientos repetitivos en manos, muñecas y brazos, y mantener posturas estáticas durante períodos prolongados, se pueden producir daños en el sistema musculoesquelético (Jiménez-Arberas y Díez, 2022; Fischer *et al.*, 2012; Woodcock y Fischer, 2008).



Los principales estudios se centran en la parte ergonómica, pero no se debe perder de vista la trascendencia de la dimensión psicosocial (Adigun, 2019; Schwenke, 2015) y los riesgos que pueden aparecer. Ambos riesgos son un aspecto clave en este colectivo, ya que, en muchas ocasiones, prestan sus servicios en lugares de trabajo desconocidos, proporcionados o establecidos por el cliente. Esto puede conllevar un aumento en los factores de riesgo asociados al desconocimiento por parte del trabajador/a del entorno laboral donde desempeña su actividad. Por este motivo, es fundamental llevar a cabo una eficaz coordinación de actividades empresariales.

En definitiva y tomando como base la literatura científica que destaca como principales riesgos aquellos de índole ergonómica y psicosocial (Fischer *et al.*, 2012), es esencial abordar su gestión para garantizar la seguridad y la salud de estos profesionales. A continuación, se explican ambos tipos:

Riesgos ergonómicos

La interpretación es una ocupación propensa a lesiones musculoesqueléticas, principalmente por su exposición a movimientos repetitivos y a posturas forzadas, destacando además como algo específico de este colectivo que los gestos de las tareas no se ejercen sobre objetos o herramientas, sino que se realizan sobre el propio cuerpo o en el aire.

Un ejemplo de ello es el estudio de Feuerstein *et al.* (1992) en el cual se pone de manifiesto que aproximadamente el 69,60 %

de las personas intérpretes participantes manifestaron dolor en las extremidades superiores, y un 73,60 % dolor de cuello, debido a la repetición constante de movimientos y a la tensión sostenida en músculos y articulaciones.

Los **movimientos repetitivos** en este colectivo, aunque se concentran principalmente en los brazos y las manos, afectan igualmente a otras partes del cuerpo como los miembros superiores (dedos, manos, antebrazo y brazo), la cabeza y el cuello. La frecuencia de estos movimientos está estrechamente vinculada a la cantidad de tiempo y a la rapidez de discurso del hablante, entre otros factores. Estos movimientos incluyen repeticiones frecuentes de diversas posiciones de los dedos, rotaciones rápidas de las muñecas y movimientos de los miembros superiores en diferentes posiciones espaciales. Además, las expresiones faciales que acompañan a la interpretación suelen estar asociadas a movimientos del cuello y la cabeza.

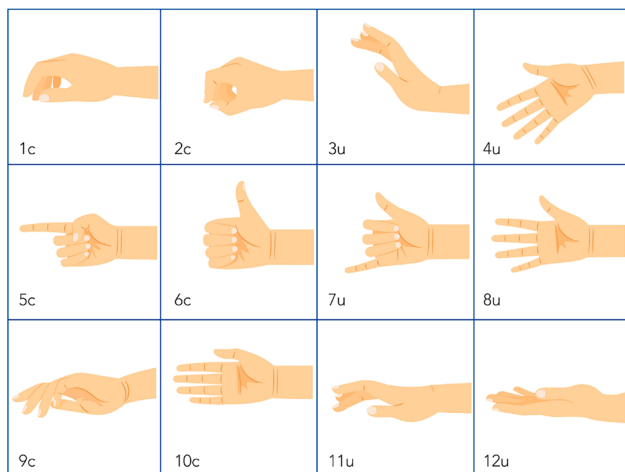
Qin *et al.* (2008) y Delisle *et al.* (2005) evaluaron la velocidad y la aceleración de la muñeca de las personas intérpretes y encontraron que, durante una sesión de interpretación, tanto la velocidad angular promedio como la aceleración de la articulación dominante de la muñeca exceden los umbrales de alto riesgo para la velocidad y aceleración, tal como la definen Marras y Schoenmarxlin (1993).

En un estudio del movimiento de muñeca y antebrazo de intérpretes de aula, Shealy *et al.* (1991) determinaron que, durante una tarea típica de 50 minutos, un/a intérprete realiza 13.500 movimientos, lo que se traduce en 270 movimientos por

minuto. Esto supera las recomendaciones propuestas por Marras y Schoenmarxlin (1993) de que una persona no debe realizar más de 13.000 movimientos de la mano durante una jornada de ocho horas.

Además, la posición habitual del cuerpo de la persona intérprete requiere el mantenimiento del antebrazo en pronación total, con la muñeca en pronación total, en posición de desviación cubital y extensión de la muñeca, mientras el codo está flexionado más de 90 grados. Esta combinación de posturas se ha relacionado con un mayor riesgo de trastornos de las extremidades superiores (Shealy *et al.*, 1991).

En la siguiente imagen se pueden observar diferentes ejemplos de posturas de las manos cómodas (c) e incómodas (u), según Rempel *et al.* (2014).

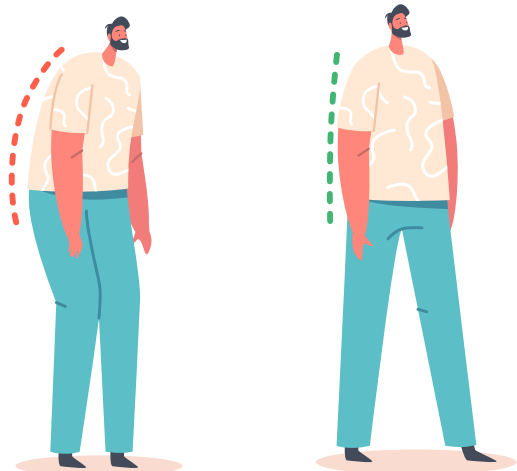


Por otro lado, el uso de dispositivos electrónicos móviles puede implicar movimientos repetitivos de las manos y ejercer fuerza en el agarre, lo que puede agravar el dolor en manos y muñecas. Algunos daños, como el síndrome del túnel carpiano (STC), la tenosinovitis o la epicondilitis, se han relacionado con el uso continuo y prolongado de estos dispositivos (González-Menéndez *et al.*, 2020; NTP 1150 del INSST). Además, muchos de los músculos necesarios para la interpretación también intervienen en el uso de estos dispositivos por lo que, en caso de dolor o malestar, se recomienda limitar su uso en cuanto a frecuencia y duración.

Otro factor de riesgo significativo es la adopción de **posturas forzadas y estáticas**, que pueden provocar una desviación excesiva de las posturas neutras o la permanencia en posturas estáticas. Entre estas posturas se incluyen la bipedestación prolongada, el sedentarismo durante largos periodos de tiempo y posturas inadecuadas frente a las pantallas de visualización.

Es importante señalar que no existe una única postura natural. Cuando se habla de posturas naturales o neutras, se hace referencia a aquellas que minimizan la tensión o presión sobre nervios, tendones, músculos y huesos, permitiendo un

funcionamiento óptimo de los músculos y una alineación adecuada de las articulaciones.



Los **entornos de trabajo no diseñados ergonómicamente** también pueden ser otro factor de riesgo. Por ejemplo, realizar interpretaciones en sillas inadecuadas, con falta de luz, con elementos de distracción, trabajo remoto, etc. (Criado, 2011; Roman *et al.*, 2022b; Roman y Samar, 2015). Estas circunstancias contribuyen a la adopción de malas posturas y al desarrollo de lesiones (Hulshof *et al.*, 2021).

Por último, se debe hacer referencia a la alta demanda de interpretación continua, sin pausas adecuadas para descansar y recuperarse. La presión para interpretar durante largas jornadas sin descanso puede llevar a una fatiga física significativa y aumentar la probabilidad de lesiones musculoesqueléticas (Crezee *et al.*, 2015; Scheuerle *et al.*, 2000).

Tanto los movimientos repetitivos como las posturas forzadas y sostenidas pueden tener **consecuencias** para la salud. Entre las más comunes se encuentran el dolor, la fatiga, y los trastornos musculoesqueléticos. Por ejemplo, pueden desarrollarse problemas como cervicalgias, tendinitis del manguito rotador, epicondilitis, síndrome del estrecho torácico, síndrome del túnel carpiano, tenosinovitis de extensores de mano y muñeca, bursitis, o síndrome del pronador redondo. Estas patologías, entre otras, pueden ser debilitantes y afectar significativamente a la capacidad de trabajo de las personas intérpretes (Feuerstein *et al.*, 1992; Jiménez-Arberas y Díez, 2022).

Con el fin de evitar estos riesgos y, por tanto, las consecuencias sobre la salud, es necesario hacer una adecuada gestión preventiva. En este sentido, por un lado, las **medidas preventivas frente a los movimientos repetitivos** incluyen diversas estrategias que buscan reducir el impacto en articulaciones y músculos, entre las cuales se incluyen las siguientes:

- Es importante actuar sobre la frecuencia de los movimientos, evitando repeticiones excesivas y distribuyendo el esfuerzo de manera equilibrada entre las diferentes articulaciones.
- Utilizar el antebrazo en lugar de las manos para realizar ciertos movimientos, ayudando a reducir la carga sobre las muñecas.
- Solicitar a la persona oradora que adecúe el ritmo de la interpretación para evitar la sobrecarga física.
- Evitar movimientos extremos y promover ángulos articulares funcionales, que son aquellos que minimizan el estrés en las articulaciones.
- Entrenar los patrones de movimiento, controlando la velocidad y los límites angulares para evitar un uso excesivo de las articulaciones.
- Controlar las fuerzas involucradas en los movimientos, evitando las altas aceleraciones, que pueden generar tensiones innecesarias en el cuerpo.

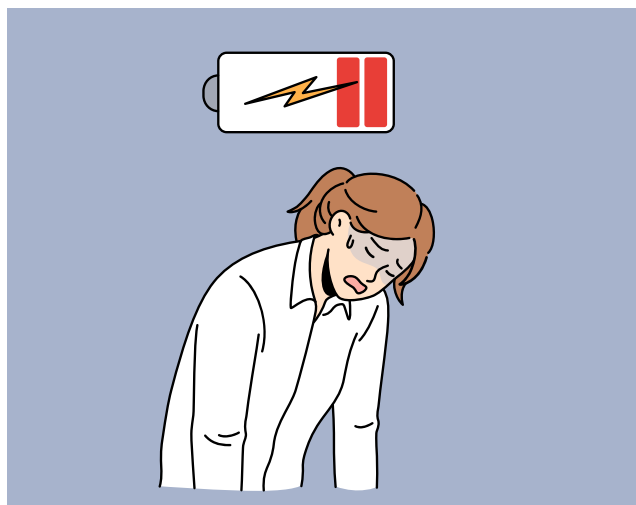
Por otro lado, las **medidas preventivas para evitar los riesgos asociados a las posturas estáticas y forzadas** incluyen una serie de prácticas que buscan reducir la fatiga y las tensiones musculares, de las que podemos destacar las siguientes:

- Limitar las exposiciones a posturas estáticas prolongadas: es esencial evitar mantener posturas estáticas durante largos períodos sin descanso, para reducir la fatiga y las tensiones musculares.
- Interpretación en equipo: distribuir la carga física entre varios/as intérpretes, con exposiciones máximas de 15 a 20 minutos por profesional, es una solución efectiva para prevenir las tensiones musculares.
- Favorecer las posturas naturales: adoptar posturas que mantengan el cuerpo en su alineación natural ayuda a evitar lesiones y reducir el estrés en músculos y articulaciones.
- Programar microdescansos durante la jornada laboral: incluir descansos breves a lo largo de la jornada es fundamental para aliviar tensiones y evitar la fatiga acumulada.
- Promover la realización de estiramientos y calentamiento previos: los estiramientos y el calentamiento son esenciales antes de iniciar la actividad, ya que preparan el cuerpo y reducen el riesgo de lesiones musculares.
- Formar e informar a todas las personas trabajadoras sobre los riesgos y medidas preventivas específicas de su puesto de trabajo: con especial atención a las posturas, a los movimientos repetitivos, así como a las pautas de calentamiento y estiramientos, entre otros.

Además, muchas de estas medidas también son eficaces para prevenir los riesgos derivados de los movimientos repetitivos.

Riesgos psicosociales

Además de los riesgos ergonómicos, este colectivo de profesionales está expuesto a diversos factores de riesgo psicosocial (Adigun, 2019; Bower, 2015; Woodcock y Fischer, 2008). Su trabajo implica una gran exigencia emocional, ya que deben conservar un alto grado de exactitud y fluidez mientras operan en entornos de intensa presión y fuerte impacto emocional, como hospitales, tribunales o situaciones de emergencia. Además, la interpretación en este tipo de entornos sensibles representa un desafío emocional significativo. Este colectivo se enfrenta con frecuencia a narraciones de crisis, abusos, delitos y otras situaciones dramáticas que pueden generar un alto impacto psicológico.



Este constante estado de alerta y la exposición a escenarios emocionalmente intensos puede generar elevados niveles de estrés y agotamiento emocional (Dean y Pollard, 2001).

Por otra parte, la interpretación simultánea también requiere una alta carga cognitiva, ya que deben escuchar, procesar y traducir información en tiempo real (Woodcock y Fischer, 2008). Este esfuerzo cognitivo constante puede llevar a la fatiga mental y al agotamiento (Guarinello *et al.*, 2017; Schwenke, 2015). En este sentido, el estrés crónico y la fatiga mental están presentes en esta profesión, agravados por la presión constante de tener que proporcionar interpretaciones precisas en tiempo real y la responsabilidad de ser un canal de comunicación imprescindible (Bower, 2015).

Otros factores de riesgo psicosocial a los que se exponen los/as ILS y los/as guías-intérpretes son el bajo apoyo social, la soledad y el aislamiento social, debido a que suelen trabajar de manera independiente y pueden sentirse desconectados/as de sus colegas y de las comunidades a las que sirven (Tyer, 2018). Este

aislamiento puede tener un impacto negativo en su bienestar emocional y en su calidad de vida. Como agravante, esta falta de apoyo social y de oportunidades para compartir experiencias y estrategias de afrontamiento con otros y otras intérpretes puede aumentar la sensación de soledad y el estrés relacionado con su trabajo (Dean y Pollard, 2013; Hetherington, 2012).

La literatura científica concluye que uno de los principales riesgos a los que se enfrentan tanto ILS como guías-intérpretes es el **estrés laboral**, que se origina por diversos factores. Entre ellos, destacan las altas demandas cuantitativas y cualitativas, que implican la necesidad de procesar y traducir grandes volúmenes de información en tiempo real con un alto nivel de precisión. También influye la falta de autonomía y control, ya que el colectivo tiene diversas limitaciones en la toma de decisiones sobre su carga y ritmo de trabajo. Asimismo, la falta de apoyo social es un factor relevante ya que, con frecuencia, experimentan una interacción reducida con compañeros y compañeras y suelen desempeñar su labor en entornos donde el contacto con otros profesionales es limitado. Por otro lado, otro de los riesgos a los que está expuesto este colectivo es el trauma vicario, también denominado fatiga por compasión, que refiere al desgaste psicológico emocional derivado de la exposición indirecta a los sucesos traumáticos (Alhawamdeh y Zhang, 2021; Woodcock y Fischer, 2008). Por ejemplo, la investigación de Knodel (2018) mostró como un 83 % de las personas de este colectivo manifestó haber experimentado trauma vicario como resultado de la interpretación en entornos de salud mental.

Además, este colectivo puede estar expuesto a situaciones de **violencia laboral**, derivadas de diversos factores que afectan a su seguridad y bienestar emocional (Woodcock y Fischer, 2008). Uno de los principales factores de riesgo es la prestación de servicios en entornos no controlados, como domicilios privados o espacios donde interactúan con usuarios y usuarias que presentan problemas de conducta. En estos contextos, la falta de medidas de seguridad puede incrementar la vulnerabilidad de las personas intérpretes.

También puede estar expuesto al abuso emocional, que incluye faltas de respeto, trato desconsiderado, mala educación y situaciones de discriminación por parte de clientes, de usuarios/as o incluso de compañeros/as de trabajo.

Por tanto, la exposición constante a altos niveles de estrés laboral, a sucesos traumáticos y a situaciones de violencia laboral, puede tener un impacto significativo en la salud de estas personas trabajadoras, afectando tanto su bienestar mental como físico.

Entre las principales consecuencias psicológicas se encuentran la ansiedad, la depresión y el estrés postraumático, que pueden surgir debido a la presión del trabajo y a la exposición a situaciones emocionalmente intensas. También es común la aparición de trastornos del sueño, baja autoestima y conductas adictivas como

mecanismos de afrontamiento. Además, pueden manifestarse síntomas como irritabilidad, tristeza y agotamiento extremo, lo que puede derivar en el síndrome de *burnout*. A largo plazo, los riesgos psicosociales pueden incrementar el riesgo de trastornos de salud mental, incluyendo ansiedad y depresión (Bower, 2015; Schwenke, 2015). El estrés laboral crónico o *burnout* en este colectivo está bien documentado; de hecho, la escasez de ILS y guías-intérpretes se atribuye tanto a la prevalencia de los trastornos físicos, como al agotamiento en la profesión (Schwenke, 2015; Qin *et al.*, 2008; Dean y Pollard, 2001).

Otro factor que también debería tenerse en cuenta en relación con la prevalencia del *burnout* es la modalidad de trabajo (Schwenke, 2015). Los resultados de algunas investigaciones indican que, a pesar de los beneficios que trae consigo el teletrabajo, también conlleva nuevos riesgos que deben gestionarse adecuadamente. Entre los principales aspectos negativos destacan el aislamiento, la hiperconexión digital, la dificultad para separar el trabajo de la vida personal, el aumento de la desmotivación y la sobrecarga tecnológica (Ingusci *et al.*, 2023; Asociación Nacional de Entidades Preventivas Acreditadas, 2022; Ipsen *et al.*, 2021).

Las **medidas preventivas para evitar las consecuencias de la exposición a los factores psicosociales de riesgo** incluyen una serie de prácticas que buscan minimizar los riesgos asociados al trabajo que desempeña este colectivo. Entre ellas, se destacan las siguientes:

- Incrementar la autonomía: dotar de mayor control sobre las tareas y el ritmo de trabajo les permitiría gestionar mejor su tiempo y condiciones de trabajo, lo que ayuda a reducir el estrés y mejorar el bienestar.
- Crear redes de apoyo social: fomentar la colaboración entre profesionales y crear espacios de apoyo mutuo es esencial para reducir el aislamiento y proporcionar respaldo emocional.
- Planificar los servicios gestionando la carga previsible e imprevista: una planificación adecuada anticipa las cargas de trabajo y les permite gestionar tanto situaciones previstas como imprevistas, minimizando el estrés.
- Interpretación en equipo: fomentar la interpretación en equipo facilita la distribución de la carga de trabajo, lo que reduce la presión individual y mejora la calidad del servicio.
- Establecer periodos de descanso cada 15-20 minutos: incluir descansos breves durante la jornada es crucial para prevenir la fatiga mental y física, manteniendo un rendimiento óptimo.
- Planes de contingencia para servicios en lugares aislados o domicilios privados: contar con protocolos y medidas de seguridad claras para servicios en entornos no controlados garantiza la seguridad del profesional.

- Interpretar en tercera persona: esta técnica ayuda a despersonalizar situaciones emocionalmente intensas, reduciendo el impacto emocional directo sobre la persona intérprete.
- Formación en gestión del tiempo: capacitar en gestión eficiente del tiempo permite equilibrar mejor las demandas laborales, reduciendo la sobrecarga y el estrés.
- Tomar conciencia de la propia salud mental y hacer ajustes necesarios: es fundamental que las personas intérpretes sean conscientes de su salud mental y que ajusten su carga de trabajo o busquen apoyo cuando sea necesario, para mantener un equilibrio saludable.

CONCLUSIONES

Los resultados de las investigaciones sobre los riesgos en el colectivo de ILS y guías-intérpretes han permitido identificar los factores de riesgo más relevantes en este grupo profesional, así como las principales consecuencias para su salud. Además, se han propuesto diversas medidas preventivas orientadas a garantizar su seguridad y su bienestar.

De acuerdo con el Rochester Institute of Technology (2008), esta profesión se encuentra entre las que presentan mayores niveles de riesgos ergonómicos. A partir de diversas investigaciones, se han identificado los factores de riesgo más significativos, que incluyen movimientos rápidos de las articulaciones de los dedos, rotaciones rápidas de las muñecas, posturas

estáticas mantenidas durante largos períodos y movimientos del cuello y la cabeza acompañados de expresiones faciales específicas.

En el ámbito psicosocial, los estresores también son múltiples, destacando las altas exigencias tanto cualitativas como cuantitativas, la falta de apoyo social, la carencia de control y autonomía, la insuficiente formación específica, el agotamiento emocional, la interpretación de relatos dramáticos, la prestación de servicios en entornos no conocidos sin supervisión adecuada y la exposición a faltas de respeto.

Estos factores de riesgo están estrechamente relacionados con diversas dolencias, tanto físicas como psíquicas, tales como síndrome del túnel carpiano, tendinitis, ansiedad, depresión y trastornos del sueño, entre otras.

Por último, al enfocarnos en las medidas preventivas que pueden mitigar los riesgos identificados, es importante señalar que, en ocasiones, no es posible eliminar completamente el riesgo ergonómico o psicosocial, debido a la naturaleza de la actividad. Sin embargo, sí es posible minimizar dicho riesgo actuando sobre la frecuencia de los movimientos, el ángulo de las articulaciones, la fuerza empleada en cada movimiento o sobre la autonomía y el apoyo social. En esta línea, resulta fundamental establecer descansos periódicos durante la jornada laboral, así como promover la alternancia entre ILS y guías-intérpretes, lo que permite reducir la carga física y mental asociada a la tarea interpretativa. ●

Referencias bibliográficas

1. Adigun, O. T. (2019). *Burnout among sign language interpreters in Africa. Journal of Gender, Information and Development in Africa (JGIDA)*, 8(3), 91-109.
2. Alhawamdeh, S., y Zhang, C. (2021). *Wellness of interpreters: Stress-related occupational hazards and possible solutions. New Voices in Translation Studies*, 24(1), 82-93. <https://doi.org/10.14456/nvts.2021.6>
3. Asociación Nacional de Entidades Preventivas Acreditadas, ANEPA (2022). Estudio de los efectos de la hiperconexión digital en la salud laboral de los trabajadores/as. Consejería de Economía, Hacienda y Empleo. Comunidad de Madrid. Disponible en: <https://gestion3.madrid.org/bvirtual/BVCM050781.pdf>
4. BOE (2023). Resolución de 20 de abril de 2023, de la Secretaría de Estado de Empleo y Economía Social, de 14 de marzo de 2023, por el que se aprueba la Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2023-2027. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-10283
5. Bower, K. (2015). *Stress and burnout in video relay service (VRS) interpreting. Journal of Interpretation*, 24(1), 2.
6. Crezee, I., Atkinson, D., Pask, R., Au, P., y Wong, S. (2015). *Teaching Interpreters About Self-Care. International Journal of Interpreter Education*, 7(1), 74-83. Disponible en: <https://tigerprints.demson.edu/ijie/vol7/iss1/7>
7. Criado, J. M. (2011). La interpretación de lengua de signos en España. En D. M. Sáez Rivera, J. Braga Riera, M. Abuján González, M. Guirao Ochoa, B. Soto Aranda y N. Maroto García (Ed.), *Últimas tendencias en traducción e interpretación* (V. 46). Iberoamericana Editorial Vervuert.
8. Dean, R. K., & Pollard, R. Q. (2013). *The demand control schema: Interpreting as a practice profession. North Charleston: CreateSpace Independent Publishing Platform*.
9. Dean, R. K., y Pollard Jr., R. Q. (2001). *Application of demand-control theory to sign language interpreting: Implications for stress and interpreter training. Journal of deaf studies and deaf education*, 6(1), 1-14. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/deafed/6.1.1>
10. Delisle, A., Larivière, C., Imbeau, D., y Durand, M. J. (2005). *Physical exposure of sign language interpreters: baseline measures and reliability analysis. European Journal of Applied Physiology*, 94, 448-460. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1316-5>
11. Feuerstein, M., y Fitzgerald, T. E. (1992). *Biomechanical factors affecting upper extremity cumulative trauma disorders in sign language interpreters. Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 34(3), 257-264. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/00043764-199203000-00009>

12. Fischer, S. L., Marshall, M. M., y Woodcock, K. (2012). *Musculoskeletal disorders in sign language interpreters: A systematic review and conceptual model of musculoskeletal disorder development*. *Work*, 42(2), 173-184. Disponible en: <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-1342>
13. Fischer, S. L., y Woodcock, K. (2012). *A cross-sectional survey of reported musculoskeletal pain, disorders, work volume and employment situation among sign language interpreters*. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42 (2012), 335-340. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2012.03.003>
14. González-Menéndez, E., López-González, M., González Menéndez, S., García González, G., & Álvarez Bayona, T. (2020). Principales consecuencias para la salud derivadas del uso continuado de nuevos dispositivos electrónicos con PVD. *Revista Española de Salud Pública*, 93, e201908062.
15. Guarinello, A. C., Rodrigues Lisboa, T., De Souza Pereira, A., Bispo, I., Teixeira Iachinski, L., y Mendes Marques, R. (2017). *Quality of life of sign language interpreters*. *Distúrbios Da Comunicação*, 29(3), 462-469. Disponible en: <https://doi.org/10.23925/2176-2724.2017v29i3p462-469>
16. Hetherington, A. (2012). *Supervision and the Interpreting Profession: Support and Accountability Through Reflective Practice*. *International Journal of Interpreter Education*, 4(1), 5. Disponible en: <https://tigerprints.clemson.edu/ijie/vol4/iss1/5>
17. Hulshof, C., Pega, F., Neupane, S., Colosio, C., Daams, J. G., Kc, P., Kuijer, P., Mandic-Rajcevic, S., Masci, F., van der Molen, H., Nygard C. H., Oakman, J., Proper, K. I., y Frings-Dresen, M. (2021). *The effect of occupational exposure to ergonomic risk factors on osteoarthritis of hip or knee and selected other musculoskeletal diseases: A systematic review and meta-analysis from the 239 WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury*. *Environment International*, 150 (106349), 1-23. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106349>
18. Ingusci, E., Signore, F., Cortese, C. G., Molino, M., Pasca, P., y Ciavolino, E. (2023). *Development and validation of the remote working benefits & disadvantages scale*. *Quality and Quantity*, 57(2), 1159-1183. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11135-022-01364-2>
19. Instituto Nacional de seguridad y Salud en el Trabajo (2020). NTP 1150: Riesgos ergonómicos en el uso de las nuevas tecnologías con pantallas de visualización. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/33-serie-ntp-numeros-1136-a-1151-ano-2020/ntp-1150-riesgos-ergonomicos-en-el-uso-de-las-nuevas-tecnologias-con-pantallas-de-visualizacion>
20. Ipsen, C., van Veldhoven, M., Kirchner, K., y Hansen, J. P. (2021). *Six key advantages and disadvantages of working from home in Europe during COVID-19*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1826. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph18041826>
21. Jiménez-Arberas, E., y Díez, E. (2022). *Musculoskeletal diseases and disorders in the upper limbs and health work-related quality of life in Spanish sign language interpreters and guide-interpreters*. *International journal of environmental research and public health*, 19(15), 9038. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph19159038>
22. Knodel, K. (2018). *Coping with Vicarious Trauma in Mental Health Interpreting*. *Journal of Interpretation*, 26(1), 2. Disponible en: <https://digitalcommons.unf.edu/joi/vol26/iss1/2>
23. Ley 27/2007, de 23 de octubre, por la que se reconocen las lenguas de signos españolas y se regulan los medios de apoyo a la comunicación oral de las personas sordas, con discapacidad auditiva y sordociegas. Boletín Oficial del Estado, núm. 255, 1-17. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/l/2007/10/23/27/con>
24. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado, núm. 269, 1-41. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/l/1995/11/08/31/con>
25. Marras, W. S., y Schoenmarxlin, R. W. (1993). *Wrist motions in industry*. *Ergonomics*, 36(4), 341-351. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00140139308967891>
26. Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030 (2023). Resolución de la Presidencia del Consejo Nacional de Discapacidad por la que se da publicidad al Acuerdo del Pleno del Consejo Nacional de Discapacidad por el que se aprueba el Marco Estratégico para la Protección, Promoción y Revitalización de la Lengua de Signos Española 2023-2030. Disponible en: <https://cnlse.es/es/recursos/publicaciones/resolucion-marco-estrategico-lengua-de-signos.pdf>
27. Qin, J., Marshall, M., Mozrall, J., y Marschark, M. (2008). *Effects of pace and stress on upper extremity kinematic responses in sign language interpreters*. *Ergonomics*, 51(3), 274-289. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00140130701617025>
28. Rempel, D., Camilleri, M. J., y Lee, D. L. (2014). *The design of hand gestures for human-computer interaction: Lessons from sign language interpreters*. *International journal of human-computer studies*, 72(10-11), 728-735. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2014.05.003>
29. Roman G., Samar V., Ossip D., McKee M., Barnett S., y Yousefi-Nooraie R. (2022b). *Ditching the Driving: A Cross-Sectional Study on the Determinants of Remote Work From Home for Sign Language Interpreters*. *Frontiers in Health Services*, 2, 882615. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/361393361_Ditching_the_Driving_A_Cross-Sectional_Study_on_the_Determinants_of_Remote_Work_From_Home_for_Sign_Language_Interpreters
30. Roman, G. A., y Samar, V. (2015). *Workstation ergonomics improves posture and reduces musculoskeletal pain in video interpreters*. *Journal of Interpretation*, 24(1), 7. Disponible en: <https://digitalcommons.unf.edu/joi/vol24/iss1/7/>
31. Roman, G., Samar, V., Ossip, D., McKee, M., Barnett, S., y Yousefi-Nooraie, R. (2022a). *Peer Reviewed: The Occupational Health and Safety of Sign Language Interpreters Working Remotely During the COVID-19 Pandemic*. *Preventing Chronic Disease*, 19. Disponible en: <https://doi.org/10.5888%2Fpcd.19.210462>
32. Scheuerle, J., Guilford, A. M., y Habal, M. B. (2000). *Work-related cumulative trauma disorders and interpreters for the deaf*. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 15(5), 429-434.
33. Schwenke, T. J. (2015). *Sign Language Interpreters and Burnout: Exploring Perfectionism and Coping*. *JADARA*, 49(2), 121-144.
34. Shealy, J., Feuerstein, M., y Latko, W. (1991). *Biomechanical analysis of upper extremity risk in Sign Language Interpreting*. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 1, 217-225. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF01073458>
35. Tyer, T. (2018). *Don't leave me hanging on the telephone: Telework, professional isolation and the work of video remote British Sign Language interpreters*. In J. Napier, R. Skinner, & S. Braun (Eds.), *Here or There: Research on interpreting via video link*: Gallaudet University Press.
36. Woodcock, K., y Fischer, S. L. (2008). *Occupational health and safety for sign language interpreters*. *Workplace Safety and Insurance Board Research Advisory Council Grant*, Ryerson University.

Impacto de la hiperconectividad laboral en la salud mental: evidencias y desafíos

Laura Gómez Armesto y Marina Ortiz López

Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. INSST

Guillermo García González, Eva González Menéndez, María Jesús López González, M.ª Luz Aránzazu García González y Fermín Torrano Montalvo

Grupo de Investigación "Trabajo Líquido y Riesgos Emergentes en la Sociedad de la Información (TR3S-i)". Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)

La hiperconectividad laboral representa un fenómeno en expansión que incide de manera significativa en la salud psicosocial de las personas trabajadoras. Su abordaje se ha consolidado como una de las prioridades establecidas en la Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2023-2027 (EESST).

Este artículo expone los principales resultados de una revisión bibliográfica, cuyo propósito ha sido establecer un marco conceptual riguroso sobre la hiperconectividad y su impacto en la salud mental de la población trabajadora. Los resultados identifican la existencia de conceptos afines como la tecnoinvasión, la telepresión o la conectividad constante, manifestando la falta de consenso sobre el concepto de hiperconectividad en el ámbito científico. Además, en la literatura se evidencia el uso extendido de herramientas de evaluación de elaboración propia. Asimismo, se analizan los principales factores psicosociales asociados a la hiperconectividad, tales como el tiempo de trabajo, la interfaz trabajo-familia, la autonomía y la carga de trabajo.

Resulta imprescindible abordar el estudio de los efectos de la hiperconectividad laboral, especialmente ante la proyección de crecimiento de las nuevas modalidades de trabajo, como el teletrabajo o los modelos híbridos. Aunque las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han contribuido positivamente a la transformación de los entornos laborales, su uso intensivo plantea desafíos relevantes para la salud mental de las personas trabajadoras, lo que exige una intervención preventiva desde la gestión de los riesgos psicosociales.



INTRODUCCIÓN: LA HIPERCONECTIVIDAD LABORAL COMO RIESGO EMERGENTE PARA LA SALUD MENTAL

La cuarta revolución industrial ha traído consigo la integración de las TIC en todos los ámbitos de la sociedad, modificando de forma sustancial los modelos laborales y sociales. El desarrollo tecnológico y la proliferación de nuevos dispositivos portátiles, como *smartphones* u ordenadores portátiles, ha generado nuevos patrones de comportamiento y ha dado lugar a un escenario diferente al de las décadas anteriores (INSSBT, 2018).

Este cambio ha transformado la forma en que se articulan las relaciones laborales y ha favorecido el surgimiento de nuevas modalidades de empleo, como el teletrabajo o los modelos híbridos. La pandemia de la COVID-19 aceleró esta evolución, consolidando la figura de las llamadas “personas trabajadoras híbridas” (EU-OSHA, 2023), quienes, gracias a las TIC, pueden desempeñar su actividad profesional en cualquier momento y lugar, gracias a la conectividad permanente. Sin embargo, esta digitalización no solo ha transformado la modalidad de trabajo, sino que también ha creado escenarios de riesgo psicosocial a los que se enfrentan las personas trabajadoras. La necesidad de adaptarse a herramientas digitales, algoritmos y sistemas de inteligencia artificial ha generado nuevas exigencias laborales, afectando a la calidad de vida y al bienestar emocional, repercutiendo directamente en la salud mental.

Ante esta realidad, la comunidad científica ha comenzado a analizar con mayor profundidad los efectos psicosociales asociados

a estos cambios tecnológicos dentro y fuera del entorno laboral (Mansour *et al.*, 2022). En este artículo se presentan los principales resultados de una revisión bibliográfica exhaustiva, con el fin de construir un marco teórico que permita comprender el fenómeno de la hiperconectividad y sus implicaciones para la salud mental.

El estudio de este fenómeno es una de las prioridades establecidas en la [Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2023-2027](#) (EESST), que reconoce la necesidad de anticiparse a los riesgos emergentes derivados de la digitalización. Dentro de sus objetivos estratégicos, se destaca el Objetivo 2, que hace referencia a la gestión del cambio organizacional como respuesta a las nuevas formas de trabajo y contempla, entre otras acciones, la línea de actuación 6, centrada de forma explícita en la salud mental.

METODOLOGÍA DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA: ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA Y CRITERIOS DE SELECCIÓN

La revisión bibliográfica efectuada tiene como objetivo principal analizar el concepto de hiperconectividad en el entorno laboral y su relación con la salud mental, identificando los factores de riesgo psicosocial asociados. Para ello, se ha seguido una metodología sistemática basada en el protocolo PRISMA (Page *et al.*, 2021) estructurada en tres fases principales: identificación, cribado e inclusión. La investigación se ha guiado por las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se define el concepto de hiperconectividad?
- ¿Cuáles son los factores de riesgo psicosocial asociados a la hiperconectividad?
- ¿Qué relación existe entre la hiperconectividad y la salud mental de las personas trabajadoras?

La estrategia de búsqueda incluyó la consulta en bases de datos científicas como WOS, Scopus, Proquest, Taylor y Francis y Dialnet. Asimismo, se recuperó literatura gris procedente de entidades

especializadas en seguridad y salud en el trabajo, tales como el propio Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), la Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y de Trabajo (Eurofound) y la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (EU-OSHA), entre otras.

La búsqueda se llevó a cabo durante la última semana de junio de 2024, utilizando operadores booleanos combinados con palabras clave relacionadas con el objeto de estudio, según se representa en la Figura 1. Los criterios de inclusión y exclusión se detallan en la Tabla 1.

Figura 1. Combinación de términos de búsqueda

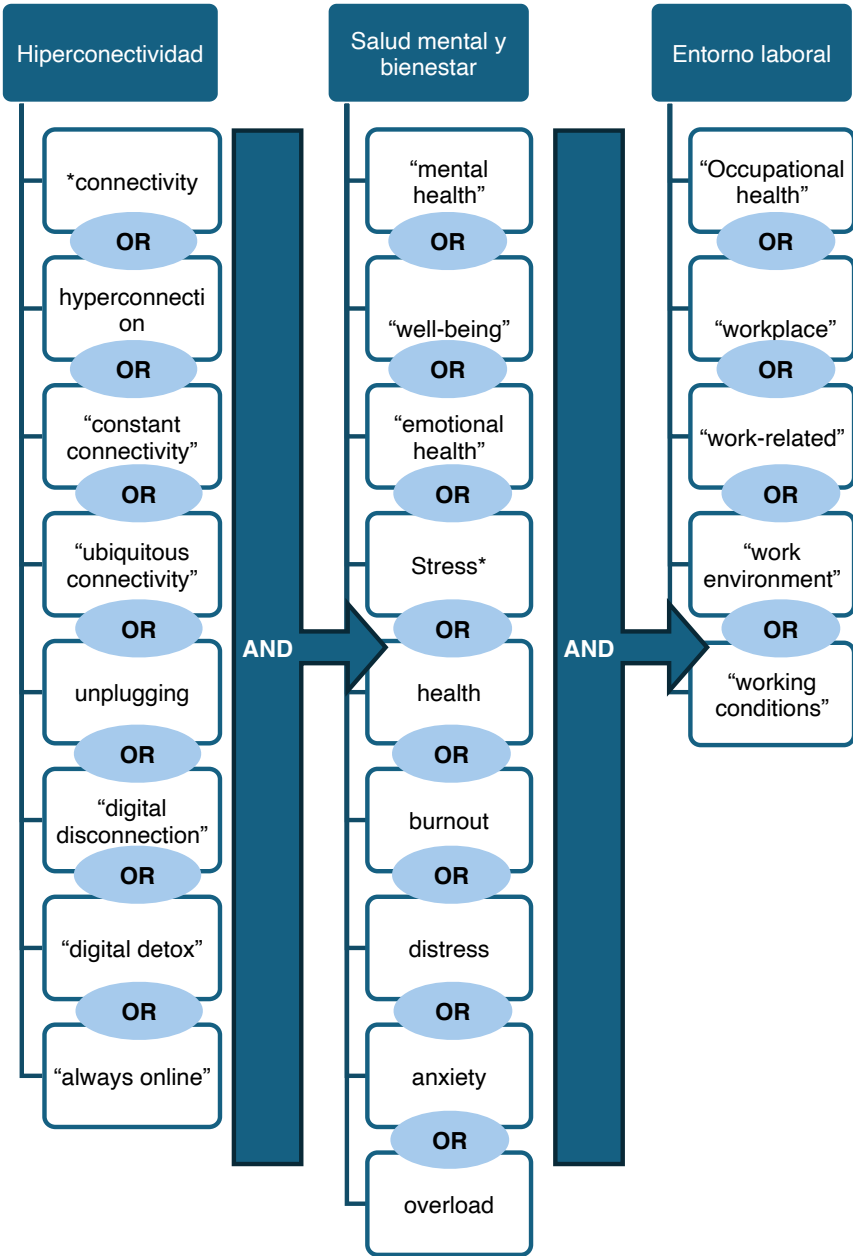


Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión de la literatura

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Tema: Hiperconectividad en el ámbito laboral	Tema: Estudios no relacionados con el ámbito laboral
Tipología: artículos científicos de metodología cualitativa y cuantitativa, capítulos de libros y documentos de organismos oficiales relacionados con la temática	Tipología: Actas, tesis doctorales, trabajos fin de grado, trabajos fin de máster, comunicaciones y póster enviados a congresos y material editorial
Lenguaje: Idiomas con resumen en inglés	Texto completo no recuperado
Periodo: 2004-junio 2024	Fuera del periodo indicado

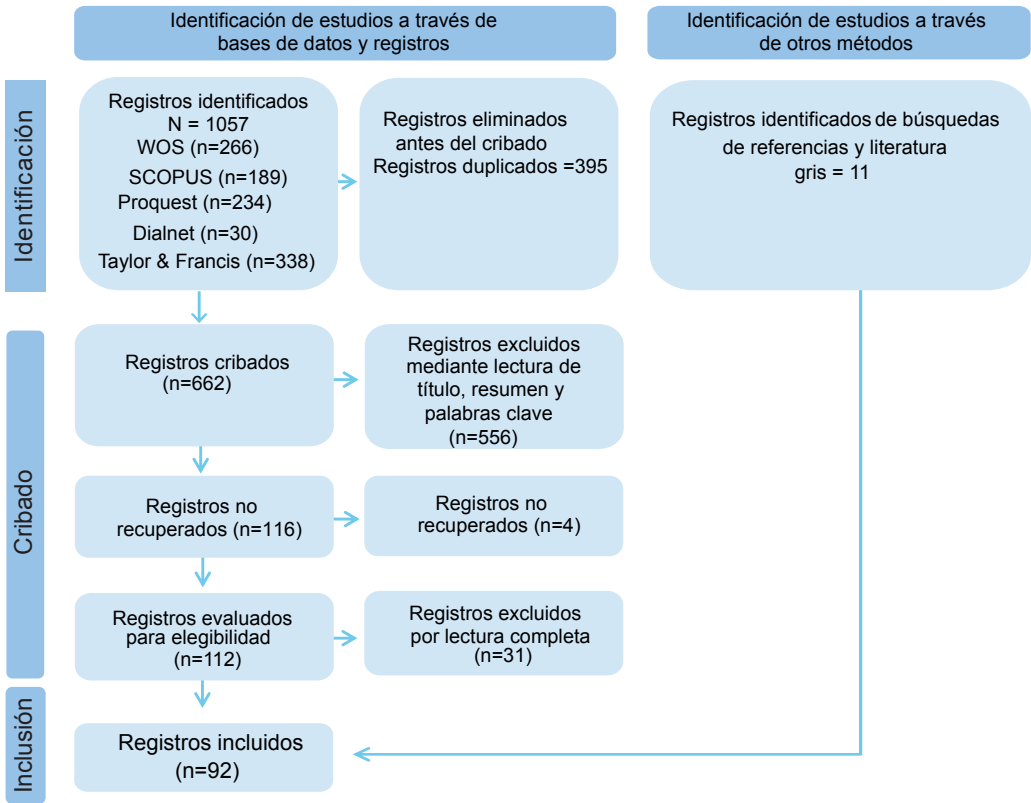
Tal y como se observa en la Figura 2, el proceso de revisión ha seguido 3 momentos distintos. En un primer momento, se identificaron un total de 1.057 artículos aplicando los filtros de exclusión referentes a la tipología. Todos los estudios fueron exportados a Mendeley con el objetivo de detectar y eliminar los archivos duplicados, retirando 395 artículos. Con la matriz resultante se efectuó la fase de cribado.

Para garantizar el cumplimiento de los criterios de elegibilidad, se examinaron los títulos, resúmenes y palabras clave de cada uno de los trabajos arrojados por la fórmula de búsqueda. En los casos en que estos elementos no permitían estimar la elegibilidad, se procedió a revisar el documento completo. En ambos casos fueron descartados todos los documentos no referidos a

la hiperconectividad y, también, los ajenos al ámbito laboral, por ejemplo: estudios sobre la hiperconectividad en adolescentes, en hogares, sobre estudiantes y redes sociales, etc. También se prescindió de cuatro artículos cuyo texto completo resultaba inaccesible debido a su idioma de publicación (lenguas del continente asiático).

Posteriormente se realizó una búsqueda manual fuera de las bases de datos que complementó la matriz con 11 nuevos registros. Estos registros proceden de 1) estudios extraídos de las referencias bibliográficas de varias publicaciones revisadas y 2) documentos publicados en español de organismos especializados, como el INSST o la Organización Internacional del Trabajo (OIT), entre otros.

Figura 2. Diagrama de flujo del procedimiento de revisión (PRISMA 2020)



Como resultado, se incluyeron 92 registros relevantes en la matriz final, que fueron objeto de un minucioso análisis que dio respuesta a las preguntas de investigación formuladas.

Para sistematizar los datos, se diseñó una hoja de cálculo en Excel con los siguientes campos:

1. variables relacionadas con la hiperconectividad y la salud mental,
2. factores de riesgo psicosocial identificados,
3. metodologías de evaluación empleadas, y
4. principales conclusiones.

Adicionalmente, se utilizó el *software* Bibliometrix para realizar un análisis bibliométrico a partir de las Keywords Plus, permitiendo generar gráficos de producción científica anual, nube de palabras clave y mapas de tendencias temáticas.

Los resultados de este proceso proporcionan una base sólida para la interpretación de los resultados y para la formulación de propuestas preventivas frente a este riesgo emergente.

MARCO CONCEPTUAL DE LA HIPERCONECTIVIDAD LABORAL: DIFICULTADES DE DEFINICIÓN Y CONCEPTOS RELACIONADOS

Actualmente, la literatura científica carece de una definición clara y ampliamente consensuada sobre este constructo de la hiperconectividad en el ámbito laboral. No obstante, se han desarrollado múltiples aproximaciones que permiten delimitar sus principales características e implicaciones. En términos generales, la hiperconexión se ha entendido como el desbordamiento y saturación de información, de solicitudes, de interacciones y de interrupciones derivadas del uso continuado de tecnologías digitales (Hofmann *et al.*, 2012).

A esta visión cuantitativa se suma una dimensión cualitativa centrada en la dificultad o incapacidad para desconectar, lo que convierte este fenómeno en una fuente sostenida de malestar y agotamiento psicológico para la persona (Laudren, 2021). Esta permanencia en estado de conexión responde tanto a exigencias externas, como expectativas organizacionales o demandas del entorno laboral, como a factores internos, por ejemplo, la autoimposición de estar disponible en todo momento.

Esta dificultad para desconectar no solo repercute en el bienestar psicológico, sino que también ha motivado el desarrollo de garantías legales específicas. En este sentido, la normativa vigente reconoce la obligatoriedad que tienen todas las empresas y organizaciones, tanto públicas como privadas, de garantizar el derecho a la desconexión digital de todas las personas trabajadoras (Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección



de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, y Ley 10/2021, de 9 de julio, de Trabajo a Distancia). Este derecho a la desconexión digital contribuye a salvaguardar el descanso, la intimidad personal y familiar, la conciliación y la protección eficaz de la seguridad y la salud de las personas trabajadoras.

Diversos estudios han señalado la relevancia de la ubicuidad u omnipresencia de las TIC como uno de los elementos centrales en la configuración de la hiperconectividad.

En este sentido, Hu *et al.* (2023) introducen el concepto de *conectividad ubicua*, que se aborda desde dos perspectivas:

- Desde la perspectiva técnica, definen la conectividad ubicua como la capacidad de la persona para acceder e interactuar con tecnologías de la información personales en cualquier momento y lugar.
- En cambio, desde la perspectiva social o interpersonal, la conectividad ubicua se refiere a la posibilidad de mantener interacciones continuas con otras personas a través de estos mismos dispositivos tecnológicos, sin restricciones de tiempo o espacio.

Esta doble capacidad de conexión con la tecnología y con otras personas, se ve potenciada por la portabilidad y la integración de los dispositivos en la vida cotidiana. Como resultado, las personas permanecen constantemente expuestas a demandas tanto laborales como sociales, lo que incrementa la presión y la carga asociadas a esta conectividad permanente.

En el contexto laboral, el concepto de hiperconectividad se entrelaza con una serie de términos afines que han ido emergiendo en la literatura científica y técnica, como trabajo complementario asistido por tecnología (Fenner y Renn, 2010), extensión del trabajo (Goñi-Legaz *et al.*, 2024), o telepresión en el lugar de trabajo (Barber y Santuzzi, 2015), entre otras.

Atendiendo a estas posibles acepciones de la hiperconectividad laboral, incluidas aquellas desarrolladas en el [“Estudio sobre la hiperconectividad y la salud mental en el ámbito laboral”](#), elaborado por el INSST, es posible identificar algunos de los principales atributos que la caracterizan. Estos atributos han servido como base para que diversas personas investigadoras desarrollen escalas orientadas a su medición e incluyen: la disponibilidad perpetua, la conexión permanente con la organización, el uso de las TIC y la posibilidad de trabajar más allá del horario laboral establecido (Büchler *et al.*, 2020; Derks, 2014; Jonušauskas y Raišienė, 2016; Kanwal y Isha, 2022; Mansour *et al.*, 2022; Morand *et al.*, 2023).

Sin embargo, hasta el momento no se ha consensuado una definición única de hiperconectividad laboral. Esto responde a la naturaleza compleja, emergente y multidimensional del fenómeno. La falta de una definición clara y compartida dificulta su comprensión integral y se ve agravada por la ausencia de un instrumento de medición validado y estandarizado. Esta carencia limita la posibilidad de comparar resultados entre investigaciones, así como de diseñar e implementar intervenciones efectivas en los entornos laborales.

Además, la falta de escalas validadas impide evaluar de forma precisa el impacto de la hiperconectividad en la salud mental o el bienestar de las personas trabajadoras, limitando así la capacidad de las organizaciones para diagnosticar y gestionar adecuadamente este factor de riesgo psicosocial emergente.

Ante la creciente complejidad del fenómeno, resulta necesario avanzar hacia una definición operativa del constructo de hiperconectividad laboral. Esta definición debe facilitar su evaluación rigurosa y la implementación de estrategias preventivas acordes con las nuevas formas de organización del trabajo.

FACTORES PSICOSOCIALES ASOCIADOS A LA HIPERCONECTIVIDAD LABORAL

Diversos estudios han destacado los beneficios del uso de las TIC, tanto a nivel organizacional (ahorro de costes, disminución del absentismo, mejora de la productividad) como a nivel individual (mayor autonomía, flexibilidad, conciliación familiar y satisfacción laboral) (Chang *et al.* 2021; EU-OSHA, 2021; Mansour y Tremblay, 2018; Schlachter *et al.*, 2018; Tavares, 2017). Sin embargo, en los últimos años, ha cobrado relevancia una creciente línea de investigación que advierte sobre lo que varios investigadores han denominado como “el lado oscuro de las TIC” (Salanova *et al.*, 2013), centrada en los riesgos psicosociales que su uso intensivo puede conllevar.

En este sentido, y según los resultados extraídos de la revisión bibliográfica, se identifican varios factores de riesgo psicosocial directamente relacionados con su uso (Morand *et al.*, 2023), entre los que destacan los siguientes:

Tiempo de trabajo

El uso intensivo de las TIC ha hecho que las personas trabajadoras estén más monitorizadas en cuanto a su control y rendimiento (Nansen *et al.*, 2010; O’Driscoll *et al.*, 2010). Esta situación ha propiciado una tendencia a prolongar la jornada laboral más allá de los límites contractuales (Grant *et al.*, 2013; Ingusci *et al.*, 2021), puesto que, en ocasiones, las personas trabajadoras perciben que su éxito profesional está vinculado a su continua visibilidad y disponibilidad digital (Barber y Santuzzi, 2015; He *et al.*, 2024). Es habitual que el fenómeno de “estar siempre conectado” se convierta en un requisito implícito en muchas organizaciones (Boswell y Olson-Buchanan, 2007).

Este fenómeno se materializa en el llamado “presentismo digital”, entendido como una forma de participación laboral que no necesariamente implica un mayor rendimiento, sino que opera como una estrategia para demostrar compromiso y mantener visibilidad dentro de la organización (Goñi-Legaz *et al.*, 2024). Asimismo, muchas personas mantienen encendido su dispositivo personal fuera del horario laboral para atender correos o mensajes relacionados con el trabajo (Derks *et al.*, 2016), intensificándose esta práctica cuando se utiliza un mismo dispositivo para fines personales y laborales, en lo que se conoce como BYOD (*Bring Your Own Device*).

Los estudios coinciden en la importancia de la desconexión mental del trabajo durante el tiempo libre para favorecer una recuperación adecuada (Büchler *et al.*, 2020; Siltaloppi *et al.*, 2009; Sonnentag y Bayer, 2005; Sonnentag *et al.*, 2010). La falta de esta desconexión puede derivar en fatiga crónica, deterioro del rendimiento y afectación de la salud mental.

Interfaz trabajo-familia

En diversos estudios se muestra que la conciliación mejora considerablemente gracias a la flexibilidad y autonomía proporcionada por las nuevas tecnologías. Pero también tiene su parte negativa, ya que la disponibilidad continua fomenta una cultura laboral en la que las fronteras entre el trabajo y la vida personal se vuelven difusas (Mazmanian *et al.*, 2013; Khalid *et al.*, 2022). Esta frontera cada vez más porosa puede generar insatisfacción, estrés y conflictos interpersonales, especialmente cuando las demandas laborales interfieren con el tiempo destinado a la vida familiar (Boswell y Olson-Buchanan, 2007; Díaz *et al.*, 2012; Kanwall y Isha, 2022).

La hiperconectividad fuera del horario laboral limita el tiempo y la energía necesaria para asumir las responsabilidades familiares (Mansour *et al.*, 2022). Este conflicto se ve especialmente acentuado en el caso de las mujeres, debido a la persistencia del rol social tradicional de cuidadora principal (Santos *et al.*, 2023).

Por otro lado, Nevin y Schieman (2020) evidenciaron que ser nativo/a digital no protege frente al conflicto trabajo-familia, ya

que incluso quienes han crecido en entornos tecnológicos muestran niveles similares de interferencia laboral en la vida privada que quienes han adoptado estas tecnologías en la adultez.

Autonomía

Como se ha dicho, el uso de las TIC proporciona una sensación de autonomía, a la par que intensifica las expectativas colectivas de una disponibilidad constante, reduciendo así la posibilidad de desconexión del entorno laboral (Cavazotte *et al.*, 2014).

Según Fenner y Renn (2010), esta expectativa produce una sensación de urgencia constante, reduciendo la capacidad de la persona trabajadora para establecer sus propios tiempos y definir prioridades en su trabajo. En consecuencia, tareas que antes podían realizarse de manera autónoma, con espacio para la reflexión y la planificación, son ahora interrumpidas por demandas imprevistas y plazos ajustados, limitando así la posibilidad de decidir sobre el uso del propio tiempo.

Aunque puede parecer que la flexibilidad digital otorga mayor libertad, en muchos contextos organizacionales se ha transformado en un mecanismo de supervisión constante y una carga psicosocial adicional. La expectativa de respuesta continua socava la capacidad de la plantilla para gestionar de forma autónoma su jornada, afectando negativamente tanto a su bienestar como a su rendimiento.

Carga de trabajo

Estar siempre conectado/a se asocia estrechamente con un incremento significativo de la carga de trabajo, tanto en su dimensión cuantitativa como cualitativa. La conexión continua genera interrupciones frecuentes, aparición de tareas inesperadas y urgentes, así como sobrecarga comunicacional, por ejemplo, el exceso de correos electrónicos tipo ping-pong (Fernández, 2017; INSST, 2023a). Esta situación deriva en una sobrecarga cognitiva que dificulta la priorización de tareas y afecta negativamente a la productividad.

Además de incrementar el volumen de tareas, la hiperconectividad aumenta la complejidad de filtrar y procesar la información relevante, fenómeno conocido como “infoxicación” (Eppler y Mengis, 2004; Tarafdar *et al.*, 2007). Barley *et al.* (2011) evidenciaron que, cuanto más tiempo pasaba la gente manejando el correo electrónico, mayor era su sensación de estar sobrecargada; sin embargo, a medida que procesaban más mensajes, también percibían una mayor capacidad para gestionarlos.

Por su parte, Derks *et al.* (2014) señalaron que el uso constante de teléfonos móviles fuera del horario laboral prolonga la jornada efectiva de trabajo, generando una sobrecarga que muchas veces no es percibida de forma inmediata. En una línea similar, Yin *et al.* (2023) encontraron que el uso rutinario de dispositivos

móviles de propiedad personal puede tener efectos mixtos: aunque aumenta el bienestar afectivo, es decir, la satisfacción laboral, también puede mitigar el bienestar cognitivo al intensificar la sobrecarga tecnológica.

Fenner y Renn (2010) encontraron que muchas personas trabajadoras experimentan una presión interna por cumplir con las expectativas asociadas a la conectividad y disponibilidad constante, lo que les lleva a asumir un volumen de trabajo que excede lo razonable. Este fenómeno se intensifica con la tecno-invasión (Tarafdar *et al.*, 2011), es decir, la necesidad de responder de manera constante a correos, mensajes o solicitudes mientras se realizan otras tareas, lo que fragmenta la atención, interrumpe los procesos y contribuye a la percepción de sobrecarga.

Las interrupciones continuas generan importantes efectos sobre el rendimiento laboral al afectar a la capacidad de las personas empleadas para concentrarse y completar sus tareas. Según Baethge y Rigotti (2013), estas interrupciones aumentan el tiempo necesario para completar las tareas, debido al esfuerzo cognitivo requerido para recuperar la concentración. Czerwinski *et al.* (2004) complementan esta idea, al demostrar que el cambio frecuente entre tareas digitales reduce la eficiencia y provoca la sensación persistente de que el tiempo disponible no es suficiente.

Por otro lado, el acceso continuo a la información y la posibilidad de gestionar múltiples plataformas y herramientas digitales obliga a que las personas empleadas deban aprender nuevas habilidades y manejar varias tecnologías. Según Ragu-Nathan *et al.* (2008), este fenómeno, conocido como “tecno-complejidad”, aumenta el nivel de exigencia cualitativa, ya que las personas deben actualizar continuamente sus conocimientos y adaptarse a las nuevas herramientas tecnológicas, lo que incrementa su carga mental.

La hiperconectividad laboral tiene un impacto profundo y multifacético en la carga de trabajo percibida por las personas trabajadoras. Al extender la jornada laboral, al multiplicar las demandas, al aumentar las interrupciones y al acelerar los ritmos de trabajo, se genera una sobrecarga cuantitativa (más tareas por realizar) y cualitativa (aumento de la complejidad y la demanda cognitiva).

Relaciones y apoyo social

La hiperconectividad, centrada en la comunicación digital (correos, mensajes, videollamadas, entre otros), tiende a sustituir las interacciones cara a cara, lo que puede llevar a relaciones más impersonales y menos profundas entre los compañeros y compañeras de trabajo. Derks *et al.* (2014) muestran que los mensajes electrónicos tienden a ser más directos y funcionales, lo que limita la expresión de empatía y apoyo emocional, debilitando el apoyo social efectivo. Además, la presión por responder

de inmediato, incluso fuera del horario laboral, puede generar conflictos o tensiones con compañeras, compañeros y superiores/as, afectando negativamente al clima social (Mazmanian *et al.*, 2013).

Las personas trabajadoras que dependen exclusivamente de las TIC para mantener el contacto con sus compañeros y compañeras experimentan una mayor sensación de soledad y aislamiento social (Golden *et al.* 2008; Eurofound 2020a). Este aislamiento puede afectar negativamente tanto al apoyo social percibido como a la cohesión del equipo.

Las redes de apoyo social se desarrollan a partir de interacciones frecuentes, tanto estructuradas como espontáneas. Sin embargo, la hiperconectividad tiende a debilitar estos lazos, al limitar los encuentros informales en espacios compartidos, como pasillos o áreas comunes, reduciendo así las oportunidades para establecer y sostener vínculos de apoyo entre compañeros y compañeras.

Independientemente de los resultados obtenidos en la revisión bibliográfica, es importante destacar que un estilo de gestión marcado por un control intrusivo y una supervisión persistente puede crear un ambiente laboral tóxico y, en ocasiones, cruzar la línea hacia el ciberacoso (Eurofound, 2024).

EFFECTOS DE LA HIPERCONECTIVIDAD EN LA SALUD MENTAL DE LAS PERSONAS TRABAJADORAS

Según los artículos revisados, los efectos de la hiperconectividad en la salud mental de las personas trabajadoras son muy diversos.

Como ya se ha mencionado, el uso constante de dispositivos electrónicos está asociado con la realización de múltiples tareas simultáneas, lo que sobrecarga el sistema cognitivo. Investigaciones como las de Dux *et al.* (2006) y Pikos (2017) han demostrado que la multitarea digital reduce la eficacia y aumenta los niveles de agotamiento y estrés.

Está demostrado que el estrés ha aumentado notablemente en sus manifestaciones vinculadas al uso intensivo de las nuevas tecnologías, dando lugar a formas específicas como el tecnoestrés, que incluye la tecnoansiedad, la tecnofatiga y la tecnoadicción.

Salanova concluye que el tecnoestrés, definido como un estado psicológico negativo relacionado con el uso real o anticipado de las TIC, surge del desequilibrio percibido entre las demandas tecnológicas y los recursos disponibles para gestionarlas. Dicho desequilibrio genera una activación psicofisiológica desagradable, acompañada de síntomas emocionales, ansiedad y actitudes negativas hacia la tecnología (Salanova, 2003, p. 231).

Los factores que caracterizan al tecnoestrés incluyen una elevada demanda tecnológica, un escaso control en los niveles individual, organizativo y social, así como unos recursos personales insuficientes, lo que contribuye a una espiral de desgaste cada vez más profunda. Según Salanova *et al.* (2006), este tipo de estrés puede derivar tanto en el rechazo de las tecnologías como en una dependencia excesiva. La tecnofatiga se manifiesta en forma de saturación, cansancio mental, dificultad para tomar decisiones y ansiedad; mientras que la tecnoadicción conlleva un uso compulsivo e incontrolado de dispositivos, afectando gravemente a la capacidad de desconexión y a la vida personal. Aunque la tecnoadicción aún no está incluida en manuales diagnósticos oficiales como el DSM-5-TR (Asociación Estadounidense de Psiquiatría, 2022), estudios recientes como el de Villavicencio-Ayub *et al.* (2024) evidencian su asociación con el deterioro de la salud física y emocional de las personas trabajadoras.

En paralelo, la exposición constante a estímulos digitales ha sido relacionada con un aumento de la ansiedad, el agotamiento psicológico y la alteración de los ritmos de sueño. La llamada telepresión, definida como la presión psicológica por responder de forma inmediata a mensajes y correos electrónicos laborales, ha sido reconocida como un factor que incrementa la ansiedad por generar una respuesta rápida y la angustia por la espera de una respuesta (Barber y Santuzzi, 2015; He *et al.*, 2024). De hecho, diversos estudios muestran cómo esta hiperconectividad contribuye al desequilibrio entre las demandas laborales y la autonomía, generando conflictos trabajo-familia y potenciando los efectos negativos en la salud y el bienestar (Kanwal e Isha, 2022).

El insomnio es otro de los trastornos más frecuentes asociados al uso excesivo de dispositivos digitales. La exposición prolongada a la luz azul emitida por las pantallas afecta a la producción de melatonina, una hormona clave en la regulación del sueño. Estudios como los de Wood *et al.* (2013) revelan que este tipo de exposición puede reducir los niveles de melatonina en hasta un 22 %, alterando el reloj biológico y afectando a la calidad del descanso. La falta de sueño se traduce en somnolencia diurna, dificultad para concentrarse, irritabilidad y otros síntomas que impactan directamente en el rendimiento y en la salud mental (Asociación Estadounidense de Psiquiatría, 2013).

El desgaste emocional acumulado, derivado de la hiperconexión constante, puede desembocar en el síndrome de burnout, definido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como el resultado del estrés crónico no gestionado con éxito en el lugar de trabajo (OMS, 2022). Este síndrome ha cobrado especial relevancia en sectores como el educativo, donde la digitalización acelerada ha provocado altos niveles de tecnoestrés (Zavala *et al.*, 2023).

A ello se suma el impacto del aislamiento social, una consecuencia frecuente del trabajo remoto. La reducción de interacciones sociales en contextos informales disminuye las oportunidades de crear vínculos de apoyo, lo que incrementa el riesgo de soledad, de estrés crónico y de depresión (Johnson *et al.*, 2020).

Se ha podido evidenciar que la hiperconectividad laboral se asocia con un conjunto de factores de riesgo psicosocial que afectan a la salud mental de las personas trabajadoras. Factores como la extensión de la jornada laboral, la sobrecarga de trabajo, la difuminación de los límites entre trabajo y vida personal, las interrupciones constantes y la expectativa de disponibilidad permanente pueden contribuir al tecnoestrés, el *burnout* y la incapacidad de desconexión, todos ellos con efectos adversos sobre la productividad, el bienestar y la satisfacción laboral.

La hiperconectividad en el trabajo ha surgido como un fenómeno complejo que, si bien ofrece ciertos beneficios, como una mayor flexibilidad y comunicación instantánea, plantea también

importantes desafíos relacionados con la gestión del tiempo, el equilibrio entre vida personal y profesional y la salud mental de las personas trabajadoras.

Aunque las TIC han transformado positivamente el ámbito profesional, su uso excesivo representa un reto significativo para la salud mental de las personas trabajadoras.

Por ello, resulta imprescindible abordar este nuevo riesgo emergente mediante estrategias preventivas integrales, ajustadas a la realidad digital del entorno laboral contemporáneo, especialmente considerando el crecimiento proyectado de estas modalidades de trabajo en el futuro cercano. ●

■ Referencias bibliográficas ■

1. Association, N. A. P. (2022). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*. Disponible en: <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425787>
2. Baethge, A., y Rigotti, T. (2013). Interrupciones del flujo de trabajo: su relación con la irritación y la satisfacción con el rendimiento, y los roles mediadores de la presión del tiempo y las exigencias mentales. *Trabajo y estrés*, 27(1), 43–63. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/02678373.2013.761783>
3. Barber, L. K., y Santuzzi, A. M. (2015). *Please respond ASAP: Workplace telepressure and employee recovery*. *Journal of Occupational Health Psychology*, 20(2), 172.
4. Barley, S. R., Meyerson, D. E., y Grodal, S. (2011). *E-mail as a source and symbol of stress*. *Organization Science*, 22(4), 887–906.
5. Boswell, W. R., y Olson-Buchanan, J. B. (2007). *The use of communication technologies after hours: The role of work attitudes and work-life conflict*. *Journal of management*, 33(4), 592-610. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0149206307302552>
6. Büchler, N., Ter Hoeven, C. L., y Van Zoonen, W. (2020). *Understanding constant connectivity to work: How and for whom is constant connectivity related to employee well-being?* *Information and Organization*, 30(3), 100302. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2020.100302>
7. Cavazotte, F., Heloisa Lemos, A., y Villadsen, K. (2014). *Corporate smart phones: Professionals' conscious engagement in escalating work connectivity*. *New Technology, Work and Employment*, 29(1), 72-87. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ntwe.12022>
8. Chang, Y., Chien, C., y Shen, L. F., 2021. *Telecommuting during the coronavirus pandemic: Future time orientation as a mediator between proactive coping and perceived work productivity in two cultural samples*. *Personality and Individual Differences*, 171, 1-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.paid.2020.110508>
9. Czerwinski, M., Horvitz, E., y Wilhite, S. (2004, April). *A diary study of task switching and interruptions*. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 175-182). Disponible en: <https://doi.org/10.1145/985692.985715>
10. Derks, D., Bakker, A. B., Peters, P., y van Wingerden, P. (2016). *Work-related smartphone use, work-family conflict and family role performance: The role of segmentation preference*. *Human relations*, 69(5), 1045-1068. Disponible en: <https://psyc-net.apa.org/record/2016-21776-001>
11. Derks, D., y Bakker, A. B. (2014). *Smartphone use, work-home interference, and burnout: A diary study on the role of recovery*. *Applied Psychology*, 63(3), 411-440. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1464-0597.2012.00530.x>
12. Díaz, I., Chiaburu, D. S., Zimmerman, R. D., y Boswell, W. R. (2012). *Communication technology: Pros and cons of constant connection to work*. *Journal of Vocational Behavior*, 80(2), 500-508. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2011.08.007>
13. Dux, P. E., Ivanoff, J., Asplund, C. L. y Marois, R. (2006). *Isolation of a Central Bottleneck of Information Processing with time-resolved fMRI*. *Neuron* [en línea], 52(6), 1109-1120. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2006.11.009>
14. Eppler, Martin J. y Mengis, Jeanne. (2004). *The Concept of Information Overload: A Review of Literature from Organization Science, Accounting, Marketing, MIS, and Related Disciplines*. *The Information Society*, 20(5), 325–344. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/01972240490507974>
15. Eurofound (2020a). *Living, working and COVID-19, COVID-19 series*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. Disponible en: <https://www.eurofound.europa.eu/system/files/2020-10/ef20059en.pdf>
16. Eurofound (2024). *Micromanagement in the digital age: A form of (cyber)bullying?* Disponible en: <https://www.eurofound.europa.eu/en/publications/all/micromanagement-digital-age-form-cyberbullying>
17. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA) (2021). *Teleworking during the COVID-19 pandemic: Risks and prevention strategies*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Disponible en: <https://osha.europa.eu/en/publications/teleworking-during-covid-19-pandemic-risks-and-prevention-strategies>
18. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA) (2023). *Hybrid work: new opportunities and challenges for occupational safety and health*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Disponible en: https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/Hybrid_work_OSH_en_0.pdf
19. Fenner, G. H., y Renn, R. W. (2010). *Technology-assisted supplemental work and work-to-family conflict: The role of instrumentality beliefs, organizational expectations and time management*. *Human relations*, 63(1), 63-82. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0018726709351064>

20. Fernández, J. A. (2017). NTIC y riesgos psicosociales en el trabajo: estado de situación y propuestas de mejora. *Diritto della sicurezza sul lavoro. Rivista dell'Osservatorio Olympus*, 2, 69-101. Disponible en: <https://doi.org/10.14276/2531-4289.1278>
21. Golden, T. D., Veiga, J. F., y Dino, R. N. (2008). El impacto del aislamiento profesional en el desempeño laboral de los teletrabajadores y las intenciones de abandonar el puesto: ¿Importa el tiempo dedicado al teletrabajo, a la interacción cara a cara o al acceso a tecnología que mejora la comunicación? *Journal of Applied Psychology*, 93 (6), 1412–1421. Disponible en: <https://doi.org/10.1037/a0012722>
22. Goñi-Legaz, S., Núñez, I., y Ollo-López, A. (2024). *Home-based telework and job stress: the mediation effect of work extension*. *Personnel Review*, 53(2), 545-561. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/PR-02-2022-0111>
23. Grant C. A., Wallace L. M., Spurgeon P. C. (2013). *An exploration of the psychological factors affecting remote e-worker's job effectiveness, wellbeing and work-life balance*. *Employee Relations*, 35(5), 527-546. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/ER-08-2012-0059>
24. He, X., Gao, Q., Cao, Y., Bian, R., y Wang, X. H. (2024). "Always online": How and when task interdependence and dispositional workplace anxiety affect workplace telepressure after hours. *PsyCh Journal*. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/pchj.747>
25. Hofmann, W., Vohs, K. D., y Baumeister, R. F. (2012). *What people desire, feel conflicted about, and try to resist in everyday life*. *Psychological science*, 23(6), 582-588. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0956797612437426>
26. Hu, Y., Zhao, L., Gupta, S., y He, X. (2023). *Gender plays different roles? Examining the dark side of ubiquitous connectivity enabled by personal IT ensembles usage*. *Information Technology y People*, 36(1), 165-195. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/ITP-07-2020-0520>
27. Ingusci, E., Signore, F., Giancaspro, M. L., Manuti, A., Molino, M., Russo, V., Zito, M., y Cortese, C.G. (2021). *Workload, techno overload, and behavioral stress during COVID-19 emergency: The role of job crafting in remote workers*. *Front. Psychol.* 12:655148. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.655148>
28. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. (2023a). *Desafíos de la digitalización para la seguridad y salud en el trabajo: la emergencia de riesgos psicosociales y el trabajo de plataformas digitales*. Disponible en: <https://www.insst.es/noticias-insst/desafios-de-la-digitalizacion-para-la-seguridad-y-salud-en-el-trabajo-la-emergencia-de-riesgos-psicosociales-y-el-trabajo-de-plataformas-digitales-ano-2023>
29. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. (2023b). *Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2023-2027*. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/estrategia-espa%C3%B1ola-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo-2023-2027>
30. Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT) (2018). *NTP 1123: Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) (II): factores de riesgo psicosocial asociados a las nuevas formas de organización del trabajo*. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/32-serie-ntp-numeros-1101-a-1135-ano-2018/ntp-1123-las-tecnologias-de-la-informacion-y-la-comunicacion-tic-ii-factores-de-riesgo-psicosocial-2018>
31. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. (2025). *Estudio sobre la hiperconectividad y la salud mental en el ámbito laboral*. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/estudio-sobre-la-hiperconectividad-y-la-salud-mental-en-el-ambito-laboral-2025>
32. Johnson, A., Dey, S., Nguyen, H., Groth, M., Joyce, S., Tan, L., Glozier, N., y Harvey, S.B. (2020). *A review and agenda for examining how technology-driven changes at work will impact workplace mental health and employee well-being*. *Australian Journal of Management*, 45(3), 402-424. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0312896220922292>
33. Jonušauskas, S., y Raišienė, A. G. (2016). *Exploring technostress: Results of a large sample factor analysis*. *Journal of Information and Organizational Sciences*, 40(1), 67-82. Disponible en: <https://doi.org/10.31341/jios.40.1.4>
34. Kanwall, N., y Isha, A. S. N. B. (2022). *Identifying the moderating effect of hyperconnectivity on the relationship between job demand control imbalance, work-to-family conflict, and health and well-being of office employees working in the oil and gas industry, Malaysia*. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 5260866. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2022/5260866>
35. Khalid, J., Weng, Q. D., Luqman, A., Rasheed, M. I., y Hina, M. (2022). *After-hours work-related technology use and individuals' deviance: the role of other-initiated versus self-initiated interruptions*. *Information Technology y People*, 35(7), 1955-1979. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/ITP-03-2020-0136>
36. Laudren, G. (2021). *Hyperconnexion: entre conséquences psychosociales et phénomènes cognitifs*. *Anesthésie & Réanimation*, 7(1), 66-73. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.anrea.2020.11.004>
37. Mansour, S. y Tremblay, D. G. (2018). *Work–family conflict/family–work conflict, job stress, burnout and intention to leave in the hotel industry in Quebec (Canada): moderating role of need for family friendly practices as 'resource passageways'*. *The International Journal of Human Resource Management*, 29(16), 2399-2340. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09585192.2016.1239216>
38. Mansour, S., Mohanna, D., y Tremblay, D. G. (2022). *The dark side of hyperconnectivity in the accounting profession*. *Journal of Accounting y Organizational Change*, 18(5), 685-703. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/JAOC-12-2020-0211>
39. Mazmanian, M., Orlikowski, W. J., y Yates, J. (2013). *The autonomy paradox: The implications of mobile email devices for knowledge professionals*. *Organization science*, 24(5), 1337-1357. Disponible en: <https://doi.org/10.1287/orsc.1120.0806>
40. Morand, O., Cahour, B., Grosjean, V., y Bobillier-Chaumon, M. É. (2023). *Digital overconnectivity at work: a qualitative and quantitative study*. *Le travail humain*, 86(2), 93-128. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.3917/th.862.0093>
41. Nansen, B., Arnold, M., Gibbs, M., y Davis, H. (2010). *Time, space and technology in the working-home: an unsettled nexus*. *New Technology, Work and Employment*, 25(2), 136-153. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1468-005X.2010.00244.x>
42. Nevin, A. D., y Schieman, S. (2020). *Technological tethering, digital natives, and challenges in the work–family interface*. *The Sociological Quarterly*, 62(1), 60-86. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00380253.2019.1711264>

43. O'Driscoll, M. P., Brough, P., Timms, C., y Sawang, S. (2010). *Engagement with information and communication technology and psychological well-being*. In P. L. Perrewé, y D. C. Ganster (Eds.) *New developments in theoretical and conceptual approaches to job stress (Research in occupational stress and well-being, 8)* (pp. 269–316) London: Emerald Group Publishing Limited.
44. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022). Clasificación Internacional de Enfermedades (11ª Ed.). Estandarización mundial de la información de diagnóstico en el ámbito de la salud. Disponible en: <https://icd.who.int/es>
45. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., y Moher, D. (2021). *The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews*. *Plos Medicine*, 18(3). Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003583>
46. Pikos, A. K., 2017. *The causal effect of multitasking on work-related mental health - the more you do, the worse you feel*. Leibniz Universität Hannover, Discussion Paper, p 609. Disponible en: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/172863/1/dp-609.pdf>
47. Ragu-Nathan, T. S., Tarafdar, M., Ragu-Nathan, B. S., y Tu, Q. (2008). *The consequences of technostress for end users in organizations: Conceptual development and empirical validation*. *Information Systems Research*, 19(4), 417-433. Disponible en: <https://doi.org/10.1287/isre.1070.0165>
48. Salanova, M. (2003). Trabajando con tecnologías y afrontando el tecnoestrés: el rol de las creencias de eficacia. *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones*, 19, 225-247.
49. Salanova, M., Llorens, S. y Cifre, E. (2006). NTP 730: Tecnoestrés: concepto, medida e intervención psicosocial. INSHT. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/21-serie-ntp-numeros-716-a-750-ano-2006/ntp-730-tecnoestres-concepto-medida-e-intervencion-psicosocial-2006>
50. Salanova, M., Llorens, S., y Cifre, E. (2013). *The dark side of technologies: technostress among users of information and communication technologies*. *International Journal of Psychology*, 48(3), 422-436. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00207594.2012.680460>
51. Santos, A., Roberto, M. S., Camilo, C., y Chambel, M. J. (2023). *Information and communication technologies-assisted after-hours work: A systematic literature review and meta-analysis of the relationships with work-family/life management variables*. *Frontiers in Psychology*, 14, 1101191. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1101191>
52. Schlachter, S., McDowall, A., Cropley, M., y Inceoglu, I. (2018). *Voluntary work-related technology use during non-work time: A narrative synthesis of empirical research and research agenda*. *International Journal of Management Reviews*, 20(4), 825-846. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ijmr.12165>
53. Siltaloppi, M., Kinnunen, U., y Feldt, T. (2009). *Recovery experiences as moderators between psychosocial work characteristics and occupational well-being*. *Work y Stress*, 23(4), 330–348. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/02678370903415572>
54. Sonnentag, S., Kuttler, I., y Fritz, C. (2010). *Job stressors, emotional exhaustion, and need for recovery: A multi-source study on the benefits of psychological detachment*. *Journal of Vocational Behavior*, 76(3), 355-365. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2009.06.005>
55. Sonnentag, S., y Bayer, U. V. (2005). *Switching off mentally: Predictors and consequences of psychological detachment from work during off-job time*. *Journal of Occupational Health Psychology*, 10(4), 393–414. Disponible en: <https://doi.org/10.1037/1076-8998.10.4.393>
56. Tarafdar, M., Tu, Q., Ragu-Nathan, B. S., y Ragu-Nathan, T. S. (2007). *The Impact of Technostress on Role Stress and Productivity*. *Journal of Management Information Systems*, 24(1), 301–328. Disponible en: <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240109>
57. Tarafdar, M., Tu, Q., Ragu-Nathan, T. S., y Ragu-Nathan, B. S. (2011). *Crossing to the dark side: examining creators, outcomes, and inhibitors of technostress*. *Communications of the ACM*, 54(9), 113-120. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/1995376.1995403>
58. Tavares, A. I. (2017). *Telework and health effects Review*. *International Journal of Healthcare*, 3(2), 30-36. Disponible en: <https://doi.org/10.5430/ijh.v3n2p30>
59. Villavicencio-Ayub, E., García-Meraz, M. y Quiroz-González, E. (2024). Tecnoestrés, tecnoadicción, tecnodependencia y sus consecuencias para la salud en tiempos modernos. *Ciencia UAT*, 19(1).
60. Wood, B., Rea, M.S., Plitnick, B. y Figueiro, M.G. (2013). *Light level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression*. *Applied Ergonomics*, 44(2), 237-240. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2012.07.008>
61. Yin, P., Wang, C. and Liang, L. (2023). *Consumer information technology use in the post-pandemic workplace: A post-acceptance adaptation perspective*. *Information Technology y People*, 36(4), 1484-1508. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/ITP-09-2020-0657>
62. Zavala, N. J., Antesano, O. S., Almonacid, E. F., Peralta, M. E. y Tatraj, W. E. (2023). Hiperconectividad digital y tecnoestrés en los docentes de la Universidad Privada de Huancayo Franklin Roosevelt. *Universidad Roosevelt*, 8(2).

Autoconsumo fotovoltaico en cubierta: un reto para la seguridad y salud en el trabajo

Blanca Vázquez Izquierdo y José Ángel Sánchez Servate

Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. INSST

En el contexto de transición energética, las instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo ubicadas en cubierta se han convertido en una solución clave para la generación distribuida¹ y la reducción de la dependencia de combustibles fósiles. Sin embargo, la proliferación de estas instalaciones, tanto en entornos industriales como en residenciales, plantean desafíos preventivos específicos que deben abordarse con rigor, prestando especial atención a la seguridad en su ejecución y mantenimiento. Este artículo analiza el autoconsumo fotovoltaico en España, desde su contexto actual hasta los retos en seguridad y salud laboral, buscando visibilizar las problemáticas existentes y la urgente necesidad de que se adopten medidas preventivas eficaces para proteger a todas las personas que integran el sector.

INTRODUCCIÓN

La neutralidad de carbono y la transición energética son prioridades globales y la Unión Europea (UE) se posiciona como un referente para 2050. España, alineada con la Agenda 2030², ha establecido el Marco Estratégico de Energía y Clima, destacando el autoconsumo fotovoltaico como recurso prioritario proyectándose la instalación de 19 gigavatios (GW) para 2030.

El hecho de que, en los próximos años, se prevea un aumento de instalaciones fotovoltaicas sobre cubiertas exige una mayor atención a la seguridad y salud laboral durante su ejecución y

mantenimiento. Téngase en cuenta, a este respecto, que estos emplazamientos son habitualmente peligrosos ya que pueden ser frágiles o contener elementos que lo sean, no suelen contar con accesos adecuados y, en muchos casos, no están correctamente protegidos. La necesidad de actuar de manera urgente para prevenir accidentes laborales por caídas desde cubiertas ya ha sido puesta de manifiesto anteriormente y de forma reiterada por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) y por la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (CNSST), en el marco del grupo de trabajo “Construcción”. La evolución de los datos entre 2020 y 2023 lo constata (véase tabla 1), con un aumento de los accidentes de trabajo en

1 Generación distribuida: es la producción de electricidad a partir de fuentes de energía situadas cerca de los puntos de consumo o integradas directamente en la red de distribución, a diferencia de las grandes centrales centralizadas. Se asocia con instalaciones de tamaño pequeño a mediano y su principal objetivo es contribuir a la demanda energética local o regional.

2 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

jornada por caídas desde partes fijas en altura de edificios y escalas fijas. El actual contexto de transformación energética en el que estamos inmersos hace indispensable una intervención en este ámbito.

La propia Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2023-2027³ indica, en su objetivo 2, la necesidad de gestionar desde la óptica preventiva los cambios derivados de las nuevas formas de organización del trabajo, la evolución demográfica y el cambio climático. En concreto, en relación con el cambio climático, remarca que *“estamos inmersos en un proceso de concienciación del cuidado del medioambiente, evolucionando hacia una economía sostenible y un mayor fomento de energías renovables y empleos verdes, que suponen otro de los retos de las políticas preventivas de los próximos años”*. Para abordar la complejidad que supone para la prevención de riesgos laborales (PRL) la ejecución y mantenimiento de las instalaciones de autoconsumo sobre cubierta, el INSST está colaborando con asociaciones de este sector: Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA), Federación Nacional de Empresas de Instalaciones Eléctricas, Telecomunicaciones y Climatización de España (FENIE) y Unión Española Fotovoltaica – Solar y Almacenamiento (UNEF) a fin de conocer de primera mano las necesidades de quienes realizan estas actividades y, así, poder establecer recomendaciones para prevenir accidentes laborales y para promover la mejora de las condiciones de trabajo de las personas trabajadoras. En el marco de esta colaboración, se han llevado a cabo algunas visitas a diversas instalaciones fotovoltaicas para tener una visión más directa y cercana de la realidad del sector.

En este artículo se examina, en primer lugar, el contexto de transición energética en el que estamos inmersos, destacando las proyecciones de potencia y número de instalaciones fotovoltaicas en cubiertas de edificios residenciales e industriales, lo que evidencia el creciente volumen de trabajo en estos emplazamientos. Por otra parte, se aborda la problemática inherente a los trabajos en estas ubicaciones y se presentan las actuaciones desarrolladas hasta el momento por el grupo INSST-APPA-FENIE-UNEF y las principales conclusiones obtenidas.

TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN ESPAÑA: MARCO REGULATORIO, POTENCIAS E INSTALACIONES DE AUTOCONSUMO

Antecedentes

Para abordar la amenaza del cambio climático, la UE se adhirió al Acuerdo de París⁴ en el año 2015, cuyo objetivo principal es limitar el aumento de la temperatura global por debajo de los 2 °C en comparación con los niveles preindustriales, e insta a los países a promover esfuerzos adicionales para limitarlo a 1,5 °C.

Así, la Comisión Europea, en noviembre de 2018, propuso un objetivo a largo plazo: alcanzar la neutralidad de carbono para el año 2050. Un objetivo ambicioso que está transformando la economía de la UE hacia una economía de cero emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI). Se centra en una transición energética y climática planificada con etapas intermedias para 2030 y 2040.

Esta estrategia climática de la UE, presentada a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en marzo de 2020, prevé que en 2050 se haya producido una reducción del 90 % en las emisiones de GEI respecto de los niveles de 1990. El 10 % restante se espera compensarlo mediante sumideros naturales de carbono⁵. Este objetivo es el eje central para el Acuerdo Verde Europeo⁶, la hoja de ruta de la UE hacia una economía con cero emisiones netas de GEI.

Para formalizar este compromiso, la UE estableció la neutralidad climática como un objetivo legalmente vinculante a través de la [Ley Europea del Clima](#), aprobada en 2021. Esta ley se apoya en el [Reglamento \(UE\) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima](#), que busca coordinar y supervisar los avances de los Estados miembros hacia las metas climáticas, tanto a nivel nacional como de la UE.

Para la primera etapa (año 2030) se busca una reducción significativa de las emisiones de GEI, respaldada por la Directiva de Energías Renovables –RED III– (actualmente en su tercera

3 <https://www.insst.es/documents/94886/4545430/Estrategia+Espa%C3%B1ola+de+Seguridad+y+Salud+en+el+Trabajo+2023-2027.pdf/793be632-afe9-c738-320a-a0908dcd6110?t=1679059860069>

4 El Acuerdo de París es un tratado internacional legalmente vinculante sobre el cambio climático, adoptado por 195 Partes en la Conferencia de las Partes (COP21) en París el 12 de diciembre de 2015. Entró en vigor el 4 de noviembre de 2016. https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf

5 Se considera sumidero al “área por donde son canalizados el agua, los nutrientes o cualquier tipo de compuesto, físico o químico, o que sirve de almacén de los mismos. En la actualidad, este término se aplica a los bosques para significar su papel en la absorción del anhídrido carbónico (CO₂) de la atmósfera y la consiguiente reducción del efecto invernadero” (Diccionario Forestal). Un sumidero de gases de efecto invernadero, según la Convención Marco de Cambio Climático de 1992, es cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe o elimina de la atmósfera uno de estos gases o uno de sus precursores, o bien un aerosol y que lo almacena. En el ámbito del Protocolo de Kioto, la definición se limita a determinadas actividades de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (creación de nuevos bosques, gestión forestal y gestión de tierras agrícolas, entre otras) que se traducen en una captura del CO₂ presente en la atmósfera y su almacenamiento posterior en forma de materia vegetal. Esta captura de CO₂ contribuye a reducir la concentración de los Gases de Efecto Invernadero de la atmósfera y, por lo tanto, a mitigar el cambio climático.

6 https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en?prefLang=es

versión, aún pendiente de transposición⁷⁾, y mejoras en la eficiencia energética. Con este fin, los Estados miembros están desarrollando sus propias estrategias nacionales para contribuir a la reducción de emisiones.

En el caso de España, se estableció el Marco Estratégico de Energía y Clima, siendo la [Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética](#) el fundamento legal sobre el que se sustenta. Dentro de este marco, la planificación a nivel estatal se articula a través de los Planes Nacionales Integrados de Energía y Clima (PNIEC) y la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050.

En esta línea, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico elaboró el PNIEC 2021-2030⁸⁾ adoptado en 2021. Sin embargo, la mayor ambición climática europea, reflejada en la Ley Europea del Clima y los planes “Objetivo 55” y “REPowerEU” a raíz de la guerra de Ucrania, ha requerido una actualización de este. Como resultado, el PNIEC 2023-2030⁹⁾, adoptado mediante el [Real Decreto 986/2024, de 24 de septiembre, por el que se aprueba la actualización del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2023-2030](#), define la trayectoria para la primera etapa intermedia estableciendo los siguientes objetivos:

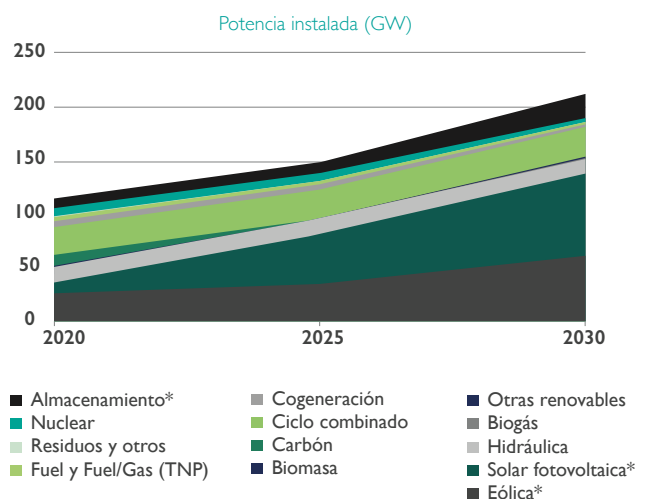
- 32 % de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero respecto a 1990,
- 48 % de renovables sobre el uso final de la energía,
- 43 % de mejora de la eficiencia energética en términos de energía final,
- 81 % de energía renovable en la generación eléctrica, y
- reducción de la dependencia energética hasta un 50 %.

Entre las acciones clave del PNIEC 2023-2030 para la generación de energía eléctrica, destaca la promoción de las energías renovables, junto con el desarrollo de sistemas de almacenamiento y una mejor gestión de la demanda para facilitar su integración. Se proyecta que, para el año 2030, las capacidades instaladas alcanzarán los 62 GW en energía eólica, 4,8 GW en energía solar termoeléctrica, 1,4 GW en biomasa, 22,5 GW en sistemas de almacenamiento y 76 GW en energía fotovoltaica, incluyendo 19 GW de autoconsumo. Esta ambiciosa expansión de las energías renovables, con una importante fracción fotovoltaica ubicada en las cubiertas de edificaciones en la modalidad de autoconsumo, explica y fundamenta la atención prioritaria que el INSST dedica a

este sector, debido a los riesgos que pueden generar los trabajos de instalación y mantenimiento posterior.

En el siguiente gráfico se visualiza el escenario de potencias proyectado para los próximos años, con una cuota de energías renovables de un 81 % para 2030. Este objetivo, un 7 % más respecto al PNIEC de 2021, es impulsado por una mayor integración de energías renovables, el aumento sustancial del autoconsumo y el almacenamiento.

Ilustración 1. Mix energético presente y futuro



Fuente: PNIEC 2023-2030.

Potencia fotovoltaica, autoconsumo y matriz energética

Entre 2019 y 2023, la generación solar fotovoltaica experimentó un crecimiento del 193 %, escalando de 8,74 GW a 25,54 GW según datos de Red Eléctrica de España¹⁰⁾. Posteriormente se posicionó como la tecnología con mayor capacidad de producción con 32,04 GW instalados, superando a la generación eólica (32 GW). Este hito representa casi el 25 % del total de la estructura de potencia instalada en España. Su naturaleza distribuida tiene una especial incidencia en la generación eléctrica descentralizada con repercusión en la configuración del sistema y en los costes de energía para los usuarios.

Por su parte, la modalidad fotovoltaica de autoconsumo, identificada como una de las prioridades del PNIEC, logró un aumento de más del 2000 % desde 2018 hasta el cierre del ejercicio 2024,

7 [Directiva \(UE\) 2023/2413](#) del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de octubre de 2023, por la que se modifican la Directiva (UE) 2018/2001, el Reglamento (UE) 2018/1999 y la Directiva 98/70/CE en lo que respecta a la promoción de la energía procedente de fuentes renovables y se deroga la Directiva (UE) 2015/652 del Consejo.

8 Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitco/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf

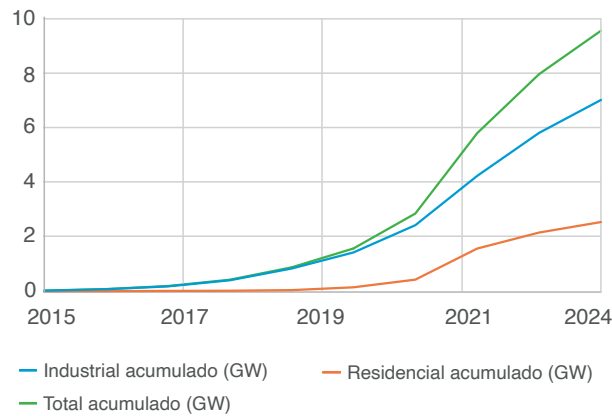
9 Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2023-2030 https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitco/es/energia/files-1/pniec-2023-2030/PNIEC_2024_240924.pdf

10 <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-del-sistema-electrico/generacion/potencia-instalada>

pasando de 0,4 GW a 8,58 GW, impulsada por el marco normativo y palancas de crecimiento. El rápido desarrollo de estas instalaciones ha contribuido al despliegue de las energías renovables tanto que, al cierre del 2024, el conjunto de las renovables constituía prácticamente el 66 % del parque de potencia instalada en España, constatando un avance importante en la transición energética.

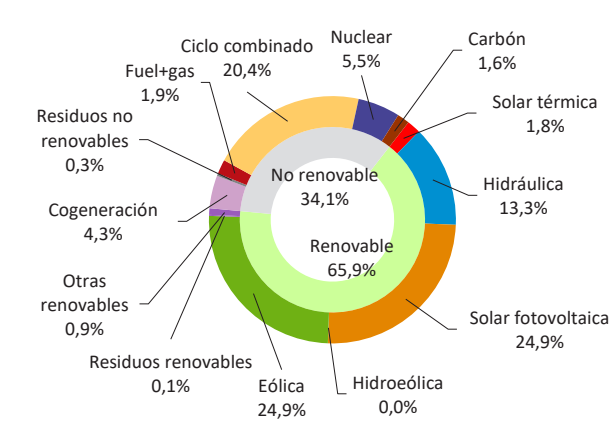
Las siguientes gráficas ilustran dos puntos clave: por un lado, la trayectoria del autoconsumo fotovoltaico de la última década (ilustración 2); y, por otro, la relevancia de la generación fotovoltaica como una de las principales aportaciones al mix energético (ilustración 3).

Ilustración 2. Evolución de potencia instalada en autoconsumo (GW)



Fuente: elaboración propia a partir de Informe Anual de Autoconsumo 2024 – APPA.

Ilustración 3. Potencia instalada en España a 31.01.2025



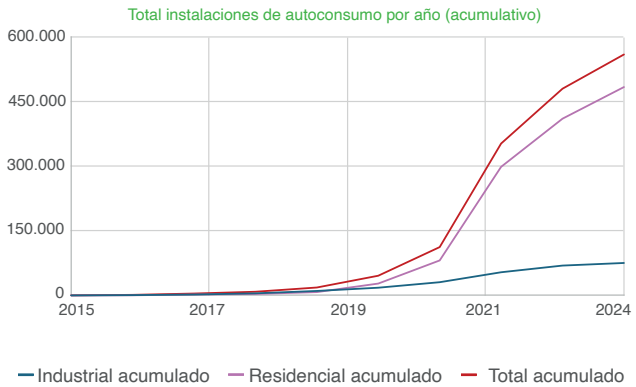
Fuente: REE.

Número de Instalaciones de autoconsumo fotovoltaico

El fuerte impulso del autoconsumo fotovoltaico en España es incuestionable. Para el año 2024, se habían ejecutado un total de 559.532 instalaciones, tal y como lo evidencian los datos de la APPA¹¹ (ver ilustración 4). La mayor parte de estas, 483.930, se registraron en el sector residencial, lo que subraya el interés de los hogares españoles por generar su propia energía.

El sector industrial también ha sido un motor clave en esta tendencia, con 75.602 instalaciones. Sin embargo, su contribución destaca especialmente en la potencia instalada. Mientras que las instalaciones residenciales sumaron 2,28 GW, el sector industrial aportó la mayor parte con 6,30 GW (ver ilustración 2). En conjunto, estos datos marcan un claro avance hacia un modelo energético más descentralizado.

Ilustración 4. Número de instalaciones en autoconsumo FV industrial, residencial y total acumulado



Fuente: elaboración propia a partir de Informe Anual de Autoconsumo 2024 – APPA.

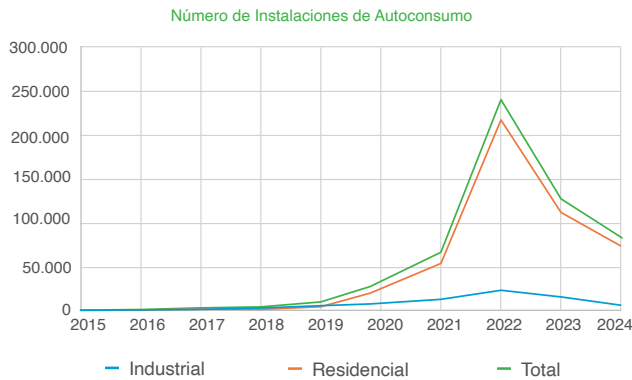
De cara a la primera etapa, hasta 2030, España aspira a integrar 19 GW de autoconsumo fotovoltaico en sus cubiertas, una cantidad que excede en más del doble la potencia actual y que prefigura un escenario de intensa actividad, a pesar del descenso registrado desde 2022, tal y como se observa en la ilustración 5¹². No obstante, este volumen de crecimiento podría también conllevar un aumento significativo de los riesgos laborales asociados tanto en la ejecución de estos sistemas fotovoltaicos en altura como en su posterior mantenimiento. Por ello, la

11 Las cifras oficiales del Registro Administrativo de Autoconsumo de Energía Eléctrica (RADNE), dependiente del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, son la fuente primaria de datos. No obstante, al depender de la información volcada por las comunidades autónomas, su actualización ha presentado demoras significativas debido a la falta de unificación en los procesos y a la coordinación administrativa. Por esta razón, se han utilizado los datos de APPA, cuyas estimaciones, al igual que las de otras asociaciones del sector como UNEF, son ampliamente reconocidas y ofrecen una visión actualizada de la evolución del mercado.

12 Según datos proporcionados por UNEF, en el primer trimestre de 2025 se muestra un descenso del ritmo de crecimiento del 17 % con respecto al año anterior.

magnitud del trabajo por realizar exige una atención prioritaria en seguridad y salud laboral para garantizar la integridad de los profesionales involucrados.

Ilustración 5. Instalaciones de autoconsumo FV realizadas por año



Fuente: elaboración propia a partir de Informe Anual de Autoconsumo 2024 – APPA.

¿QUÉ ES UNA INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO?

Una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo representa un sistema de generación eléctrica descentralizada diseñado para producir electricidad directamente en el punto de consumo. Mediante los módulos solares fotovoltaicos, comúnmente

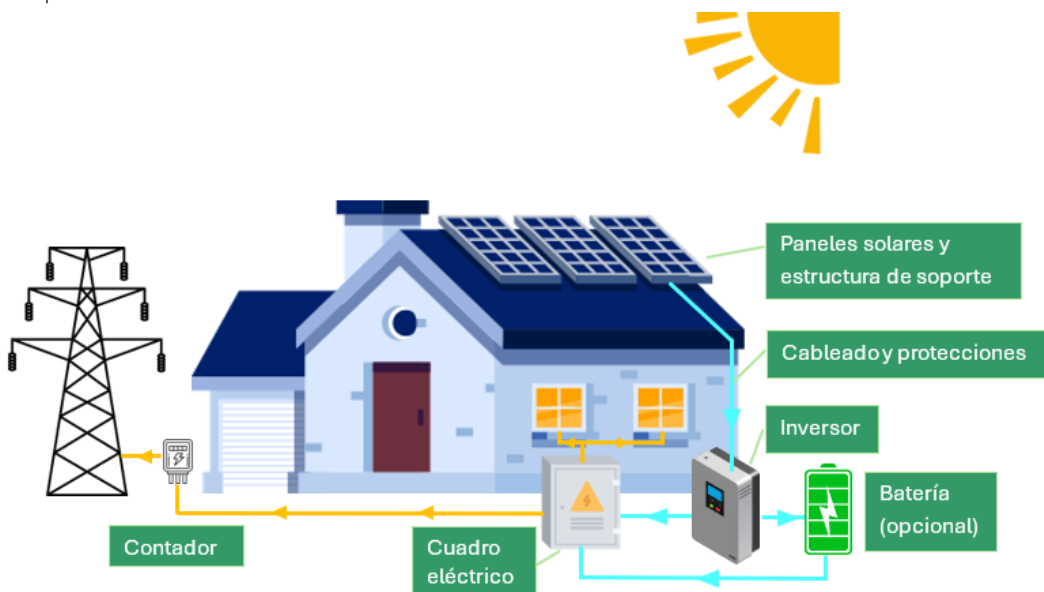
instalados en cubiertas de edificaciones residenciales o industriales, se aprovecha la radiación solar para transformarla en electricidad. Estos sistemas reducen la dependencia de la red eléctrica convencional, lo que se traduce en una reducción de los costes y un aumento de la independencia energética. La electricidad generada se destina principalmente al autoconsumo, aunque los excedentes pueden ser vertidos a la red generando compensaciones económicas¹³.

Los componentes esenciales de una instalación de autoconsumo incluyen: **módulos solares fotovoltaicos**, que capturan la energía solar y la transforman en corriente continua; **inversores**, que convierten la corriente continua en corriente alterna, apta para el consumo doméstico o industrial; **estructura soporte**, que asegura la fijación de los módulos/paneles a la cubierta; **cableado**, que permite el transporte de la electricidad generada; **protecciones eléctricas**, que garantizan la seguridad del sistema; **sistemas de monitorización**, que permiten el control, el seguimiento de la producción y el consumo de energía a distancia; **baterías-regulador** (opcional), que almacenan la energía para su uso en momentos de baja producción solar o durante la noche, entre otros (ver ilustración 6).

Problemática de trabajos en cubierta

La instalación y el mantenimiento de estos sistemas de autoconsumo en cubiertas no están exentos de riesgos. Todos los años se registran accidentes graves o mortales asociados a la

Ilustración 6. Componentes esenciales de una instalación de autoconsumo



Fuente: elaboración propia

¹³ Artículo 4 del [Real Decreto 244/2019, de 5 de abril](#), por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica

ejecución de trabajos en estas ubicaciones. Los datos proporcionados por el Observatorio Estatal de Condiciones de Trabajo (OECT) del INSST reflejan la importancia de mantener una vigilancia en los trabajos realizados en estos emplazamientos.

Para el conjunto de accidentes de trabajo en jornada con baja y para el total de actividades económicas, en el año 2023 se registraron un total de 136 accidentes graves y mortales de caídas de altura desde partes fijas elevadas de edificios (tejados, terrazas, aberturas y otras partes por encima del nivel del suelo de un edificio) y escalas fijas, de los cuales 43 (31,62 %) resultaron fatales. Si se analiza la evolución desde 2020, se observa que, mientras el número de accidentes graves ha experimentado un leve descenso (de 102 en 2020 a 93 en 2023), los accidentes mortales han aumentado, pasando de 35 en 2020 a 43 en 2023. En términos porcentuales, esto representa un incremento del 22,86 % en la mortalidad respecto al primer año del periodo analizado.

Tabla 1. Accidentes de trabajo con baja en jornada de trabajo 2020-2023. Caídas de altura de partes fijas en altura de edificios, construcciones, superficies.

Gravedad	2020	2021	2022	2023
Grave	102	94	94	93
Mortal	35	35	37	43
Total	137	129	131	136

Fuente: elaboración del OECT a partir del fichero anonimizado de notificación de partes de accidentes de trabajo.

Cabe mencionar que las estadísticas de siniestralidad laboral no cuentan con una categoría específica para caídas desde cubiertas, por lo que para este análisis se han asimilado a aquellos accidentes ocurridos desde elementos fijos en altura de edificios. Se trata, por tanto, de una aproximación ya que, por un lado, algunos accidentes incluidos pueden haberse producido desde otras partes fijas del edificio como terrazas y, por otro, algunos accidentes incorporados en otras categorías (superficies temporales y medios auxiliares de acceso y posicionamiento como escaleras de mano, andamios, etc.) pueden estar relacionados con trabajos en cubiertas al haber tenido lugar en el acceso/descenso de la misma durante el uso de medios auxiliares como los citados y no se han considerado.

En la mayoría de los casos, estas cubiertas suelen ser inclinadas, pueden no tener accesos fáciles y carecer de protecciones colectivas o dispositivos de anclaje seguros y accesibles. Además, muchas de ellas suelen presentar zonas frágiles (material de cubrición poco resistente o deteriorado, elementos translúcidos, lucernarios o claraboyas, etc.) que pueden romperse al ser

pisados. En definitiva, suelen ser cubiertas no protegidas, es decir, en las que es necesario disponer de medios de acceso y permanencia distintos a los presentes, o adoptar medidas preventivas adicionales a las existentes frente al riesgo de caída a distinto nivel.

También, la manipulación de placas fotovoltaicas en cubiertas presenta en sí misma dificultades considerables, principalmente por sus dimensiones y peso, que pueden entorpecer el trabajo y elevar los riesgos para la seguridad de los instaladores. Esta problemática ha llevado a que algunos países europeos implementen limitaciones o consideraciones estrictas en cuanto al tamaño y el peso de estos módulos solares fotovoltaicos.

Otra de las principales causas de los accidentes es la falta de información previa sobre las características de la cubierta o del acceso a la misma, lo cual dificulta la planificación segura de los trabajos. A esto se suman plazos ajustados e instalaciones de bajo presupuesto ejecutadas por pequeñas empresas o personas trabajadoras por cuenta propia. Todas estas circunstancias incrementan el riesgo de caída a distinto nivel durante estos trabajos.

Tabla 2. Número de empresas en función de su tamaño CNAE 432 (2024).

Total de empresas	78390	100 %
Sin asalariados	33985	43,35 %
De 1 a 2	25236	32,19 %
De 3 a 5	8865	11,31 %
De 6 a 9	4404	5,62 %
De 10 a 19	3501	4,47 %
De 20 a 49	1911	2,44 %
De 50 a 99	296	0,38 %
De 100 a 199	117	0,15 %
De 200 a 249	22	0,03 %
De 250 a 999	40	0,05 %
De 1000 a 4999	12	0,02 %
De 5000 o más asalariados	1	0,001 %

Fuente: Directorio Central de Empresas (DIRCE). INE.

Es frecuente que las empresas que instalan sistemas fotovoltaicos de autoconsumo de pequeña potencia¹⁴ sean personas trabajadoras por cuenta propia sin asalariados o pequeñas empresas de hasta nueve personas trabajadoras, lo que habitualmente está directamente relacionado con la escasez de recursos económicos, una formación específica limitada en el sector

14 Información extraída de las entrevistas, véase apartado Entrevistas grupales.

y un bajo grado de sensibilización con la prevención de riesgos laborales. Los datos del año 2024 del Instituto Nacional de Estadística (INE) indican que para el CNAE 432 (instalaciones eléctricas, de fontanería y otras instalaciones en obras de construcción) al que pertenecen la mayoría de estas empresas, el 75,55 % tiene hasta dos asalariados/as, y el 92,47 % tienen nueve o menos. Aunque estos datos no se refieren exclusivamente a empresas instaladoras de sistemas fotovoltaicos, se puede decir que una parte importante de las entidades instaladoras son personas trabajadoras por cuenta propia, microempresas y pequeñas empresas. Por ello, es fundamental que las soluciones a esta problemática se enfoquen teniendo en cuenta las características y necesidades de estas.

CREACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO DE INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS EN CUBIERTA

Con el objeto de abordar dicha problemática en la ejecución de instalaciones solares fotovoltaicas en cubierta, el pasado octubre de 2024 se creó un grupo de trabajo compuesto por el INSST y las asociaciones APPA, FENIE y UNEF. La misión de este grupo es analizar y generar propuestas para mejorar las condiciones de trabajo para quienes operan en este sector, contribuyendo así a reducir la siniestralidad.

Cuestionario

Como punto de partida de este grupo de trabajo, se acordó la elaboración y difusión de un cuestionario para identificar los problemas relacionados con la ejecución de estas instalaciones. Entre las cuestiones planteadas se consultó sobre el conocimiento en materia de prevención de riesgos laborales en este tipo de instalaciones, la frecuencia con la que se trabaja en

cada tipo de cubierta, la disponibilidad de información relativa a la cubierta previa a los trabajos o qué actividades consideran más peligrosas.

El cuestionario se difundió durante el mes de febrero de 2025 a través de las asociaciones mencionadas, y estuvo dirigido a representantes de empresas, personas trabajadoras tanto por cuenta propia como ajena, así como a mandos intermedios. Finalizado el plazo de recogida de datos, se obtuvieron respuestas de 76 participantes y, aunque los resultados no pueden considerarse representativos del sector, se ha podido extraer la siguiente información:

- Distribución por grupos profesionales de los participantes que han respondido: el 35,5 % corresponde a empresarios/as, otro 35,5 % a mandos intermedios, el 21,1 % a personas trabajadoras por cuenta propia y el 7,9 % a personas trabajadoras por cuenta ajena.
- Casi el 90 % de los encuestados son hombres.
- La distribución de edad de los participantes es: el 78,9 % tiene más de 41 años, el 19,7 % se encuentra entre 26 y 40 años, y únicamente un 1,4 % es menor de 25 años.
- La mayoría de las personas encuestadas tiene más de 3 años de experiencia en la instalación de placas fotovoltaicas en cubiertas.
- Las **cubiertas inclinadas** son el tipo de cubierta en las que trabajan de forma habitual. Las cubiertas ligeras también representan una parte importante de su actividad, mientras que las cubiertas con elementos translúcidos o claraboyas son menos frecuentes (ver ilustración 7).

Ilustración 7. Frecuencia de trabajo en función del tipo de cubiertas.

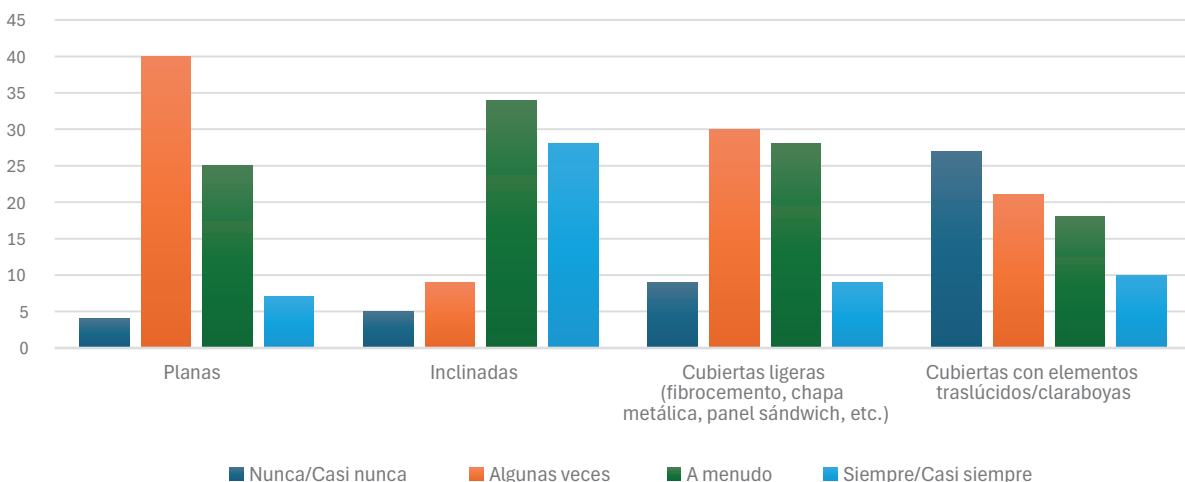
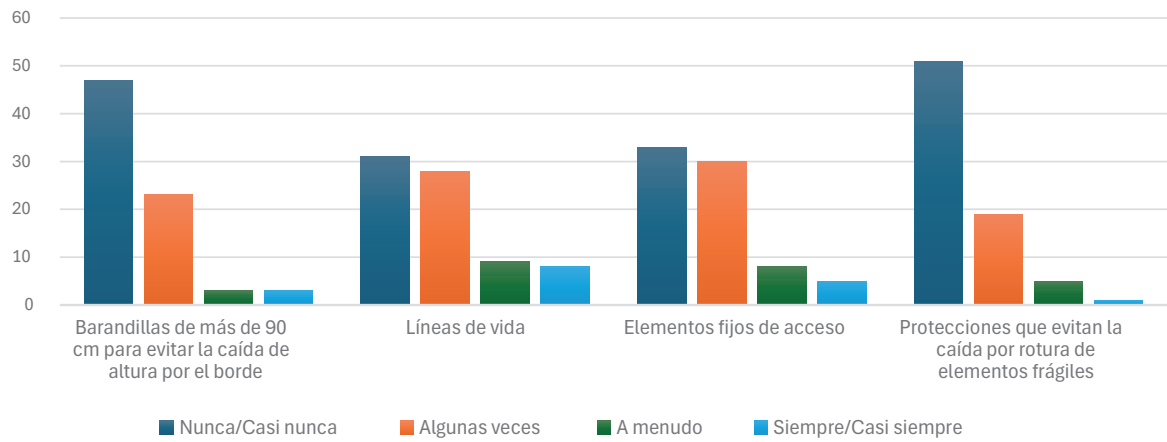
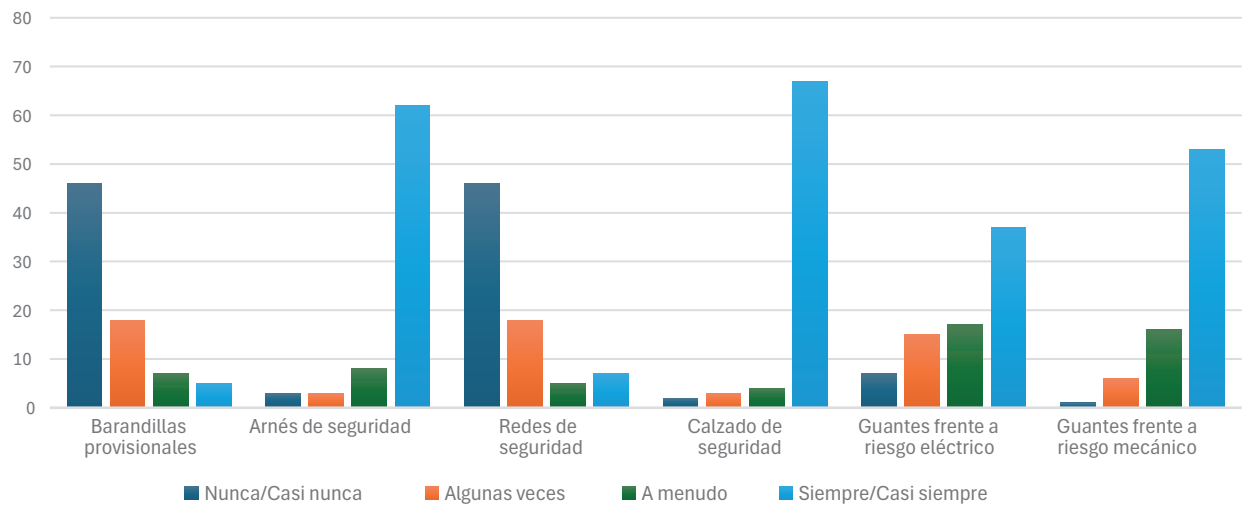


Ilustración 8. Elementos permanentes en cubierta.



- En general, la **presencia de elementos permanentes** de seguridad en cubiertas es muy baja. Nunca o en pocas ocasiones se encuentran barandillas de al menos 90 cm como protección de borde para evitar la caída de altura, líneas de vida instaladas en cubierta, elementos fijos de acceso como escaleras interiores o exteriores o escalas, o protecciones que eviten la caída por rotura de elementos frágiles.
- Las personas encuestadas disponen de cierta información sobre la existencia de elementos como **escaleras fijas, elementos translúcidos/claraboyas y protecciones** (barandillas, líneas de vida, etc.). Por el contrario, una mínima parte de las que tienen información acerca de los elementos translúcidos/claraboyas refieren que estos estén protegidos.
- Cuando no existen elementos fijos para acceder a la cubierta el **equipo de trabajo** más utilizado es, en primer lugar, la **escalera de mano** y, en segundo lugar, la **plataforma elevadora**. Le siguen los andamios (incluidas las torres de acceso) y el camión cesta.
- En referencia a los medios habitualmente empleados para subir los materiales a cubierta, destacan el camión pluma o la grúa autopropulsada. En menor medida, se utiliza elevador eléctrico de cargas o “maquinillo” (polipasto eléctrico), así como poleas manuales.
- Destaca el **uso de protecciones individuales frente a las colectivas**, siendo el calzado de seguridad, el arnés de

Ilustración 9. Frecuencia de uso de protecciones.



Fuente: elaboración propia.

seguridad (sistema anticaídas) y los guantes de protección frente a riesgos mecánicos los que se utilizan siempre o casi siempre. Sin embargo, el uso de barandillas y redes de seguridad es escaso.

- **Las caídas de altura ya sean por el borde de la cubierta o por rotura de elementos frágiles como lucernarios o claraboyas**, constituyen el riesgo que más preocupa a las personas encuestadas. En segundo lugar, le siguen las **condiciones meteorológicas adversas**. Otros factores como el trabajo en solitario, la manipulación de cargas, las posturas forzadas, el riesgo eléctrico y las limitaciones de espacio generan una preocupación moderada. Finalmente, los plazos ajustados de ejecución son los que menor grado de inquietud suscitan.
- Las tareas que consideran más peligrosas son, principalmente, el tránsito por la cubierta, el acceso y la subida del material a la misma.

Entrevistas grupales

Para complementar la información recogida a través del cuestionario, se realizaron entrevistas grupales a finales de marzo de 2025 en la sede del INSST en Madrid. Estas sesiones propiciaron un diálogo abierto sobre la seguridad y salud laboral en las instalaciones solares fotovoltaicas ubicadas en cubiertas.

Se convocó a representantes de empresas, personas trabajadoras y técnicos/as de prevención de riesgos laborales del sector. Los participantes se organizaron en seis grupos, cada uno con un perfil profesional: un grupo de personas trabajadoras, dos grupos de representantes de empresas, dos grupos de personal técnico de prevención y un grupo de asociaciones sectoriales (APPA-FENIE-UNEF). A pesar de la homogeneidad de los grupos, se buscó la diversidad de contextos. Se incluyeron participantes de pequeñas y medianas empresas, ingenierías, instaladoras y entidades gestoras de autoconsumo colectivo. En el caso de los técnicos/as de PRL, se contó con profesionales de diferentes niveles de responsabilidad (técnicos/as, responsables o coordinadores/as de seguridad y salud) de empresas de instalación, mantenimiento, fabricantes y consultoras especializadas. Esta variedad permitió recoger opiniones y experiencias muy distintas, ofreciendo una visión más completa y contrastada del sector.

Durante las entrevistas se abordaron temas relevantes como la percepción de la situación actual del mercado, la ejecución de instalaciones de autoconsumo, los medios disponibles, las dificultades laborales y la gestión de la prevención de riesgos laborales.

A continuación, se presentan las principales aportaciones y contribuciones más relevantes obtenidas de cada grupo de trabajo a partir de las entrevistas realizadas:

Grupo de representantes de empresas:

La postura generalizada de las empresas es que la seguridad en cubiertas es una prioridad ineludible, requiriendo la evaluación y mitigación de riesgos asociados a los accesos, lucernarios sin protección y superficies resbaladizas. Consideran esencial contar con información detallada de la cubierta —incluyendo su resistencia estructural, estado, materiales, elementos frágiles y protecciones existentes—, ya que su ausencia hace imposible tomar decisiones objetivas en materia de seguridad. Antes de iniciar trabajos en altura, consideran fundamental implementar medidas de seguridad, como la instalación obligatoria de protecciones colectivas cuando no existan.

La mano de obra cualificada y formada es un factor clave de diferenciación en precios, aunque se observa una clara polarización en la cualificación de los profesionales: conviven empresas con amplia experiencia junto a nuevas con menor experiencia. Un obstáculo constante es la baja concienciación de las personas trabajadoras sobre la seguridad; a pesar de la dotación de equipos de protección individual (EPI), existe resistencia a su uso continuo por incomodidad o por la lentitud que implica su utilización. La sensibilización en materia de seguridad continúa siendo un reto importante, por lo que se resaltó la necesidad de fomentar la formación continua.

Asimismo, la presencia de cubiertas de fibrocemento puede paralizar proyectos. Las condiciones meteorológicas adversas, como viento o lluvia, no solo son un riesgo para la seguridad, sino que también generan presión económica debido a las posibles paralizaciones.

Finalmente, se cuestionó la excesiva burocracia de las plataformas de gestión documental para la coordinación de actividades empresariales (CAE), ya que suponen una carga administrativa considerable para las empresas.

Grupo de personas trabajadoras:

Este grupo ha expresado una serie de preocupaciones significativas relacionadas con la seguridad y la PRL en su día a día. Una de las problemáticas más recurrentes es la gran variedad de cubiertas y accesos peligrosos a los que se enfrentan diariamente. Subrayan la importancia de realizar una visita técnica previa para planificar la ejecución de los trabajos de forma segura, pero lamentan que esta no siempre se haga, especialmente en el sector residencial, donde a menudo también falta información inicial sobre la cubierta.

La formación en PRL es percibida como genérica, insuficiente, poco práctica y sin aplicación real en el trabajo específico en cubiertas y en el uso de herramientas. Expresaron la necesidad de una formación más específica, práctica y continuada. En cuanto al uso de EPI, reconocieron, en algunos casos, un uso inadecuado que podría estar motivado por la incomodidad, el desconocimiento o la falta de concienciación. Además, se

mencionó que el elevado coste de las protecciones colectivas es un factor determinante para que se priorice el uso de EPI.

Un aspecto que generó especial preocupación fue la competencia basada en precios bajos. Se concluyó en el grupo que esta práctica puede llevar a algunas empresas a recortar en medidas de seguridad lo que, además de poner en riesgo a las personas trabajadoras, constituye una competencia desleal.

Las diferencias entre el sector residencial y el industrial también fueron comentadas; mientras el industrial suele contar con controles más estrictos y mejor implementación de la PRL, el residencial presenta menor exigencia del cliente y alta presencia de pequeñas empresas con recursos limitados.

Finalmente, se puso en evidencia que la figura del recurso preventivo no está suficientemente reconocida, resaltando la necesidad de valorarla, formarla y darle autoridad.

Grupo de técnicas/os de prevención de riesgos laborales:

Este grupo analizó las principales deficiencias y retos en la gestión de la seguridad dentro del sector, identificando áreas clave de mejora. Pusieron de relieve que, aunque poseen un conocimiento profundo en sus áreas específicas, a menudo carecen de una visión global sobre el ciclo completo de la ejecución, puesta en marcha y mantenimiento de una instalación solar fotovoltaica.

Se observó que existe una cultura preventiva más desarrollada en la ejecución de las instalaciones solares ubicadas en suelo, en comparación con las realizadas en cubiertas, donde los riesgos son mayores y están menos controlados.

Uno de los principales problemas señalados fue la dificultad que encuentran para acceder a información relevante para hacer la evaluación de riesgos, como la resistencia de las cubiertas ya mencionada, estudios de carga o la localización de instalaciones peligrosas cercanas, como líneas eléctricas aéreas próximas. A esta carencia de datos se suma la dificultad para hacer visitas previas, ya que no siempre es posible inspeccionar los emplazamientos antes de la firma del contrato, lo que impide la identificación temprana de riesgos y una correcta planificación preventiva.

Como condiciones peligrosas en cubiertas se identificaron los accesos inadecuados, las cubiertas no transitables, los elementos frágiles sin protección o las altas temperaturas. También se advirtió sobre riesgos eléctricos derivados de malas prácticas durante las instalaciones.

Citaron que el Código Técnico de la Edificación¹⁵ tiene carencias, señalando que no aborda adecuadamente el mantenimiento

posterior de las cubiertas ni integra desde el proyecto inicial medidas preventivas que faciliten intervenciones futuras. En la práctica, esto lleva a un uso predominante de protecciones temporales dado que la instalación no es propiedad del instalador. Entre estas protecciones se tiende a optar por soluciones temporales como barandillas autoportantes o redes para lucernarios. Asimismo, una de las barreras más comunes sigue siendo la resistencia por parte de los clientes a aceptar partidas presupuestarias destinadas a seguridad y salud, lo que complica la implementación de medidas de seguridad adecuadas.

También se puso de manifiesto la falta de criterios unificados en el sector respecto a las formaciones en PRL. En cuanto a la modalidad de impartición, se valoró especialmente la presencial por ser más efectiva que la *online*. Se mencionó la necesidad de fomentar la integración de la PRL en el diseño de los proyectos, y se constató una disparidad en los niveles de conocimiento y aplicación de la PRL entre empresas con trayectoria consolidada y aquellas de reciente incorporación al sector.

Por último, en relación con la coordinación de actividades empresariales, coinciden con otros grupos en que en la mayoría de los casos se limita a un mero intercambio de documentación.

Grupo de asociaciones:

Las asociaciones APPA, FENIE y UNEF, como entidades representativas del sector, ofrecieron una perspectiva complementaria, fundamentada en su contacto continuo con las empresas.

Las asociaciones manifestaron que las empresas instaladoras muestran madurez en la incorporación de energías renovables, pero la PRL recibe poca atención en las consultas que les hacen, predominando temas técnicos y regulatorios.

La comunicación con las empresas se realiza a través de canales digitales y circulares, e informalmente mediante consultas directas, adaptándose a diferentes perfiles empresariales.

El sector se rige por el convenio del metal y, aunque la formación teórica es valorada, se identifica una necesidad de mejorar la formación práctica específica, además de abordar la falta de relevo generacional.

Asimismo, advirtieron que existe una creciente sensibilización hacia la seguridad impulsada por la demanda, pero la aplicación efectiva de la PRL y la claridad normativa son áreas de mejora, especialmente en instalaciones que no requieren proyecto, que son las instalaciones de autoconsumo con potencia inferior a 10 kW.

¹⁵ [Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación](#)

Por último, subrayaron la importancia de concienciar a la sociedad sobre la responsabilidad de contratar personal cualificado; y que el futuro del sector fotovoltaico y del autoconsumo se percibe con crecimiento, pero con desafíos en regulación, la participación ciudadana y el fomento de nuevos profesionales.

Principales consideraciones de los grupos de trabajo

De todas las aportaciones recogidas de las entrevistas grupales, se destacan las siguientes cuestiones primordiales extraídas de los diálogos:

- **Distinciones en cubiertas: naves industriales vs. viviendas.** Aunque el autoconsumo en suelo es residual, nos centramos en dos escenarios principales: las instalaciones de autoconsumo en cubiertas de naves industriales y el autoconsumo en cubiertas de viviendas residenciales. En las naves industriales, el cliente suele ser una empresa con cierta estructura organizativa, que conoce el tipo y las características de la cubierta que tiene, y exige una documentación mínima como requisito de acceso a la misma, además de organizar reuniones o charlas previas al inicio de los trabajos. Sin embargo, en el ámbito residencial la concienciación en materia de PRL por parte del cliente suele ser, por lo general, mucho menor o incluso nula en algunos casos, en las que prima el coste de la instalación frente a la seguridad y salud de las personas trabajadoras.
- **Crecimiento y profesionalización del sector (2019-2022).** El sector del autoconsumo experimentó un importante crecimiento, atrayendo a numerosas empresas, muchas de ellas provenientes de otros sectores. Esta afluencia, en ocasiones, generó cierto intrusismo en el mercado. Aunque algunas de estas empresas llegaron con una clara vocación de permanencia, muchas otras carecían de la experiencia y cualificación necesarias que derivó en niveles profesionales muy dispares. Esta diversidad, dificultó la tarea de diferenciar entre las empresas más y menos preparadas. No obstante, con el paso del tiempo, el propio mercado ha actuado como filtro natural, depurando el escenario y permitiendo que las empresas con mayor profesionalidad y experiencia se diferencien de aquellas que no lo estaban tanto.
- **Formación de personas instaladoras.** La formación de la plantilla es heterogénea; se puso de manifiesto la necesidad de formación continua para mejorar en seguridad y en calidad. Dichas formaciones no son específicas para trabajos en cubierta y tienen escasa formación práctica donde aplicar conocimientos teóricos.
- **Situaciones peligrosas identificadas en trabajos en cubierta.** El tránsito por cubiertas inclinadas y de fibrocemento, el uso de medios de acceso inadecuados, la existencia de lucernarios o claraboyas sin protección o la manipulación

manual de los módulos/paneles son los aspectos que más destacaron.

- **Condiciones meteorológicas adversas.** Son un punto crítico. La exposición a altas temperaturas puede tener consecuencias graves en la persona trabajadora, como son las caídas de altura tras golpe de calor; el viento, que dificulta la manipulación de los módulos, especialmente los de gran tamaño, y la lluvia que origina suelo resbaladizo, entre otros. Esta circunstancia es particularmente delicada para las empresas pequeñas que, debido a su menor margen económico, sienten mayor presión de tiempo para completar los proyectos, lo que a menudo las lleva a ejecutar los trabajos de forma apresurada o en condiciones meteorológicas no adecuadas.
- **Falta de visitas previas para la evaluación de riesgos.** Aunque se reconoce la importancia de las visitas previas para realizar una adecuada evaluación de riesgos y para recoger las particularidades en los nuevos contratos de la instalación, con el fin de poder ofrecer un presupuesto preciso y una correcta planificación de los trabajos, la falta de estas inspecciones previas sigue siendo una práctica habitual, sobre todo en proyectos pequeños. Inicialmente, muchas empresas formulaban sus ofertas basándose únicamente en información remota, como imágenes satelitales. Aunque se subraya la necesidad de realizar estas visitas previas, el coste que implica cada desplazamiento para presupuestar instalaciones en viviendas lleva a algunas empresas a realizar estimaciones mediante conversaciones con el cliente y herramientas online. Esta práctica omite la recogida de información relevante que permitiría identificar problemas de seguridad del emplazamiento.
- **Resistencia estructural de la cubierta y viento.** Se mencionó que, en este tipo de instalaciones, especialmente en las de pequeña potencia, la evaluación de la resistencia estructural de la cubierta es prácticamente nula. A menudo se procede a la ejecución de los trabajos sin un estudio técnico previo, lo que implica desconocer si la estructura soportará el peso adicional de la instalación, de las fuerzas debidas a la acción del viento, de la nieve, etc., además de las cargas asociadas a las personas trabajadoras. La falta de información sobre la resistencia de las cubiertas, especialmente en edificios antiguos, es un problema. Se cita que se debería exigir siempre un análisis previo del estudio de cargas para determinar su capacidad portante, evitando así comprometer la integridad estructural. Además, el efecto vela de los módulos fotovoltaicos bajo el viento es un riesgo considerable que se ignora con frecuencia. Sin un estudio previo de la resistencia de la cubierta a estas acciones, la instalación podría resultar vulnerable a daños graves.

CONCLUSIONES

El autoconsumo fotovoltaico en cubierta se consolida como una solución clave impulsado por el actual marco normativo del PNIEC, que se ha propuesto alcanzar 19 GW de capacidad

instalada para 2030. Sin embargo, este objetivo de crecimiento conlleva un aumento de la exposición a determinados riesgos laborales, principalmente los asociados a los trabajos en altura durante la instalación y el mantenimiento de los sistemas solares fotovoltaicos.

Instalar módulos solares sobre cubiertas, al igual que ocurre con cualquier otra actividad que se desarrolle sobre estos emplazamientos, plantea retos de seguridad significativos, caracterizados frecuentemente por la ausencia de la integración de la prevención durante su diseño, que trae consigo la falta de accesos seguros, protecciones colectivas o individuales, como líneas de anclaje, y la presencia de zonas frágiles. Por otra parte, hay que tener en cuenta que una parte importante del sector instalador está compuesto por pequeñas empresas y personas trabajadoras por cuenta propia, con recursos y formación en PRL específicos limitados, lo que incrementa su susceptibilidad ante los riesgos de caída.

Los resultados del cuestionario del grupo de trabajo revelaron una mayor frecuencia de uso de protecciones individuales frente a las colectivas (cuando estas últimas deberían priorizarse siempre) y la escasez de protecciones permanentes en las cubiertas, como barandillas de al menos 90 cm de altura. Por otra parte, las principales preocupaciones manifestadas son: las condiciones meteorológicas adversas, las cubiertas frágiles como las de fibrocemento, y la presencia de claraboyas/lucernarios no protegidos.

Adicionalmente, los grupos de trabajo entrevistados identificaron diferencias en la gestión de la seguridad entre las instalaciones que se realizan en naves industriales (generalmente con clientes más conscientes y empresas de mayor tamaño) y las que se realizan en viviendas residenciales (donde las empresas que las llevan a cabo suelen ser más pequeñas y, sobre todo, prima el coste). También destacaron las diferencias en la formación del personal instalador y la peligrosidad de tareas como el tránsito por la cubierta y la manipulación de materiales. Además, existe una percepción generalizada de que las cubiertas de edificios más recientes suelen ofrecer mayor seguridad en comparación con las construcciones antiguas.

Ante esta realidad, el notable y acelerado crecimiento del autoconsumo fotovoltaico, aunque fundamental para la transición energética, exige una atención prioritaria a los riesgos laborales asociados. La labor del grupo de trabajo impulsado por el INSST, en colaboración con asociaciones del sector, subraya la necesidad apremiante de promover y adoptar mejores prácticas preventivas. Estas deben centrarse en recopilar información de las

características de la cubierta (incluyendo accesos, resistencia y la existencia de elementos frágiles), evaluar los riesgos de los trabajos y planificar las intervenciones integrando las medidas preventivas. Esto debería incluir la presencia de recursos preventivos, cuando las circunstancias lo hagan necesario, y asegurar que las personas trabajadoras dispongan de la formación adecuada, tanto teórica como práctica, para las tareas a desarrollar, los riesgos que implican y las medidas preventivas a adoptar, prestando especial atención a las personas trabajadoras por cuenta propia y pequeñas empresas, que representan una parte significativa del sector.

Por todo ello, se considera necesario determinar medidas preventivas específicas destinadas a mejorar, en lo posible, las condiciones de trabajo para contribuir en la eliminación, reducción y/o control de los riesgos. La implementación generalizada de estas mejoras resulta fundamental para mitigar los factores de riesgo, como las caídas, la exposición a condiciones meteorológicas adversas y las dificultades en la manipulación de materiales, asegurando así la integridad de los profesionales involucrados en la instalación y el mantenimiento de estos sistemas de generación de energía eléctrica. Es esencial que estas medidas se desarrollen tanto en instalaciones industriales como, especialmente, en viviendas residenciales, donde existe menor sensibilización con respecto a la prevención de riesgos laborales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a APPA, FENIE y UNEF por su colaboración con el INSST, clave por su participación, aportación de conocimientos y excelente coordinación de las visitas.

Extendemos nuestro agradecimiento a la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y a las empresas: Instalaciones y Montajes Eléctricos Del Valle Aguayo, Opengy, Neositec, Edison Next, Cambio Energético, Solprolux, Elecsum, Ingeniería y prevención de riesgos S.L., Samara Energía, Innovación Verde Inver, ID Energy Group, Magma gestión integral de mantenimiento S.L., Sun-grow Ibérica S.A.U., Altermia y Eléctrica de Puerto Lápice S.L., cuyos trabajadoras/es, técnicas/os de PRL y representantes compartieron valiosas perspectivas y experiencias durante las entrevistas y visitas.

Asimismo, agradecemos a nuestros compañeros/as del INSST por su dedicación en la organización y realización de estas entrevistas.

Finalmente, nuestro reconocimiento al Observatorio Estatal de Condiciones de Trabajo (INSST) por los datos proporcionados. ●

■ Referencias bibliográficas ■

1. ONU. Agenda 2030. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
2. Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2023-2027. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/estrategia-espa%C3%B1ola-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo-2023-2027>
3. Acuerdo de París. Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
4. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Diccionario Forestal*.
5. Acuerdo Verde Europeo. Disponible en: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en?prefLang=es
6. Ley Europea del Clima. Reglamento (UE) 2021/1119 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de junio de 2021 por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifican los Reglamentos (CE) n.º 401/2009 y (UE) 2018/1999 («Legislación europea sobre el clima»).
7. Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima
8. Directiva de Energías Renovables —RED III— Directiva (UE) 2023/2413 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de octubre de 2023, por la que se modifican la Directiva (UE) 2018/2001, el Reglamento (UE) 2018/1999 y la Directiva 98/70/CE en lo que respecta a la promoción de la energía procedente de fuentes renovables y se deroga la Directiva (UE) 2015/652 del Consejo.
9. Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética
10. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf
11. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2023-2030. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/energia/files-1/pniec-2023-2030/PNIEC_2024_240924.pdf
12. Publicaciones de Red Eléctrica de España. Disponible en: <https://www.ree.es/es/datos/publicaciones>.
13. Asociación Empresas de Energías Renovables APPA - Informe Anual de Autoconsumo 2024. Disponible en: <https://www.informeautoconsumo.es/iii-informe-anual-del-autoconsumo-fotovoltaico/>.
14. Unión Española Fotovoltaica – Solar y Almacenamiento - *El autoconsumo sigue avanzando, superando ya el umbral de los 8GW instalados | Comunicación | UNEF*
15. Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica
16. Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación
17. Instituto Nacional de Estadística. INEbase. Empresas. Economía. DIRCE. Empresas por condición jurídica, actividad principal (grupos CNAE 2009) y estrato de asalariados. 2024. Disponible en: <https://ine.es/dynt3/inebase/index.htm?padre=54&cap=sel=3920>.
18. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O. A., M.P., 2019. Folleto: "Trabajos en cubierta: Lo importante es bajar con vida". Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/material-divulgativo-y-audiovisual/folleto/campana-de-trabajos-en-cubiertas-ano-2019>

Control biológico de la exposición a metales pesados de la población trabajadora en una planta de incineración de residuos sólidos urbanos

Rocío Guevara de Bonis

Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. INSST

La incineración de residuos es un proceso consistente en el tratamiento térmico mediante combustión de los materiales. El objetivo es reducir el impacto medioambiental que se deriva de otros medios de eliminación de residuos como, por ejemplo, el depósito en vertederos de los residuos sin tratar. La incineración ofrece una serie de ventajas, como la considerable reducción de volumen de la masa de residuos y la posible recuperación de energía. No obstante, también genera consumos y emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes tóxicos, entre ellos los metales, con efectos negativos tanto para el medioambiente como para la salud humana.

INTRODUCCIÓN

La regulación de las emisiones de las instalaciones de incineración o co-incineración de residuos viene definida, en el ámbito europeo, por la *Directiva 2010/75/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de noviembre de 2010, relativa a las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación)* [1]. A nivel nacional, el marco regulador lo establece el *Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación* [2] y el reglamento que lo desarrolla, el *Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación* [3]. Este real decreto

define como instalación de incineración una unidad técnica dedicada al tratamiento térmico de residuos con o sin recuperación del calor producido por la combustión. No obstante, cuando la instalación tenga como finalidad principal la generación de energía o la fabricación de productos materiales utilizando residuos como combustible, se denomina instalación de co-incineración de residuos.

Como resultado del proceso de combustión, las instalaciones de incineración de residuos emiten al medioambiente diversas sustancias a través de sus chimeneas, fundamentalmente gases como monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NOx), cloruro y fluoruro de hidrógeno (HCl y HF); compuestos orgánicos volátiles como dioxinas, furanos y bifenilos policlorados, y hollín,



partículas de diversos tamaños y metales y sus óxidos y sales [3]. Entre estos últimos resultan especialmente relevantes, debido a su elevada toxicidad y su presencia generalizada, el plomo (Pb), el cadmio (Cd), el mercurio (Hg), el cromo (Cr), el níquel (Ni) y el arsénico (As) [3,23].

Estos metales son emitidos a la atmósfera no sólo por la incineración de residuos, sino también por muchas otras fuentes y, dado que los metales no son biodegradables, tienden a acumularse en el medioambiente (suelo, agua y aire) contaminando así la cadena alimentaria. Esto condiciona que, para los individuos no expuestos laboralmente, la principal vía de exposición a metales sea la alimentaria [4].

En los estudios epidemiológicos para evaluar la exposición total de las personas a metales y demás contaminantes, habitualmente se utilizan biomarcadores, ya que integran todas las vías de exposición posibles: la inhalación, el contacto dérmico, la vía parenteral y la ingestión. Así, los hábitos personales, como el tipo de dieta y el consumo de tabaco, también pueden influir en los niveles internos de estos contaminantes, lo que debe tenerse en cuenta en la interpretación de los datos de control biológico.

Algunos metales son esenciales para el ser humano, aunque pueden resultar tóxicos a concentraciones superiores a las

necesarias para el organismo. El resto de los metales, los no esenciales y los metaloides, son nocivos para la salud a cualquier concentración y reciben la denominación genérica de metales pesados o metales tóxicos. Entre los posibles efectos adversos para la salud se hallan la carcinogenicidad, la mutagenicidad y la reprotoxicidad, motivo por el que la exposición a muchos de ellos se encuentra regulada en la Unión Europea con valores límite ambientales y biológicos.

El Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos durante el trabajo [5], tras las últimas modificaciones, ha ampliado la lista de agentes con valor límite de exposición profesional del anexo III, incluyendo actualmente los siguientes metales: el plomo y sus compuestos inorgánicos; el cadmio y sus compuestos inorgánicos; el mercurio y los compuestos inorgánicos divalentes del mercurio, incluidos el óxido de mercurio y el cloruro de mercurio; los compuestos de cromo (VI); los compuestos de níquel; el ácido arsénico y sus sales y los compuestos inorgánicos del arsénico, y el berilio y los compuestos inorgánicos del berilio.

En consecuencia, dados los posibles efectos para la salud de los metales pesados, es necesario un control continuo de este tipo de instalaciones que permita garantizar, no solo a la población

trabajadora sino también a la población general que viva cerca, la ausencia de riesgo para la salud a corto y largo plazo, asociado con la exposición a sus emisiones.

En Mataró (Barcelona), a finales de 1994, se puso en funcionamiento la planta incineradora de residuos sólidos urbanos (RSU) del Maresme, como parte integrante del Centro Integral de Valorización de Residuos. Con el objetivo de evaluar los posibles efectos adversos sobre la salud del personal trabajador y de la población general cercana a la planta incineradora, se inició un estudio de control biológico de los niveles de dioxinas, furanos, bifenilos policlorados y metales pesados, todos ellos contaminantes ambientales generalmente liberados por las plantas incineradoras en el proceso de combustión de residuos.

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) participó en este estudio, realizando las determinaciones analíticas de los metales pesados presentes en las muestras biológicas del personal trabajador de la planta incineradora del Maresme. Los metales analizados fueron los considerados más habituales en las emisiones de este tipo de instalaciones: el Pb, el Cd, el Hg, el Cr y el Ni.

PLOMO

El plomo y sus compuestos inorgánicos son importantes agentes reprotóxicos presentes en el ámbito profesional que pueden tener efectos adversos tanto en la fertilidad y el desarrollo del feto como en el organismo en general. La concentración corporal del Pb va aumentando con la edad y aunque una vez asimilado se distribuye por varios órganos como el cerebro, el hígado o los riñones, se acumula fundamentalmente en los huesos. Posteriormente, se va liberando lentamente al sistema circulatorio, por lo que su nivel en la sangre puede seguir siendo elevado mucho tiempo después de que se haya reducido la exposición al plomo y sus compuestos inorgánicos. La exposición prolongada puede tener efectos adversos en el sistema nervioso (dolor de cabeza, irritabilidad, depresión, ataxia, alteraciones auditivas, etc.), el hematológico (anemia), el gastrointestinal (cólicos), el cardiovascular (hipertensión), el renal, el inmunológico y el reproductivo (disminución del recuento y aumento del número anormal de espermatozoides). Los efectos sobre la salud pueden extenderse a los descendientes con afectación del desarrollo cerebral de los niños, lo que se traduce en una reducción del cociente intelectual, cambios en el comportamiento, menor capacidad de atención y un aumento del comportamiento antisocial [6, 7].

Debido a todos estos efectos señalados en la investigación científica, el plomo y sus compuestos inorgánicos cumplen los criterios para ser clasificados como tóxicos para la reproducción de categoría 1A de conformidad con el 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) [8], por su

afectación de la función sexual y la fertilidad, tanto del hombre como de la mujer, y al desarrollo del feto o la descendencia, sin que exista un nivel seguro de exposición.

En España, el Real Decreto 665/1997, en su anexo III bis, establece un valor límite biológico (VLB®) vinculante de 70 µg Pb/100 ml de sangre para el plomo y sus compuestos inorgánicos. No obstante, una vez se realice la transposición de la *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* [9], estos valores límite biológicos se verán reducidos a 30 µg Pb/100 ml de sangre (con un periodo transitorio hasta el 31 de diciembre de 2028) y a 15 µg Pb/100 ml de sangre a partir del 1 de enero de 2029.

Sin embargo, para las mujeres en edad fértil, el Comité de Evaluación de Riesgos (CER) de la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA, por sus siglas en inglés) recomienda reducir al mínimo la exposición laboral al plomo, ya que el VLB® actual no protege frente a la toxicidad para el desarrollo, es decir, no es científicamente posible determinar un nivel por debajo del cual la exposición a plomo y sus compuestos inorgánicos sea segura para el desarrollo de la descendencia de las trabajadoras en edad fértil y para los posibles efectos sobre el sistema nervioso central en el feto o en el lactante. El CER recomienda que el nivel de plomo en sangre de las mujeres en edad fértil no supere los valores de referencia de la población general no expuesta del Estado miembro de que se trate y, en ausencia de estos, no excedan el valor biológico orientativo de 4,5 µg/100 ml de sangre [10].

Se debe tener en cuenta que la población general no expuesta también presenta valores de Pb en sangre detectables debido a la contaminación medioambiental. Aunque el plomo se



encuentra de forma natural en la corteza terrestre, su presencia generalizada en el medioambiente se debe fundamentalmente a la actividad humana, como la minería, la fundición, el refinado, el reciclado de plomo y su uso en diversas industrias como la de producción de baterías, de pinturas, de esmaltes o de vidrio. Si bien, la prohibición en España del uso de plomo en la gasolina desde el 1 de agosto de 2001 dio lugar a una significativa reducción de su concentración ambiental y, en consecuencia, de los niveles biológicos de plomo en la población general.

Los estudios muestran que el plomo representa cerca de la mitad de toda la exposición profesional a agentes reprotóxicos. En la población trabajadora, se estima que es responsable de cerca del 50 % de los casos de problemas de salud relacionados con agentes reprotóxicos en el entorno laboral [6, 7].

CADMIO

El cadmio es un agente carcinógeno. La exposición a humos de cadmio puede provocar cáncer de pulmón y, con pruebas limitadas en los estudios epidemiológicos, cáncer de riñón y de próstata. También puede provocar efectos genéticos como daños cromosómicos o inestabilidad genómica e inducir mutaciones hereditarias en las células germinales humanas, así como inducir alteraciones en los procesos epigenéticos y de transducción de señales, que pueden contribuir a la desregulación del crecimiento celular [11, 12]. Además, se supone que es tóxico para la reproducción humana. Por todo esto, el Cd y sus compuestos inorgánicos están clasificados de forma armonizada en el anexo VI del Reglamento CLP como cancerígeno de categoría 1B, mutágeno de categoría 2 y reprotóxico de categoría 2 [8].

La vida media biológica del cadmio en los seres humanos suele estar entre 10 y 35 años. Además de los efectos ya mencionados, una exposición prolongada puede provocar alteraciones en el metabolismo del calcio, formación de cálculos renales y osteomalacia y osteoporosis; su acumulación en los riñones puede provocar una disfunción tubular renal pudiendo progresar a nefropatía; los efectos tóxicos alcanzan también el sistema respiratorio, donde una exposición a elevadas concentraciones por inhalación de vapores de óxido de cadmio puede provocar neumonitis aguda con edema pulmonar, pudiendo ser letal, y cuando la exposición se prolonga en el tiempo se asocia con la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).

El Cd suele estar presente en el medio ambiente a bajas concentraciones, sin embargo, la actividad humana ha hecho aumentar considerablemente estos niveles medioambientales. Las principales fuentes antropogénicas son la fundición de minerales metálicos, la combustión de combustibles fósiles, la producción de metales ferrosos, la incineración de residuos y la producción de cemento. Las emisiones de cadmio provenientes de estas fuentes pueden depositarse en los suelos cultivables y en el agua, por lo que los alimentos constituyen la principal fuente de contaminación en la población general no fumadora. También, la

planta del tabaco acumula de forma natural concentraciones relativamente altas de cadmio en sus hojas, por lo que fumar tabaco puede provocar un aumento significativo de su concentración en el riñón, el principal órgano diana, y superar la exposición respecto a la procedente de los alimentos.

Las exposiciones profesionales más elevadas tienen lugar en la producción y el refinado de cadmio, la fabricación de baterías de níquel-cadmio, la fabricación y formulación de pigmentos de cadmio, la producción de aleaciones de cadmio, el chapado mecánico, la soldadura fuerte con aleación de plata-cadmio-plata y su utilización como estabilizador en la producción de plásticos [11, 12].

MERCURIO

El mercurio se encuentra en la naturaleza como mercurio elemental (o metálico), inorgánico (por ejemplo, cloruro mercuríco) y orgánico (por ejemplo, metilmercurio y etilmercurio). Todas estas formas tienen diferentes efectos tóxicos para la salud [13, 14].

Como sucede con la mayoría de los metales contaminantes, aunque existen fuentes naturales de liberación de mercurio como la actividad volcánica o la erosión de las rocas, la mayor fuente de emisión es la actividad antropogénica. La mayor parte del mercurio presente en el medioambiente procede sobre todo de las centrales eléctricas de carbón, las calderas industriales de carbón y las instalaciones de incineración de residuos. Adicionalmente, también se libera en procesos de fundición y calcinación durante la producción de metales no ferrosos, en la producción de clínker de cemento y en la removilización de fuentes pregeneradas como vertederos y residuos.

El mercurio elemental es un líquido que se vaporiza con facilidad pudiendo permanecer hasta un año en la atmósfera, lo que favorece su transporte y depósito en lugares muy distantes del foco emisor. Cuando se deposita en los sedimentos de lagos, ríos o bahías, se transforma en metilmercurio, pudiendo ser absorbido por el fitoplancton y entrando así en la cadena alimentaria y acumulándose especialmente en especies depredadoras longevas. De modo que, el consumo de pescado y marisco contaminado es una de las principales fuentes de exposición al metilmercurio en la población general.

El metilmercurio consumido por las mujeres embarazadas a través de la dieta puede provocar problemas neurológicos en el feto incluyendo discapacidad intelectual, pérdida de visión y audición, retraso en el desarrollo, trastornos del lenguaje y pérdida de memoria. En lactantes y niños pequeños, se ha notificado una afección denominada acrodinia o “enfermedad rosa”, caracterizada por extremidades enrojecidas y dolorosas con hinchazón local y picor intenso, y que puede ir acompañada de insomnio, irritabilidad y sensibilidad a la luz, como consecuencia de la exposición crónica al mercurio.

En adultos, también se pueden ocasionar trastornos neurológicos y del comportamiento tras la inhalación, ingestión o contacto dérmico de diferentes compuestos de mercurio, con síntomas que incluyen temblores, insomnio, pérdida de memoria, efectos neuromusculares, cefaleas y disfunción cognitiva y motora. Otros efectos también descritos son trastornos renales, digestivos, pulmonares e inmunitarios, que pueden llegar a ser mortales. A nivel dérmico, las sales inorgánicas de mercurio son corrosivas para la piel, los ojos y el tracto gastrointestinal.

En trabajadores expuestos se han podido observar signos subclínicos leves de toxicidad del sistema nervioso central y periférico por la inhalación prolongada durante varios años de vapores de mercurio a concentración igual o superior a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [13,14].

En consecuencia, el mercurio y sus compuestos inorgánicos están considerados como tóxicos para la reproducción humana, suponiendo una amenaza especial para el feto y los niños en sus primeros años de vida, motivo por el cual están clasificados de forma armonizada como reprotoxicos de categoría 1B de acuerdo con el Reglamento CLP [8].

CROMO

El cromo es un elemento natural presente en el polvo volcánico, las rocas y el suelo. Como cromo elemental rara vez se encuentra de forma natural en el medioambiente, pero puede existir en varios estados de oxidación debido a su alto potencial redox. Las dos formas más estables son el cromo trivalente (Cr (III)) principalmente, y el cromo hexavalente (Cr (VI)), con diferentes propiedades físicas, químicas y toxicológicas. El Cr (III) se encuentra normalmente en la naturaleza en forma de mineral cromita (también ferrocromita o cromoferrita), es en gran parte de origen geológico y es menos soluble, es un oligoelemento esencial para los seres humanos, aunque la exposición crónica puede resultar perjudicial; mientras que el Cr (VI), el segundo estado de oxidación más estable, se genera principalmente a partir de actividades antropogénicas y es el estado de oxidación que suscita mayor preocupación debido a su extrema toxicidad para los organismos vivos [15,16,17].

El Cr (VI) se genera en muchas aplicaciones industriales. Aproximadamente el 90 % de todo el mineral de cromita se utiliza en metalurgia y en la fabricación de acero inoxidable para aportar un acabado brillante y resistencia a la corrosión, el cromado. Además, estos compuestos también se utilizan en la fabricación de tintes y pigmentos, en el curtido y tinte de pieles, y como conservante de la madera.

Los compuestos de Cr (VI) suelen clasificarse como solubles en agua, insolubles o ligeramente solubles. De esta solubilidad y del tamaño de las partículas del compuesto concreto inhalado dependen su absorción, su retención y su eliminación final del organismo.

Las principales vías de exposición profesional son el contacto dérmico con productos que contienen Cr (VI) y la vía inhalatoria de polvos, nieblas o humos de compuestos de Cr (VI) insolubles en agua o poco solubles, liberados en el aire directamente de los procesos industriales. Esta exposición es la que se ha relacionado con la inducción de cáncer.

Por otro lado, la población general que reside en las proximidades de fuentes antropogénicas de Cr (VI) puede estar expuesta por inhalación o por ingestión de agua potable contaminada. La vía digestiva es la principal vía de exposición para el resto de la población, aunque la mayor parte del cromo ingerido a través de los alimentos es Cr (III), que es absorbido fácilmente por las plantas entrando así en la cadena alimentaria.

Los tipos de cánceres que se han descrito como consecuencia de la exposición a compuestos de Cr (VI) son el cáncer de pulmón, el cáncer nasal y de senos nasales, posiblemente cáncer de estómago (aunque con pocas evidencias), así como posibles implicaciones en los cánceres urotelial, de tiroides y de piel.

Además, estudios recientes también asocian la exposición a Cr (VI) con problemas de nefrotoxicidad; hipersensibilidad, alergias y reducción de la actividad o eficacia del sistema inmunitario; irritación cutánea, de la mucosa nasal y de las vías respiratorias y gastrointestinales; y cada vez se reconoce más como neurotóxico. Además, la inhalación de grandes cantidades de cromo (VI) puede causar anemia, ulceraciones y otros problemas respiratorios como obstrucción nasal, tos, sibilancias y eritema facial [15,16,17].

La mayoría de los compuestos de Cr (VI), tanto orgánicos como inorgánicos, están clasificados de forma armonizada en el Reglamento CLP como cancerígenos de categoría 1A o 1B [8].

NÍQUEL

Los compuestos de níquel pueden clasificarse en función de su solubilidad y, dependiendo de esta, causar diferentes efectos sobre la salud. Estos efectos también dependen de la vía de entrada al organismo (inhalación, ingestión de alimentos y agua o absorción dérmica) y de la dosis y la duración de la exposición [12,16,18].

Entre las manifestaciones más comunes derivadas de la exposición se encuentran la sensibilización dérmica, la dermatitis de contacto y las alergias. Una pequeña fracción del níquel puede ser absorbida a través de la piel penetrando a través de los conductos sudoríparos y los folículos pilosos cuando los iones Ni^{2+} o las partículas de níquel entran en contacto con la piel.

Asimismo, pueden provocar sensibilización de las vías respiratorias, irritación nasal y de senos paranasales, así como pérdida del sentido del olfato, perforación del tabique nasal, fibrosis pulmonar o asma. Otros efectos asociados incluyen afectaciones

gastrointestinales y renales, enfermedades cardiovasculares y neurotoxicidad.

Los compuestos insolubles de níquel tienden a permanecer durante más tiempo en los pulmones y se consideran las principales formas responsables del potencial cancerígeno del metal. Numerosos estudios epidemiológicos muestran una elevada incidencia de cáncer de pulmón y de fosas nasales en personas trabajadoras expuestas al níquel y sus compuestos. También pueden inducir mutaciones hereditarias en las células germinales humanas, así como efectos teratogénicos. Por otro lado, las nanopartículas de níquel se han asociado con toxicidad para la reproducción.

Debido a estos riesgos, los compuestos de níquel, principalmente los inorgánicos e insolubles, se encuentran clasificados de forma armonizada como cancerígenos de categoría 1A, mutágenos de categoría 2 y reprotóxicos de categoría 1B en el Reglamento CLP [8].

En el medioambiente, el níquel procede tanto de fuentes naturales como de la actividad antropogénica. La lixiviación directa de rocas y sedimentos puede conllevar altas concentraciones de níquel en el agua, donde está presente en forma de ion divalente o como partículas insolubles en suspensión. También puede ser emitido por la actividad volcánica. Por tanto, dada su abundancia en la corteza terrestre, el ser humano está constantemente expuesto a este metal.

Las principales fuentes antropogénicas incluyen la combustión de combustibles fósiles (carbón, gasóleo y fuelóleo) y la incineración de residuos, generando emisiones en forma de óxidos, sulfuros, compuestos solubles y, en menor medida, como níquel metálico.

En la población general, la principal vía de exposición al níquel es la inhalatoria, especialmente en comunidades cercanas a fuentes industriales de emisión. También puede producirse exposición por ingestión de alimentos o agua contaminada, así como por el consumo de tabaco, ya que cada cigarrillo puede contener entre 1,1 y 3,1 µg de níquel.

En entornos laborales, la exposición por inhalación es la vía de mayor impacto, produciendo sus efectos tóxicos en las vías respiratorias, los pulmones y el sistema inmunitario. Las personas trabajadoras de las industrias dedicadas a la producción y transformación de Ni están expuestas tanto por vía inhalatoria como, en menor medida, por contacto dérmico [12,16,18].

OBJETIVO

El objetivo del estudio es evaluar la exposición a metales pesados en una población trabajadora de una planta incineradora de residuos sólidos urbanos mediante el control biológico de los niveles de estos contaminantes en sangre u orina.



MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio constituye el control biológico de metales pesados, realizado en 2022, en 9 participantes voluntarios entre la población trabajadora de la planta incineradora de residuos sólidos urbanos del Maresme instalada en Mataró (Barcelona). Se llevó a cabo la determinación de los niveles de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en sangre y mercurio (Hg), cromo (Cr) y níquel (Ni) en orina, y a cada participante se le suministró un cuestionario de recogida de datos de salud y hábitos de vida.

Recogida de muestras

Se llevó a cabo una toma de muestras de sangre total y de orina esporádica en el centro de salud correspondiente a cada persona trabajadora. Las muestras de sangre se recogieron en tubos tipo *vacutainer* con EDTA-K3 y las muestras de orina en recipientes para orina. Tras la recogida de las muestras de sangre y de orina, estas fueron alícuotadas en viales de 2 ml y congeladas inmediatamente a -30 °C. Las muestras se conservaron a -20 °C, en los mismos viales en que se recibieron, hasta su análisis en el laboratorio.

En relación con el momento de la obtención de las muestras, se debe indicar que para el plomo y sus derivados iónicos y el cadmio, el momento del muestreo no es crítico ya que tienen una vida media de eliminación muy larga. Se van acumulando en el organismo durante toda la vida hasta alcanzar un estado estacionario. Así, la toma de muestra se puede realizar en cualquier momento.

Sin embargo, para el mercurio elemental y sus compuestos inorgánicos el momento de muestreo debería ser antes de comenzar la jornada laboral, 16 horas después de cesar la exposición.

Para el cromo (VI) y el Ni, el momento de muestreo debería ser al final de la semana laboral, después de 4 o 5 días consecutivos de trabajo con exposición, lo antes posible después del final de

la última jornada, dado que los indicadores biológicos se eliminan con vidas medias superiores a las 5 horas. Estos indicadores se acumulan en el organismo durante la semana de trabajo, por lo tanto, el momento de muestreo es crítico con relación a exposiciones anteriores.

Análisis de las muestras

El análisis del Pb y del Cd en sangre y del Cr y Ni en orina se realizó por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito y corrección de absorción de fondo mediante efecto Zeeman con un espectrofotómetro AAnalyst 800 (Perkin Elmer). El análisis del Hg en orina se realizó por espectrofotometría de absorción atómica mediante técnica de vapor frío utilizando el sistema FIAS con un analizador AMA-254 (LECO).

El análisis cuantitativo a partir de muestras puntuales puede verse afectado por la variabilidad en la concentración o dilución de la orina. Por esta razón, en el caso del mercurio, los resultados se corrigieron refiriéndolos a la concentración de creatinina, sustancia con mecanismo de excreción renal (filtración glomerular) similar a la del mercurio y cuya eliminación se mantiene razonablemente constante a lo largo del tiempo, medida en la misma muestra. Los resultados, se expresan en peso del metal por unidad de peso de creatinina ($\mu\text{g/g cr}$).

En este caso, atendiendo a lo indicado en el documento *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2025* (LEP 2025), se rechazaron las muestras de orina muy diluidas (creatinina $< 0,3 \text{ g/L}$) y las muestras muy concentradas (creatinina $> 3,0 \text{ g/L}$).

No obstante, cuando el indicador biológico es excretado por otro mecanismo, como sucede en el caso del Cr y del Ni, los resultados se expresan en peso del metal por litro de orina ($\mu\text{g/L}$).

Análisis estadístico

Se evaluó la distribución de los valores de concentración de cada uno de los metales mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Para los metales cuyos valores de concentración seguían una distribución normal, como medidas de tendencia central y dispersión, se obtuvieron la media aritmética (MA) y la desviación estándar (DS). Para aquellos metales cuyas concentraciones no seguían una distribución normal, se realizó una transformación logarítmica de los datos, para obtener un ajuste a una distribución log-normal; en este caso, como medidas de tendencia central y dispersión, se utilizaron la media geométrica (MG) y la desviación estándar geométrica (DSG). Cuando la distribución de las concentraciones no seguía una distribución normal ni log-normal, se obtuvo la mediana (Md) de los valores de concentración y el rango intercuartil (IQR).

Se obtuvieron los coeficientes de variación para las concentraciones en sangre y orina de cada uno de los metales.

Además, para evaluar posibles asociaciones, se analizó la correlación entre las concentraciones de cada metal y las variables personales de edad, índice de masa corporal (IMC) y consumo de tabaco, calculando su coeficiente de correlación mediante el programa estadístico *Free Statistics Software (v1.2.1)*, Office for Research Development and Education.

En el análisis, a los sujetos con niveles de concentración de metal por debajo del límite de detección (LOD) se les asignó la mitad del LOD del correspondiente metal y, cuando el nivel de concentración del metal estaba por debajo del límite de cuantificación (LOQ), se les asignó el valor intermedio entre ambos límites del metal correspondiente.

Valores límite profesionales y valores de referencia poblacionales

Se han adoptado como valores de referencia de los indicadores biológicos los VLB® recogidos en el documento LEP 2025, correspondientes a $70 \mu\text{g/dL}$ en sangre para el plomo y sus compuestos inorgánicos, $5 \mu\text{g/L}$ en sangre para el cadmio y sus compuestos inorgánicos, $30 \mu\text{g/g}$ de creatinina en orina para el mercurio elemental y compuestos inorgánicos y $7,5 \mu\text{g/L}$ en orina para los compuestos de cromo (VI) (como Cr total en orina) [20]. Finalmente, para el níquel y sus compuestos inorgánicos, dado que no tiene establecido un valor límite de exposición profesional para este metal en ningún fluido biológico, se tomó el valor de referencia el BEI (*Biological Exposure Index*) adoptado por la ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) (2025) para los compuestos inorgánicos en orina: níquel elemental y compuestos insolubles, fijado en $5 \mu\text{g/L}$ [21] (véase la tabla 3).

Hay que tener en cuenta que algunos metales están presentes en cantidades detectables en personas no expuestas laboralmente, aunque estos niveles de fondo ya están considerados en el VLB®.

Por otro lado, dada la ausencia de valores de referencia para la población general española no expuesta laboralmente (VR), a fin de poder realizar la comparación de los resultados obtenidos con valores poblacionales, se han utilizado los "Valores Biológicos de Referencia para Agentes Químicos" (BAR-2024), correspondientes a la exposición interna en poblaciones no expuestas ocupacionalmente al agente, publicados por la Fundación Alemana para la Investigación Científica (DFG, por sus siglas en alemán). Estos valores son: $1 \mu\text{g/L}$ en sangre para el Cd; $0,6 \mu\text{g/L}$ en orina para el cromo; y $3 \mu\text{g/L}$ en orina para el Ni [22]. En el caso del Pb, se utilizó el valor de concentración recomendado por el CER, establecido en $4,5 \mu\text{g/dL}$ en sangre [10]. Para el Hg, y ante la falta de valores oficiales más actualizados, se adoptó como referencia el valor propuesto en la NTP 109, del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, publicada en 1984, que establece un límite de $5 \mu\text{g/g}$ de creatinina en orina [23] (véase la tabla 3).

Los niveles de referencia representan una exposición de fondo y corresponden al nivel interno de los agentes o sus metabolitos en matrices biológicas, en una población compuesta por personas en edad laboral que no están expuestas profesionalmente a dicho agente. Estos niveles de referencia suelen establecerse como el percentil 95 del nivel obtenido mediante muestreo aleatorio en un grupo de población sin tener en cuenta los efectos sobre la salud, aunque sí puede verse afectado por la edad, el sexo, el estilo de vida o la región geográfica, entre otros factores, excluyendo a las personas fumadoras cuando el agente también se encuentra en el humo del tabaco [22].

RESULTADOS

Las principales características de la población trabajadora analizada se muestran en la tabla 1. El tamaño de la muestra estaba conformado por 2 mujeres (22,2 %) y 7 hombres (77,8 %) de

Tabla 1. Características antropométricas de la población trabajadora del estudio.

	Frecuencia absoluta	%	Media
Nº trabajadores	9		
Mujeres	2	22,2	
Hombres	7	77,8	
Edad			45,5 años
30 - 39	3	33,3	
40 - 49	3	33,3	
50 - 59	3	33,3	
IMC			23,9
< 18,5 Bajo peso	1	11,1	
18,5 - 24,9 Normopeso	5	55,6	
25 - 29,9 Sobrepeso	2	22,2	
30 - 34,9 Obesidad	1	11,1	
Consumo de tabaco			
Nunca	2	22,2	
Exfumador/a	2	22,2	
Fumador/a habitual	5	55,6	9 c/día

edades comprendidas entre 31 y 56 años, con una edad media de 45,5 años.

Más de la mitad de las personas trabajadoras presentaban normopeso, 2 presentaban sobrepeso, 1 obesidad y otra bajo peso, siendo la media del índice de masa corporal (IMC) 23,9.

Respecto al consumo de tabaco, 2 personas no habían fumado nunca, 2 eran exfumadoras y 5 eran fumadores habituales, con una media de 9 cigarrillos por día.

El estudio del control biológico incluyó la determinación de los niveles de Pb y Cd en sangre y de Hg, Cr y Ni en orina de la población trabajadora expuesta a las emisiones de la planta incineradora. Los datos del control biológico reflejan directamente la carga corporal total resultante de todas las vías de exposición, así como la variabilidad interindividual en los niveles de exposición, el metabolismo y las tasas de excreción.

Los valores obtenidos de cada uno de los metales fueron analizados mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Este reveló que los valores de concentración del Cd en sangre de las personas trabajadoras seguían una distribución normal, por lo que se calculó la media aritmética (0,491 µg/L) como medida de tendencia central y la desviación estándar (0,290 µg/L) como medida de dispersión para este metal.

El Pb, el Hg y el Cr (VI) no presentaban una distribución normal, sin embargo, realizando una transformación logarítmica de los datos, estos se ajustaban a una distribución log-normal, por lo que, como medidas de tendencia central y dispersión, se utilizaron la media geométrica (MG) y la desviación estándar geométrica (DSG), respectivamente. El Pb presentó una MG de 0,635 µg/L y una DSG de 3,21 µg/L. En el caso del Hg la MG que se obtuvo fue 0,281 µg/g cr y la DSG fue 2,42 µg/g cr. Y para el Cr (VI) se obtuvo una MG de 0,925 µg/L y una DSG de 4,67 µg/L. El Ni no seguía una distribución normal ni tampoco log-normal, por lo que para este metal se calculó la mediana (0,30 µg/L) y el rango intercuartil (0,3;0,3) (véase la tabla 2). En cualquier caso, hay que tener en cuenta que el porcentaje de concentraciones que no resultaron ser cuantificables o incluso detectables fue muy elevado en todos los casos (véase la tabla 2), más de la mitad (55,6 %) para el Pb y el Cr (VI), del 77,8 % para el Cd, el 88,9 % para el Ni y del 100 % en el caso del Hg.

Tabla 2. Medidas de posición central (MA, MG, Md) y de dispersión (DS, DSG, IQR) de las concentraciones de Pb y Cd en sangre y Hg, Cr y Ni en orina.

Estadístico	Pb (µg/dL)	Cd (µg/L)	Hg (µg/g cr)	Cr (µg/L)	Ni (µg/L)
MA (DS)		0,491 (0,290)			
MG (DSG)	0,635 (3,21)		0,281 (2,42)	0,925 (4,67)	
Md (IQR)					0,30 (0,3;0,3)

Donde: MA: media aritmética; MG: media geométrica; Md: mediana; DS: desviación estándar; DSG: desviación estándar geométrica; IQR: rango intercuartil; Cr = creatinina.

Tabla 3. Valores de referencia y VLB® con sus fuentes de origen y MA, MG y Md con sus DS , DSG e IQR, obtenidas de los metales estudiados: Pb, Cd, Hg, Cr y Ni.

Elemento	MA, MG, Md (SD, DSG, IQR)	VLB®	Fuente	VR	Fuente
Pb (en sangre)	0,635 µg/dL (3,21)	70 µg/dL	RD 665/1997	4,5 µg/dl	CER (ECHA)
Cd (en sangre)	0,491 µg/L (0,290)	5 µg/L	LEP 2025 (INSST)	1 µg/L	BAR-2024 (DFG)
Hg (en orina)	0,281 µg/g cr (2,42)	30 µg/g cr	LEP 2025 (INSST)	5 µg/g cr	NTP 109
Cr (en orina)	0,925 µg/L (4,67)	7,5 µg/L	LEP 2025 (INSST)	0,6 µg/l	BAR-2024 (DFG)
Ni (en orina)	0,30 µg/L (0,3;0,3)	5 µg/L	BEI 2025 (ACGIH)	3 µg/l	BAR-2024 (DFG)

Donde: MA: media aritmética; MG: media geométrica; Md: mediana; DS: desviación estándar; DSG: desviación estándar geométrica; IQR: rango intercuartil.

La variabilidad en las concentraciones de cada uno de los metales, expresada como coeficiente de variación, fue muy superior al 30 % en la mayoría de los casos, por lo que la concentración de metal en sangre u orina en el conjunto de las personas trabajadoras no se puede considerar homogénea.

A pesar de la dispersión tan elevada de las concentraciones de los metales en sangre y orina, ninguna de las personas trabajadoras presentaba valores de concentración de Pb, Cd, o Hg en su organismo por encima de los VLB® establecidos para la población trabajadora. Así mismo, tampoco se superaban los valores de referencia para la población general no expuesta laboralmente. Por lo que los valores de las MA y MG no sobrepasaron sus VLB® ni VR correspondientes (véase la tabla 3).

En detalle, la concentración media de Pb en sangre representó un 0,9 % de su VLB® (70 µg/100 mL) y un 1,5 % del valor establecido en el Real Decreto 665/1997 a partir del cual debe procederse a la vigilancia médica (40 µg Pb/100 ml de sangre). Por otro lado, la concentración media de plomo en sangre de las personas trabajadoras también resultó estar por debajo de los 4,5 µg/dl propuestos por la Directiva (UE) 2024/869 como valor biológico orientativo de referencia para la población general no expuesta y que España debería adoptar en ausencia de valor de referencia propio. La concentración media de plomo en sangre representó un 14,1 % de este valor biológico propuesto.

En el caso del Cd, la concentración media en sangre en la población trabajadora representó un 9,8 % del VLB® (5 µg/L) establecido en el documento LEP 2025. En relación con la población general no expuesta, el valor de la media supuso un 49,1 % del BAR-2024 (1 µg/L) adoptado como VR.

La concentración media de Hg en orina en la población trabajadora representó un 0,9 % del VLB® (30 µg/g cr) establecido en el documento LEP 2025 y un 5,6 % del valor propuesto en la NTP 109 considerado para la población general no expuesta laboralmente (5 µg/g cr).

A diferencia de estos metales, el Cr presentó un patrón diferente, debido a los resultados obtenidos para dos personas trabajadoras concretas cuyas concentraciones en orina resultaron ser mucho más elevadas que las del resto de trabajadores, incluso en un caso, superando en más del doble el VLB®, aunque sin desviar la media de las concentraciones por encima del VLB® establecido en el LEP 2025 (7,5 µg/L), del que representó un 12,3 %. Sin embargo, la media superó el VR establecido por la DFG para la población general no expuesta laboralmente (0,6 µg/L), representado un 154 % de este valor (véase la tabla 3).

Respecto al Ni, solo una persona mostró una concentración muy superior al resto y por encima de valor de referencia para la población general no expuesta laboralmente, aunque sin superar el VLB®. La mediana de esta distribución de valores de concentración representó un 6 % del BEI establecido por la ACGIH (5 µg/L) y un 10 % del BAR-2024 establecido por la DFG (3 µg/L) (véase la tabla 3).

Los resultados de las pruebas de correlación aplicadas para el análisis de los factores asociados a los niveles biológicos de los diversos metales estudiados mostraban que los niveles de Pb en sangre correlacionaban positivamente con la edad ($r = 0,662$) ($p = 0,05$) (véase la figura 1) y mostraban una ligera correlación positiva con el consumo de tabaco ($r = 0,400$) aunque sin ser estadísticamente significativa ($p = 0,187$) (véase la figura 2).

Los niveles de Cd en sangre mostraron una fuerte correlación positiva con el consumo de tabaco ($r = 0,770$) ($p < 0,05$) (véase la figura 3).

Respecto al Hg, también se observó una ligera correlación positiva con la edad ($r = 0,511$) aunque no estadísticamente significativa ($p = 0,099$) (véase la figura 4).

Finalmente, los niveles en orina tanto de Cr como de Ni no mostraron correlación con ninguno de los parámetros antropométricos estudiados (edad, IMC y consumo de tabaco).

Figura 1. Diagrama de correlación entre las concentraciones de Pb y la edad de los individuos evaluados.

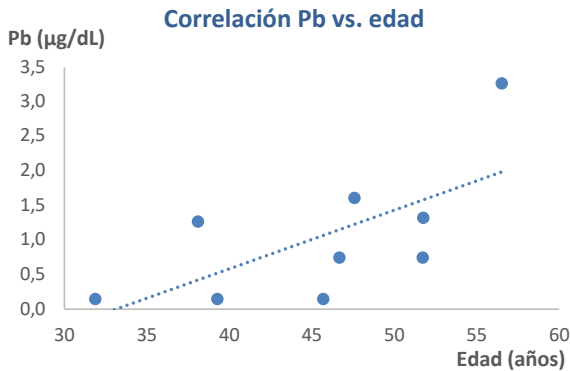


Figura 2. Diagrama de correlación entre las concentraciones de Pb y el consumo de tabaco de los individuos evaluados.

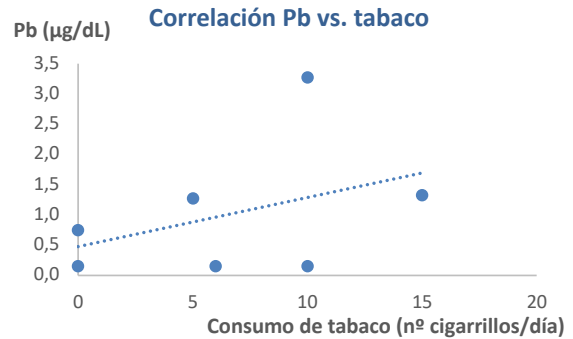


Figura 3. Diagrama de correlación entre las concentraciones de Cd y el consumo de tabaco de los individuos evaluados.

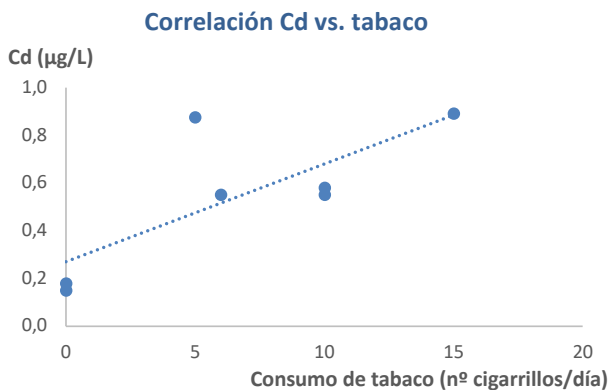
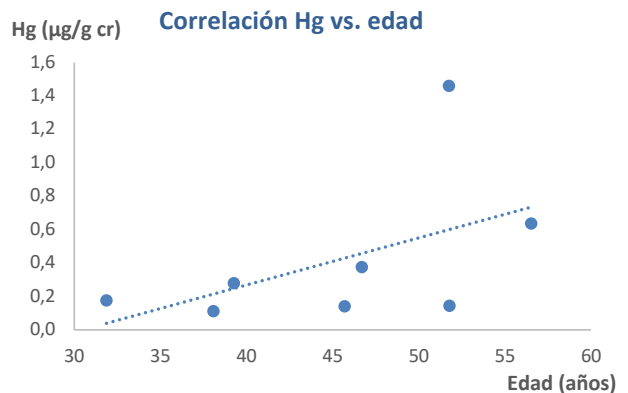


Figura 4. Diagrama de correlación entre las concentraciones de Hg y la edad de los individuos evaluados.



DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio de los metales habitualmente emitidos en la combustión de residuos llevado a cabo mediante el control biológico de sus niveles en la sangre y en la orina de las personas trabajadoras de la planta de incineración de residuos sólidos urbanos del Centro Integral de Valorización de Residuos ha permitido aportar datos recientes sobre los niveles biológicos por exposición a metales pesados en población trabajadora del sector de la incineración y co-incineración de residuos en España. Gracias a esto, ha sido posible la comparación de los niveles de metales de esta población trabajadora con los niveles de referencia tanto de la población considerada expuesta laboralmente (VLB®) como de la población general no expuesta ocupacionalmente (VR).

El trabajo desarrollado en esta planta incineradora no parece representar un riesgo significativo para la salud de las personas

trabajadoras por exposición a metales pesados, ya que, en general, no se superaron los VLB®, ni de forma colectiva ni individualmente. En el único caso en que sí se observó una superación puntual del VLB® establecido en el documento LEP (concentración de Cr en orina en una persona trabajadora), dicha desviación no se podría atribuir de manera concluyente a la actividad laboral, sino que parece estar más relacionada con factores personales.

En el caso del Pb y del Cd, los niveles de concentración en sangre de la población trabajadora resultaron mucho menores que los VLB® establecidos. A diferencia del Pb y del Cd, cuyos niveles en sangre se mantienen estables en periodos medios de tiempo, motivo por el cual el momento de la toma de muestra no es relevante, para la obtención de las muestras de orina para la determinación del Hg, del Cr y del Ni, el momento del muestreo es crítico. No obstante, este requisito no se tuvo en cuenta en la

recogida, por lo que el momento de la obtención de las muestras representa una debilidad del estudio. Aun así, los valores de las medias y mediana obtenidos para estos tres metales siguen hallándose muy por debajo, entre el 1 y el 12 %, de sus VLB® respectivos, lo que permite plantearse que posiblemente los niveles en orina de estos metales seguirían mostrándose por debajo del VLB® incluso en muestras tomadas en los momentos pertinentes.

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con los obtenidos por otros autores para estos mismos metales, que no mostraban niveles de exposición ocupacional relevante respecto a los niveles de metales, ni a diversas sustancias inorgánicas y orgánicas también emitidas habitualmente en la incineración de residuos, en las personas trabajadoras en plantas incineradoras, siendo estos habitualmente bajos y, en general, mucho menores que sus VLB® correspondientes [24,25,26].

Por otra parte, igualmente puede concluirse que el trabajo en la planta incineradora tampoco parece implicar un mayor riesgo para la salud de las personas trabajadoras por exposición a Pb, Cd, Hg y Ni en comparación con el riesgo para la población general no expuesta laboralmente, dado que tampoco se observaron niveles más elevados de estos metales en los fluidos biológicos analizados de las personas trabajadoras respecto a los niveles de referencia correspondientes de la población general (VR) [26, 27,28,29].

Cabe tener en cuenta que la población general también está expuesta a metales pesados en su vida diaria como consecuencia de la contaminación ambiental derivada de la actividad humana [30]. Diversas publicaciones científicas sugieren que el impacto de las emisiones de metales de las plantas incineradoras de residuos en la población cercana a las mismas no es significativo comparado con el impacto de otras fuentes emisoras como la industria y el tráfico entre otras [31,32].

Además, todos los metales estudiados están presentes en cantidades detectables en la población general no expuesta laboralmente a través de la contaminación de la cadena alimentaria [29,31,33,34]. Por ejemplo, el consumo de pescado, especialmente de especies de gran tamaño situadas normalmente al final de la cadena trófica, así como de marisco y moluscos bivalvos, puede aumentar considerablemente los niveles sanguíneos de mercurio y, en muy pequeña proporción (menos del 10 % del total), los niveles en orina [20].

En esta línea, la revisión realizada por algunos autores [30,33] señala que la contaminación de los alimentos y la ingestión de contaminantes es una vía de riesgo significativa para toda la población, tanto para los residentes cercanos como para los alejados a las incineradoras.

Sin embargo, en el caso del cromo, se podría considerar que el trabajo en la planta incineradora sí parece aumentar los niveles

de este metal en el organismo de la población trabajadora por encima de los niveles que se pueden considerar habituales en la población no expuesta laboralmente. En el presente estudio se determinaron las concentraciones en orina de Cr total, mientras que, para la comparación, se utilizaron los parámetros toxicológicos para el Cr (VI). No obstante, el cromo urinario es una medida biológica eficaz de la exposición al cromo hexavalente, incluso en un contexto de exposiciones por inhalación a otras especies de cromo, como Cr (III), cuya exposición no tiene efecto sobre el cromo urinario [35].

En este escenario, podría considerarse a los trabajadores como una población centinela de los potenciales efectos adversos de las emisiones de las plantas incineradoras en la población que habita en las zonas cercanas a las instalaciones, aunque no expuesta laboralmente, teniendo en cuenta que los trabajadores de las incineradoras son probablemente también residentes locales, por lo que también estarían sujetos a exposiciones fuera del lugar de trabajo [36].

En España, estudios realizados en diversas plantas incineradoras muestran que los niveles de metales en sangre y orina de su población trabajadora son similares a los niveles de la población que habita en las zonas cercanas a este tipo de instalaciones [26, 28, 31, 34, 37].

Por otra parte, es importante remarcar que la concentración de metales en matrices biológicas podría estar influenciada por diversos factores de confusión, lo que debe, por tanto, considerarse en el análisis e interpretación de los datos.

Por ejemplo, las personas trabajadoras de mayor edad presentan un mayor riesgo de sufrir los efectos nocivos del plomo, dado que los niveles sanguíneos de este metal aumentan con la edad debido a su naturaleza bioacumulativa y a su prolongada permanencia en el organismo durante años. Estos hallazgos observados en las correlaciones obtenidas son consistentes con la evidencia reportada en la literatura científica [34].

Asimismo, las personas fumadoras presentan un mayor riesgo de experimentar los efectos adversos para la salud asociados al cadmio. Como ponen de manifiesto los resultados obtenidos, se observa una fuerte correlación entre la concentración de Cd y el consumo de tabaco, principal fuente de exposición al cadmio en personas fumadoras, a diferencia de la población general no fumadora para la cual se considera que la principal fuente de cadmio es la alimentación [34,38].

No obstante, el reducido tamaño de la muestra ha limitado tanto la precisión en la estimación de los parámetros de la población estudiada como la potencia estadística del análisis. En consecuencia, las correlaciones del Hg con la edad y del Pb con el tabaco no mostraron una significación estadística a pesar de presentar una ligera correlación con la edad y el consumo de tabaco, respectivamente.

- healthy environments (2021). Disponible en: <https://www.who.int/home/search-results?indexCatalogue=genericsearchindex1&q=Exposure%20to%20mercury%3A%20a%20major%20public%20health%20concern&wordsMode=AnyWord#gsc.tab=0&gsc.q=Exposure%20to%20mercury%3A%20a%20major%20public%20health%20concern&gsc.page=1>
14. World Health Organization (who). *Elemental mercury and inorganic mercury compounds: human health aspects*. CICAD 50. Geneva (2003). Disponible en: <https://www.who.int/home/search-results?indexCatalogue=genericsearchindex1&q=Elemental%20mercury%20and%20inorganic%20mercury%20compounds%3A%20human%20health%20aspects.%20CICAD%2050.&wordsMode=AnyWord#gsc.tab=0&gsc.q=Elemental%20mercury%20and%20inorganic%20mercury%20compounds%3A%20human%20health%20aspects.%20CICAD%2050.&gsc.page=1>
15. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Occupational Exposure to Hexavalent Chromium; Final Rule* (2006); Vol 71, Nº 39. Disponible en: <https://www.osha.gov/laws-regs/federalregister/2006-02-28-0>
16. World Health Organization (WHO). *Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC). Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Chromium, Nickel and Welding. Volume 49*. (1989). Disponible en: <https://publications.iarc.who.int/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Chromium-Nickel-And-Welding-1990>
17. Sazakli E. *Human Health Effects of Oral Exposure to Chromium: A Systematic Review of the Epidemiological Evidence*. *International Journal of Environmental Research and Public Health* (2024); 21(4).
18. Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH). *Nickel and inorganic compounds, including nickel subsulfide* (2001). Disponible en: <https://www.acgih.org/nickel-and-inorganic-compounds-including-nickel-subsulfide/>
19. Genchi G., Carocci A., Graziantonio L., Sinicropi M. S., Catalano, A. Nickel: *Human Health and Environmental Toxicology*. *International Journal of Environmental Research and Public Health* (2020); 17(3).
20. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2025. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/material-normativo/limites-de-exposicion-profesional-para-agentes-quimicos-2025>
21. Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH). *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices 2025*. Disponible en: <https://www.acgih.org/science/tlv-bei-guidelines/>
22. Fundación Alemana de Investigación Científica (DFG). Lista de valores MAK y BAT 2024. Disponible en: https://series.publisso.de/sites/default/files/documents/series/mak/lmbv/Vol2024/Iss3/Doc003/mbwl_2024_esp.pdf
23. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). NTP 109: Valores límite biológicos para el control de exposición a metales. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/coleccion-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/3-serie-ntp-numeros-086-a-120-ano-1984/ntp-109-valores-limite-biologicos-para-el-control-de-exposicion-a-metales-1984>
24. Mauriello M. C., Sbordon C., Montuori P., Alfano R., Triassi M., Iavicoli I., Manno M. *Biomonitoring of toxic metals in incinerator workers: A systematic review*. *Toxicology Letters* (2017); 272: 8-28.
25. Maître A., Collet-Fertey D., Anzivino L., Marques M., Hours M., Stoklov M. *Municipal waste incinerators: air and biological monitoring of workers for exposure to particles, metals, and organic compounds*. *Occup Environ Med* (2003); 60: 563-569.
26. Campo L., Bechtold P., Borsari L., Fustinoni S. *A systematic review on biomonitoring of individuals living near or working at solid waste incinerator plants*. *Critical Reviews in Toxicology* (2019); Vol. 49 (6): 479-519.
27. Domingo J. L., Schuhmacher M., Agramunt M. C., Müller L., Neugebauer F. *Levels of metals and organic substances in blood and urine of workers at a new hazardous waste incinerator*. *Int Arch Occup Environ Health* (2001); 74: 263-269.
28. Agramunt M. C., Domingo A., Domingo J. L., Corbella J. *Monitoring internal exposure to metals and organic substances in workers at a hazardous waste incinerator after 3 years of operation*. *Toxicology Letters* (2003); 146: 83-91.
29. Schuhmacher M., Domingo J. L., Agramunt M. C., Bocio A., Müller L. *Biological monitoring of metals and organic substances in hazardous-waste incineration workers*. *Int Arch Occup Environ Health* (2002); 75: 500-506.
30. Martínez-Morata I., Sobel M., Tellez-Plaza M., Navas-Acien A., Howe C. G., Sanchez T. R. *A State-of-the-Science Review on Metal Biomarkers*. *Curr Environ Health Rep.* (2023); 10(3): 215-249.
31. Nadal M., García F., Schuhmacher M., Domingo J. L. *Metals in biological tissues of the population living near a hazardous waste incinerator in Catalonia, Spain: Two decades of follow-up*. *Environmental Research* (2019); 176.
32. Campos E. D., Da Silva I. F., Warden, C. F. *Exposure to metals in the adult population living in industrial areas: a systematic review of the literature*. *Ciencia & Saude Coletiva* (2020); 26 (6): 2253-2270.
33. Domingo J. L., Marquès M., Mari M., Schuhmacher M. *Adverse health effects for populations living near waste incinerators with special attention to hazardous waste incinerators. A review of the scientific literature*. *Environmental Research* (2020); 187.
34. Zubero M. B., Aurrekoetxea J. J., Ibarluzea J. M., Arenaza M. J., Rodríguez C., Sáenz J. R. *Heavy metal levels (Pb, Cd, Cr and Hg) in the adult general population near an urban solid waste incinerator*. *Science of the Total Environment* (2010); 408: 4468-4474.
35. Remy A. M., Robert A., Jacoby N., Wild P. *Is Urinary Chromium Specific to Hexavalent Chromium Exposure in the Presence of Co-exposure to Other Chromium Compounds? A Biomonitoring Study in the Electroplating Industry*. *Annals of Work Exposures and Health* (2021); 65 (3): 332-345.
36. Tait P. W., Brew J., Che A., Costanzo A., Danyluk A., Davis M., Khalaf A., McMahon K., Watson A., Rowcliff K., Bowles D. *The health impacts of waste incineration: a systematic review*. *Australian and New Zealand Journal of Public Health* (2020); 44 (1): 40-48.
37. Rovira J., Mari M., Nadal M., Schuhmacher M., Domingo J. L. *Environmental monitoring of metals, PCDD/Fs and PCBs as a complementary tool of biological surveillance to assess human health risks*. *Chemosphere* (2010); 80: 1183-1189.
38. Richter P., Faroon O., Pappas R. S. *Cadmium and Cadmium/Zinc Ratios and Tobacco-Related Morbidities*. *Int. J. Environ. Res. Public Health* (2017); 14: 1154.
39. Cañas A. I., Cervantes-Amat M., Esteban M., Ruiz-Moraga M., Pérez-Gómez B., Mayor J. Castaño A. *Blood lead levels in a representative sample of the Spanish adult population: The BIOAMBIENTES project*. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* (2014); 217: 452-459.

Riesgos psicosociales en el sector agrario

Soraya Herrera Luque, Iván Martínez del Cerro y Esther Duque Casas

Centro Nacional de Medios de Protección (INSST)

En el marco de la Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2023-2027, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo ha realizado un estudio para la identificación de los riesgos psicosociales presentes en el sector, los métodos de evaluación de estos riesgos habitualmente aplicados en otros países y las actuaciones específicas para el sector que se están llevando a cabo.

ANTECEDENTES

Los factores psicosociales son las condiciones de trabajo relacionadas con la organización del trabajo, con el contenido y la ejecución de las tareas y con las relaciones interpersonales y los contextos en los que se desarrolla el trabajo. La exposición a factores psicosociales puede afectar de forma importante a la salud mental de las personas trabajadoras.

La empresa debe diseñar adecuadamente los puestos de trabajo desde el punto de vista psicosocial y asegurar, con las herramientas propias de la gestión de la seguridad y salud, que ese diseño permite proteger a las personas trabajadoras. La forma de llevarlo a cabo es mediante una identificación y evaluación de los riesgos psicosociales adecuada y eficaz que conduzca a la eliminación o reducción de estos a través de la adopción de medidas preventivas. El trabajo en el sector agrario demanda mucho esfuerzo físico y mental, es intenso y existe una falta de desconexión con el trabajo debido a la demanda continua de los animales, los cultivos y las tareas administrativas. Además, en ocasiones, se realiza en solitario, alejado de otras personas y núcleos urbanos. Las tareas, en muchos casos, son repetitivas y de carácter estacional.

Se trata de una actividad en la que hay un elevado porcentaje de personas trabajadoras migrantes, las cuales suponen más del 25 %¹ del total de la fuerza laboral del sector agroganadero. Estas personas pueden encontrarse en situación de vulnerabilidad debido a aspectos como la inseguridad laboral y presentar problemas de adaptación debido a las diferencias lingüísticas o culturales que pueden dificultar la comprensión de normas y procedimientos.

Otro aspecto relevante es el tamaño de las explotaciones agro-ganaderas. Las de mayor tamaño generalmente cuentan con una organización preventiva, ya sea con servicio de prevención propio, ajeno o mancomunado, que les asesoran en la gestión de la prevención de riesgos laborales, por lo que tienen características similares a las organizaciones de mayor tamaño de otros sectores. Sin embargo, el 66 % de las explotaciones en nuestro país tiene una superficie menor de 10 ha según el Instituto Nacional de Estadística (INE)². Esto significa que hay un alto número de pequeñas explotaciones gestionadas por personas que trabajan por cuenta propia y carecen de organización preventiva, lo que puede complicar el conocimiento y gestión de los riesgos psicosociales.

¹ Encuesta de Población Activa 2022. INE.

² [Panorama Censo Agrario 2020](#).

El seminario sobre salud mental en las personas trabajadoras del sector, organizado en el marco del proyecto *SafeHabitus*³ en 2024, advierte de los riesgos para la salud y la seguridad que experimenta este colectivo en su trabajo, incluidos los desafíos psicológicos y sociales. Estos incluyen la incertidumbre relacionada con las condiciones climáticas y la viabilidad económica, las largas jornadas laborales, el aislamiento, las preocupaciones sobre la sucesión y la renovación generacional, entre otras. Estos son factores que pueden generar estrés y afectar al bienestar general de las personas pertenecientes al sector.

En este contexto, el INSST ha desarrollado este estudio que pretende mejorar el conocimiento disponible en España sobre los riesgos psicosociales del sector agroganadero.

RIESGOS PSICOSOCIALES EN AGRICULTURA. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Durante los años 2023 y 2024, el INSST realizó un análisis bibliográfico cuyo objetivo fue recopilar la información disponible con respecto a los riesgos psicosociales y su evaluación en el sector agrario.

Para la recopilación de la bibliografía se utilizó documentación técnica elaborada por el INSST y otros organismos directamente relacionados con el sector.

Se realizaron búsquedas en español e inglés en las bases de datos MEDLINE (PubMed), Web of Science y PsycINFO empleando los términos de búsqueda "salud mental", "sector agrario", "riesgos psicosociales", "condiciones de trabajo" y "métodos de evaluación".

Como criterios para la selección de la bibliografía se tuvo en cuenta el año de publicación, ya que se eligió la bibliografía más reciente en el tiempo (5 años). No obstante, algunas referencias bibliográficas que sobrepasaban ese límite fueron incluidas por considerarse especialmente relevantes.

El análisis de la bibliografía ha permitido identificar que el ámbito psicosocial en el sector agrario ha sido investigado desde diferentes puntos de vista.

Por una parte, se encontró bibliografía relacionada con los factores de riesgo psicosocial tradicionalmente conocidos (PRIMA-EF) [1] tales como relaciones y apoyo social, carga y ritmo de trabajo, aislamiento, reconocimiento del trabajo que se realiza, desarrollo profesional, etc.

Por otra parte, se hallaron referencias bibliográficas relacionadas con el estrés, los factores que lo originan y sus consecuencias

directas sobre la salud mental como, por ejemplo, la ansiedad, el *burnout*, la depresión y el suicidio. De hecho, la mayor parte de las investigaciones se han centrado en identificar cuáles son los problemas que originan estrés a las personas que trabajan en el sector agrario, como pueden ser la incertidumbre financiera, el cambio climático o las inspecciones externas, entre otros.

A continuación, se destacan algunos de los factores identificados:

Relaciones y apoyo social

Los trabajos agroganaderos, en muchas ocasiones, implican la realización de tareas en solitario, lo que dificulta recibir apoyo social y técnico. No tienen cerca personas semejantes con las que compartir experiencias. El trabajo se realiza sin interacción con otras personas, esto hace que la tarea pueda resultar más pesada a nivel mental.

En otras ocasiones, las relaciones interpersonales se pueden ver distorsionadas por las diferencias culturales, debido a la importante presencia de personas migrantes. El uso de diferentes lenguas y costumbres pueden favorecer la aparición de conflictos y obstaculizar la comunicación.

Carga y ritmo de trabajo

La carga de trabajo aparece como otro de los factores más importantes. La presión por los plazos de las campañas agrícolas y la carga de trabajo durante los picos de producción son los factores estresores más destacados. Además, otra de las investigaciones destaca que esta elevada carga de trabajo impide a las personas trabajadoras descansar y recuperarse y pasar más tiempo con su familia (conciliación familiar).

Así, por ejemplo, las personas entrevistadas en el estudio sueco "*Entorno laboral psicosocial de los agricultores y salud mental. Agencia Sueca de Expertos en Entorno Laboral*" [2] ponían de manifiesto la gran dedicación que les requería su trabajo y cómo la cantidad de tareas que tenían pendientes al finalizar la jornada les generaba problemas de ansiedad.

Según indican las revisiones sistemáticas sobre entorno psicosocial y salud mental, la elevada carga de trabajo provocaba un mayor cansancio y menos tiempo y energía para sociabilizar o tener tiempo de ocio.

Incertidumbre climática, de mercado y sobre el relevo generacional

Viene derivada del impacto del clima y su variabilidad, sus consecuencias en la generación de plagas y enfermedades que

3 SafeHabitus (2023-2026), financiado por Horizonte Europa, es un proyecto multiactor que busca fortalecer los Sistemas de Innovación en Conocimientos sobre Salud y Seguridad Agrícola (SCISA) y apoyar la transición de la Unión Europea (UE) hacia la sostenibilidad social en la agricultura.

afecten a las cosechas o al ganado, las debidas a los cambios en el mercado (mayores costes de producción, demanda variable, exigencias normativas, etc.) y cambios tecnológicos, que puedan poner en peligro la continuidad de la actividad.

El estudio *“Análisis de las preocupaciones en materia de salud y seguridad y de los factores de estrés psicológico entre las personas trabajadoras agrícolas del Medio Oeste de EE. UU.”* [3] identificó el clima como el segundo de los factores más estresantes para las personas trabajadoras. La investigación sistemática, realizada en el año 2019 [4], también señaló una fuerte asociación entre los largos periodos de sequía y altos niveles de estrés en la población agraria.

En el estudio *“Examen de los síntomas de depresión entre las cooperativas lecheras”* [5], realizado en el 2021 sobre productores/as lácteos de Estados Unidos, mostró que las enfermedades sufridas por las vacas era uno de los factores que más afectaba en el desarrollo de síntomas de depresión entre estos productores/as.

Según avanza la edad de los agricultores y las agricultoras se añade la incógnita de saber si van a tener relevo generacional, lo que puede afectar directamente a su situación personal en el momento del cese de la actividad.

Estrés financiero

El estrés financiero aparece como uno de los factores más repetidos en los estudios analizados. La revisión sistemática *“Factores de riesgo clave que afectan a la salud mental de los agricultores”* [4], señaló una serie de variables que pueden afectar al nivel de presión financiera que sufre este colectivo y que deben tenerse en cuenta como condicionantes para sufrir estrés como el requerir otra fuente de ingresos, el incremento de los impuestos, el precio de alquiler o de compra de la tierra o el número de familiares a cargo.

A estos problemas financieros se le puede añadir las dificultades para el acceso a un préstamo o para hacer frente al pago del que ya tienen. En la bibliografía analizada, este factor es uno de los más relevantes para la aparición de depresión entre los trabajadores y las trabajadoras del sector agrario.

Por otro lado, destaca que en la bibliografía analizada aparece lo que se puede denominar como “moduladores”, factores que pueden agravar la exposición a riesgos psicosociales, como son el género de las personas que realizan las tareas, la nacionalidad y el desarraigo temporal o las condiciones de acceso y gestión de los servicios sanitarios. Algunos de los factores moduladores que se pueden destacar son los siguientes:

Género

Varios de los estudios analizados indican diferencias en relación con el género y la exposición a determinados factores psicosociales.

Según el informe de la *Royal Agricultural Benevolent Institution* (RABI) (véase figura 1), sobre salud y bienestar de las comunidades agrarias [6], las mujeres declaran estar expuestas a un número más elevado de factores psicosociales y tener peor salud mental, con mayor incidencia de ansiedad o depresión frente a los hombres del sector.

Figura 1. Gran encuesta agrícola de la Royal Agricultural Benevolent Institution.



La brecha salarial, por la que las mujeres reciben menos remuneración por el mismo trabajo que los hombres, es otro problema importante. Estas desigualdades perpetúan la discriminación y limitan las oportunidades de desarrollo económico y social para las mujeres.

A las trabajadoras agrícolas se les ofrecen con mayor frecuencia empleos con condiciones de trabajo irregulares y salarios más bajos [7]. La investigación realizada por Ángel Jesús Callejón Ferre y Mimoun Chourak sobre las condiciones psicosociales de personas trabajadoras de Triffa (Marruecos) [8] destaca la vulnerabilidad en el colectivo de mujeres debido al mayor impacto del alto ritmo de trabajo, los bajos salarios o las cargas familiares, entre otros factores de riesgo. Especialmente, las mujeres migrantes pueden quedar en una situación de vulnerabilidad y dependencia, si al llegar al lugar de trabajo se encuentran con condiciones diferentes a las pactadas relacionadas con horarios, jornadas, condiciones de alojamiento y remuneración.

Nacionalidad

En la guía realizada por la Unión de Ganaderos y Agricultores y la Asociación de Industrias Agroalimentarias de Navarra [9], con el apoyo del Gobierno Navarro, se señala que las diferencias idiomáticas y culturales pueden provocar una falta de

comunicación y entendimiento entre las personas trabajadoras y, en ocasiones, incluso la aparición de situaciones de conflicto.

La mencionada investigación sobre los factores psicosociales en Triffa [8] mostraba que los principales riesgos a los que estaban expuestas las personas migrantes eran los relacionados con las condiciones de la vivienda, el acceso a servicios básicos y las condiciones de trabajo precarias, entre otros. Además, estas personas contaban con un menor apoyo social, como consecuencia de problemas de comunicación generados por el idioma y por no disponer en muchas ocasiones cerca a la familia. A esto hay que añadir su posible condición de indocumentadas que podría agravar su situación.

Acceso a servicios sanitarios

Uno de los estudios llevó a cabo un análisis de todas las investigaciones realizadas sobre el estrés de la población trabajadora del sector agrario entre los años 1992 y 1997 en el estado de Colorado (EE. UU.) [10]. Los resultados mostraban que uno de los principales predictores para la aparición de estrés era el haber padecido una enfermedad como consecuencia de la exposición a productos fitosanitarios, situándose al mismo nivel que el padecimiento de otras enfermedades crónicas.

Sin embargo, este estudio también mostraba que el hecho de disponer de un seguro sanitario y una mejor accesibilidad a los servicios sanitarios conllevaba un fuerte descenso en los niveles de estrés de los trabajadores y las trabajadoras del sector. Por lo tanto, la salud y la accesibilidad a la atención sanitaria, incluida la atención en salud mental, son factores que deben tenerse en cuenta como moduladores de las situaciones de estrés.

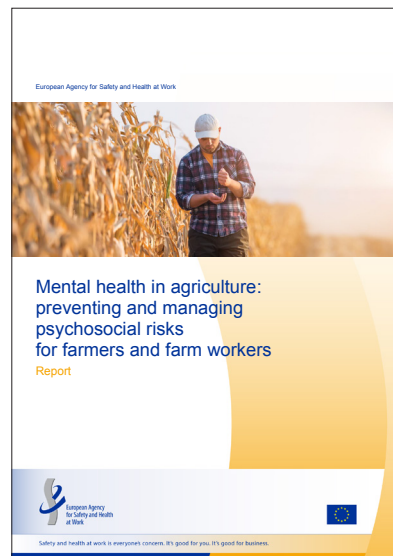
La realidad española es que dispone de una cobertura sanitaria universal accesible. Sin embargo, una de las mayores dificultades que se encuentran las personas migrantes en nuestro país en el acceso a la sanidad es la barrera idiomática y la dificultad para poder acudir a las citas médicas, ya sea por dificultades en el transporte o por ser en horario laboral. De hecho, una amplia mayoría manifestaba que cuando asistieron a consulta le descontaron ese tiempo del jornal. Por otra parte, la brecha digital existente, puede dificultar la opción de solicitar una cita de manera *online*, lo que puede suponer la pérdida de otro día de trabajo.

Visión de la Agencia Europea

Dada la relevancia de esta materia, la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (EU-OSHA, por sus siglas en inglés) publicó en 2024 un informe sobre salud mental, prevención y gestión de los riesgos psicosociales en el sector agrario

[11]. El informe investiga el impacto de la exposición a riesgos psicosociales en el bienestar de este colectivo. El estudio se ha basado en entrevistas a distintos agentes implicados y una revisión bibliográfica extensa.

Figura 2. Informe EU-OSHA. Salud mental en agricultura: prevención y gestión de los riesgos psicosociales para agricultores y trabajadores agrícolas



El informe señala la disponibilidad de la plataforma web OiRA⁴ (Evaluación Interactiva de Riesgos en Línea) [12], que proporciona herramientas de evaluación de riesgos adaptadas al sector para las microempresas y pequeñas empresas (pymes) que pueden carecer de recursos o conocimientos técnicos sobre la seguridad y salud en el trabajo.

En dicho informe se pone de relieve que las investigaciones realizadas sobre la evaluación de riesgos psicosociales se concentran en países como Irlanda y Finlandia y que, en general, se necesita más investigación en todos los Estados miembros de la UE.

Faltan datos exhaustivos a escala europea que estimen la prevalencia de los problemas de salud mental desagregados por categoría profesional. También destaca una baja notificación de los problemas de salud mental y la escasez de recursos de los sistemas sanitarios para gestionar estos problemas. Plantea la carencia generalizada de evaluaciones de riesgo psicosocial en las empresas agrícolas, la estigmatización de los problemas de salud mental, la mala calidad de los tratamientos y la importancia

4 La plataforma OiRA, desarrollada por la propia EU-OSHA, permite crear herramientas de evaluación diseñadas específicamente para este sector y dirigidas a la identificación de los factores psicosociales de su población trabajadora.

de las normas de masculinidad hegemónica tradicional y la cultura de estoicismo en el sector.

Este informe aporta sugerencias de actuación en el sector dirigidas a toda la cadena implicada, desde las Administraciones públicas hasta las propias personas empleadoras o empresarios/as, con la finalidad de garantizar la seguridad y la salud de colectivos en situación de vulnerabilidad como las personas trabajadoras migrantes o reducir el *agribashing*⁵. Las medidas pueden ir orientadas a aumentar la inversión en formación sobre riesgos psicosociales, el desarrollo y la promoción de herramientas para facilitar la evaluación de los riesgos en el sector, el fomento de redes de apoyo, la mejora de las condiciones laborales, la facilitación del acceso a recursos y servicios de salud mental y la implementación de políticas que reduzcan la carga administrativa, entre otras.

MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y OTRAS HERRAMIENTAS

Las evaluaciones de riesgo psicosocial son un elemento fundamental para la protección y mejora de la salud mental de la población trabajadora. Sin embargo, según el estudio realizado por el INSST sobre la gestión del riesgo psicosocial en España [13], las empresas no suelen realizar las evaluaciones psicosociales, llevándolas a cabo en muchas ocasiones tras el requerimiento de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.

Por otra parte, las peculiares características del sector, así como el lenguaje y complejidad de algunas de estas metodologías, pueden dificultar su aplicación en el sector agrario. De hecho, en el análisis bibliográfico realizado, se han detectado múltiples métodos y herramientas en el entorno europeo e internacional adaptadas al sector y especialmente centradas en la identificación de los factores generadores de estrés de su población.

Un primer tipo serían los métodos convencionales y aplicables a todos los sectores y que evalúan los factores psicosociales como, por ejemplo, el método FPSICO, el cuestionario psicosocial de Copenhague (COPSOQ), herramientas tipo cuestionarios basados en el modelo de Karasek y Theorell y el *Mini Psychosocial Factors* (MPF), entre otros.

A nivel nacional, la Universidad de Almería ha investigado sobre los factores psicosociales en el sector agrario sobre la población trabajadora en los invernaderos de Almería. En uno de estos estudios [14] se empleó el programa de evaluación elaborado por el INSST, el FPSICO.1, por considerarlo el más adecuado por su extensión (75 preguntas) y por permitir un análisis desglosado o agrupado de los factores de riesgo.

En un estudio posterior de esta misma universidad [15] se incluyeron unos criterios para la selección del método a emplear, entre los que se encontraban la rapidez en cumplimentar el cuestionario, el número de variables estudiadas, la aplicabilidad en agricultura y su fiabilidad estadística. Los métodos analizados fueron el FPSICO, ISTAS 21, RED-WONT o MPF, entre otros. El método MPF obtuvo la valoración más elevada debido sobre todo al reducido tiempo requerido para cumplimentarlo y el mayor número de variables estudiadas, razones por la que fue el seleccionado para su aplicación.

El método MPF está basado en el modelo de Karasek y está compuesto por 15 preguntas en las que se incluyen variables como el ritmo de trabajo, el *mobbing*, las relaciones entre las personas trabajadoras, la salud, el reconocimiento, la autonomía, la implicación emocional, el apoyo, la remuneración, el control, las demandas y la carga mental.

Otro estudio, aplicó la versión abreviada del cuestionario psicosocial de Copenhague (COPSOQ). Esta investigación [16], realizada entre la población de las explotaciones de leche y de cerdo en Suecia, usaba este método elaborado por Instituto Nacional de Salud Laboral de Dinamarca, el cual se ha empleado en diversos sectores y países.

En segundo lugar, se identificaron otro tipo de herramientas como cuestionarios y escalas elaboradas específicamente para la población trabajadora del sector agrario.

La encuesta nacional del sector agrario, realizada en EE. UU. por el Departamento de Trabajo [17], incluyó un cuestionario específico basado en el modelo de demanda-control-apoyo social elaborado por R. Karasek y Theorell.

Otras herramientas han sido diseñadas para valorar aquellos factores generadores de estrés de esta población como el aislamiento social, el cambio climático, la incertidumbre ante el futuro y el mercado financiero, o los cambios normativos. Algunas de las más relevantes son el *Farmers stressors inventory* [18], publicado por el personal investigador de la universidad francesa de la *Bourgogne Franche-Comté*, el *Farmer stress assessment tool* de la universidad de Alberta en Canadá [19], el *Farmer stress survey* de la universidad del estado de Ohio [20] o el *farming family stressor scale* realizado en la universidad de Townsville de Australia [21].

Todas estas herramientas destacan por su adaptación al sector agrario, tanto por los temas y factores de estrés abordados como por el lenguaje empleado, incluyendo preguntas relacionadas con la casuística especial del sector como pueden ser la presión de los cambios de las políticas agrarias, el miedo sobre el

5 El fenómeno del "agribashing" puede traducirse como "escrache a la agricultura" y hace referencia a las protestas sociales y de colectivos ecologistas contra determinadas prácticas agroganaderas y en pro del bienestar animal.

Figura 3. Métodos y herramientas cuantitativas para la identificación y evaluación de los factores psicosociales y la salud mental, empleadas en el sector agrario.



proceso de sucesión de la explotación o las dificultades de trabajar con miembros de la familia.

Otras escalas y cuestionarios sobre los factores de estrés en el sector agrario han sido adaptados a una parte concreta de la población del sector.

Uno de los estudios ha aplicado un método específico para la evaluación del estrés en mujeres [22], población que presenta, según algunos estudios, los niveles de estrés más elevados. Para la realización del *The Women Farmer Stress Inventory* se llevaron a cabo un análisis bibliográfico y 13 entrevistas a trabajadoras, cuyas opiniones permitieron incluir en el cuestionario aspectos que afectan especialmente a esta población como la multitud de roles y de tareas que tienen que realizar en el entorno laboral y familiar o la dificultad para el acceso en el entorno rural a ciertos servicios como los relacionados con la salud, escuelas o guarderías.

Otra herramienta [23], se ha centrado en la población trabajadora migrante incorporando factores generadores de estrés concretos para esta población como su situación legal, la dificultad para encontrar una vivienda, el alejamiento de la familia o la discriminación y relaciones con sus compañeros, entre otros.

En algunos estudios se han analizado consecuencias relacionadas con la salud mental de la población agraria. El *burnout*

(agotamiento laboral) ha sido analizado en diversas investigaciones [18] mediante el cuestionario *Maslach burnout inventory general survey* (MBI). Mientras que la depresión y la ansiedad han sido evaluadas aplicando métodos como *Generalised Anxiety Disorder-7 scale* (GAD-7) [19] o el *Center of Epidemiologic Studies Depression Scale* (CES-D10) [23].

Existen, además, otras herramientas, tanto *online* como en papel, que por su sencillez permiten la identificación de factores psicosociales en el sector. Entre ellas cabe destacar “*detection tool*” [25] dentro del proyecto europeo FARMes, que dispone de versión en castellano y en la que se incluyen preguntas sobre la carga de trabajo, el bienestar físico y mental o la escasez de tiempo libre de esta población trabajadora.

Figura 4. Herramienta de detección de estrés del proyecto FARMes.



Figura 5. Representación de los factores de riesgos identificados en las entrevistas



Adaptación del artículo "An Incredible Amount of Stress before You Even Put a Shovel in the Ground": A Mixed Methods Analysis of Farming Stressors in Canada.

Cada vez con mayor frecuencia se está utilizando metodología de tipo cualitativo para estudiar los factores psicosociales mediante la realización de entrevistas a la población trabajadora y personas expertas del sector o grupos de discusión.

La universidad de Guelph de Canadá, en su investigación realizada en el 2023 [27], llevó a cabo hasta 75 entrevistas semiestructuradas con personas trabajadoras y profesionales del sector, que permitieron identificar los 13 factores más estresantes (véase figura 5) para esta población y que sirvió para elaborar el cuestionario para la fase cuantitativa de la investigación.

ACTUACIONES PREVENTIVAS EN OTROS PAÍSES

Para abordar los problemas psicosociales que presenta el sector se están llevando a cabo diferentes intervenciones a nivel europeo e internacional. Cabe destacar los proyectos FARMWELL y FARMRes, nacidos ambos en el seno de la UE.

El proyecto **FARMWELL** [28], desarrollado dentro del Programa Europeo Marco Horizonte 2020, tiene como objetivo mejorar el

bienestar mental, físico y social del personal agrario a través del acceso a soluciones de innovación social. Fruto de este proyecto se pudo obtener una visión representativa del número de agricultores y agricultoras que experimentaban estrés y desafíos sociales en su vida diaria, cuántos buscaban ayuda en caso de problemas y qué tipos de canales de ayuda preferían. De acuerdo con esta información se pusieron en marcha acciones prácticas como, por ejemplo, el desarrollo de una red social a través de la cual las personas que atraviesan por alguna situación problemática pueden obtener ayuda, asesoramiento y apoyo de otros integrantes de la red.

Por otro lado, el proyecto **FARMRes** [29] es un proyecto financiado por la UE enfocado a concienciar al sector sobre los problemas de salud mental y servir como guía para afrontarlos. Se trata de un proyecto de sensibilización, prevención y detección que intenta involucrar a todo el entorno de las personas trabajadoras del sector. Incluye herramientas digitales y apoyo mediante asesoría para ayudar a las personas trabajadoras del campo en los diferentes problemas que puedan tener como la planificación de las tareas, la sobrecarga de trabajo o las interacciones entre la vida laboral y personal.

Además de estas dos importantes iniciativas a nivel europeo, diversos países han puesto en práctica medidas nacionales de apoyo al sector que se corresponden con los 3 niveles de actuación preventiva: primaria, secundaria y terciaria.

Prevención primaria o medidas de prevención psicosocial orientadas a evitar, en lo posible, que alguno de esos factores de riesgo se materialice dando lugar a consecuencias negativas en la salud de la persona trabajadora [30].

Así, por ejemplo, el gobierno regional de Flandes y organizaciones de apoyo a la agricultura, como *Boeren op een Kruispunt* (Agricultores en la Encrucijada), ofrecen servicios en varios ámbitos como **financiero, económico, psicológico, técnico o social**. Con este apoyo tratan de ofrecer una orientación integral para la viabilidad de la explotación. Para ello, hacen un estudio completo de cada situación personal, buscan inversores y realizan formación específica en gestión del tiempo y gestiones burocráticas, entre otras.

Una de las iniciativas llevadas a cabo por la mutua alemana para la Agricultura, la Silvicultura y la Horticultura en Alemania (SVLFG) fue elaborar una "caja" (véase figura 6) que consiste en un conjunto de productos y materiales que permite a una pequeña empresa llevar a cabo un proceso básico de evaluación de la tensión mental y psicológica y el estrés. De esta forma se suministra material para ayudar a las pequeñas empresas a identificar los riesgos psicosociales.

Figura 6. Evaluación del riesgo de estrés psicológico con la Caja SVLFG.



Otro ejemplo lo encontramos en la Mutualidad Social Agraria Agri Écoute de Francia que lanza la iniciativa de prevención de

riesgos psicosociales *Et Si On Parlait du Travail* (Hablemos de Trabajo). Entre las actividades que realizan se pueden destacar cursos de formación, apoyo para el desarrollo de proyectos en las explotaciones (ampliación de un edificio, introducción de un robot de ordeño, reducción ordeños diarios, etc.), ayudas económicas en momentos de dificultades, mediación familiar o bonificaciones por dotación tecnológica de la explotación.

Prevención secundaria o medidas de protección psicosocial que se enfocan en dotar a la población trabajadora de recursos que le permita mejorar sus capacidades para afrontar los riesgos, minimizando su impacto. Su objetivo es aumentar los recursos personales (individual o colectivamente) y organizativos. Ejemplo de ello serían los programas de gestión individual del estrés y la formación sobre estrategias de afrontamiento.

El SVLFG va más allá y ofrece, a través de su campaña *"Mit uns im Gleichgewicht"* (Con Nosotros en Equilibrio), formación y apoyo a agricultores y agricultoras a través de cursos de gestión del estrés, asesoramiento telefónico y ayuda en caso de crisis.

Prevención terciaria, medidas de recuperación o de urgencia dirigidas a proporcionar tratamiento médico y/o psicológico a quienes ya se encuentran afectados por el estrés u otras manifestaciones derivadas de los riesgos psicosociales, así como una reincorporación al trabajo en las mejores condiciones posibles tras una baja prolongada. Algunos ejemplos son los servicios de atención psicológica telefónica para la persona trabajadora y su familia o la determinación de medidas "cautelares" temporales ante situaciones graves.

Quizá el ejemplo práctico más llamativo es el llevado a cabo por la Mutualidad Social Agraria francesa *Agri Écoute* consistente en una plataforma accesible 24 horas al día, los siete días de la semana, por la que los trabajadores y las trabajadoras pueden acceder a profesionales especialistas en psicología. Este servicio se complementa con un equipo asesor multidisciplinar que incluye a profesionales en trabajo social, médicos/as del trabajo y de otras especialidades, profesionales de la seguridad y salud en el trabajo, servicios sanitarios o profesionales técnicos (cotizaciones, prestaciones). Las citas con este equipo de especialistas se pueden concertar por chat, correo electrónico o video consulta.

A modo de resumen, la tabla 1 recoge las principales iniciativas llevadas a cabo extraídas de la revisión bibliográfica efectuada.

Tabla 1. Listado no exhaustivo de medidas de intervención psicosocial en el sector agrario

Ámbito	Iniciativa	Descripción	Medidas de intervención
UE	FARMWELL	Red temática europea financiada bajo Horizonte 2020. El proyecto persigue mejorar la salud mental, física y social y el bienestar de la población trabajadora agrícola, a través de la innovación social	• Apoyo social mediante la creación de grupos/comunidades
	FARMRes	Sensibilización sobre la importancia de la salud mental y el bienestar del colectivo trabajador para el éxito de la actividad agrícola	• Formación/divulgación: • Informe <i>Farmers Assistance Resources for Mental Resilience</i> • Casos de estudio • Herramientas formativas de detección y prevención en salud mental
BÉLGICA	Agricultores en la encrucijada	Programa nacional de atención gratuita a agricultores/as en situación de necesidad	• Formación en problemas de salud mental y gestión de explotaciones • Medidas de apoyo: • Orientación ante problemas financieros • Apoyo <i>online</i> en la gestión de explotaciones • Red de atención psicológica • Plataforma de intercambio de conocimientos
	Plan de acción de bienestar para la agricultura y horticultura flamencas	Programa de intervenciones dirigido a eliminar las barreras en la asistencia médica, fortalecer las habilidades de agricultores/as y abordar los factores generadores de estrés	• Coordinación administrativa para aliviar trabas burocráticas • Propuesta de normalización de las inspecciones agrarias • Herramientas digitales, asistencia <i>online</i> • Formación y adiestramiento en resiliencia • Sensibilización de la población con el sector
FRANCIA	Programa Papageno prevención suicidio	Acción específica para la prevención del suicidio y su repetición por contagio (efecto Werther)	• Sensibilización, asesoramiento, consultoría profesional
	Agri'écoute	Servicio de atención psicológica confidencial 24/7 para prevención del suicidio	• Citas personales, chat, información, consejos y teléfono de emergencias
	Agri'Collectif	Herramienta para el autodiagnóstico sobre aspectos financieros, sociales, humanos y de venta	• Sensibilización y formación
ALEMANIA	Mit uns im Gleichgewicht	Programa “en equilibrio con nosotros” de ayuda del seguro de social para la agricultura, la silvicultura y la horticultura SVLFG alemán	• Formación sobre gestión del estrés • Capacitación de salud <i>online</i> • Sucesión de las explotaciones
REINO UNIDO	Across the hedgerow	Apoyo telefónico al colectivo trabajador de jóvenes y mayores	• Apoyo social
	Plough on	Excursiones, eventos y actividades, grupos y redes sociales	• Apoyo social
IRLANDA	Make the moove you matter	Apoyo específico en salud mental	• Formación sobre los factores que afectan a la salud mental • Atención a crisis y situaciones de emergencia • Asesoramiento
	Coping with the pressures of farming	Fichas descriptivas de los factores de riesgo	• Sensibilización en los factores de riesgo (presión financiera, apoyo social, etc.)
	Staying fit for farming. A health booklet for farmers	Fichas descriptivas de medidas para el cuidado de la alimentación y otros aspectos físicos que influyen el bienestar del trabajador/a y su productividad	• Sensibilización en la importancia del bienestar físico

	Mental health 4 Ag	Centrado en evaluaciones de la salud y el estilo de vida	Intervención por personal médico especializado para la identificación de factores de riesgo y proporcionar conocimientos y habilidades para la mejora de la salud
	Ifarmwell	Afrontamiento del estrés	Herramientas diseñadas para ayudar a agricultores/as a afrontar el estrés
	Stress & the body	Herramienta para identificar los efectos del estrés en el organismo	Herramienta web interactiva que permite identificar los efectos del estrés señalando diferentes partes del cuerpo
	In the know	Taller gratuito sobre alfabetización en salud mental para agricultores/as y la comunidad agrícola	Formación y sensibilización. Permite aprender sobre el estrés, ansiedad, depresión, suicidio y abuso de sustancias y reconocer sus signos y síntomas
	The Guardian Network	Apoyo especializado en salud mental	Herramientas y estrategias para identificar cuándo alguien está teniendo problemas de salud mental o pensamientos suicidas
	AgKnow	Apoyo terapéutico	Apoyo a la salud mental y sesiones gratuitas de terapia
	FCC. Farm Credit Canada	Apoyo a la resiliencia y la salud mental	Formación y sensibilización
	Agrability	Apoyo especializado	Formación y asistencia directa a agricultores/as y familiares con discapacidades
	Farm and Ranch Stress Assistance Network (FRSAN)	Apoyo	Establecimiento de una red que asista a los agricultores y ganaderos en momentos de estrés

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Este trabajo facilita una comprensión más detallada de la problemática del sector en relación con los factores de riesgo psicosocial. Paralelamente, se han detectado lagunas en el conocimiento que deberían ser investigadas, lo que facilitaría una mejor identificación, evaluación y prevención del riesgo psicosocial del sector agrario:

- **Características específicas:** La incertidumbre climática, la volatilidad de los mercados, el relevo generacional, el aislamiento social, la falta de desconexión y tiempo libre, entre otros aspectos, afectan de forma especial en este sector. Las mujeres y las personas trabajadoras migrantes deben ser objeto de tratamiento específico, analizando la posible mayor vulnerabilidad a estos riesgos, según la bibliografía consultada.
- Características como el género, la edad y el origen de la persona trabajadora pueden actuar como condicionantes y posibles agravantes en la exposición a los riesgos psicosociales. Por lo tanto, la identificación de los riesgos no puede limitarse a lo tradicionalmente establecido, sino que debería tenerse en cuenta una visión más global.
- **Metodología:** La mayoría de los estudios internacionales se han centrado en evaluar las consecuencias concretas de la exposición a los riesgos psicosociales como, por ejemplo, el estrés, a través de diferentes escalas y cuestionarios elaborados *ad hoc*.

- No se ha encontrado un método específico para la evaluación de los factores de riesgo psicosocial en el sector agrario ampliamente utilizado debido precisamente a que las características especiales que presenta el sector no se reflejan en los métodos cuantitativos habitualmente empleados.
- La adaptación y aplicación de alguna de estas metodologías y herramientas identificadas podría permitir un mejor análisis y conocimiento de los riesgos psicosociales del sector agrario en España.
- **Medidas de intervención:** En otros países se han implantado medidas dirigidas a mejorar el afrontamiento de los riesgos psicosociales que, junto con acciones de sensibilización, ayudan a las personas del sector a sobrellevar los problemas. Algunas de estas medidas podrían emplearse también en España, aumentando la resiliencia de esta población ante los factores adversos, incluso aquellos a los que se encuentra expuesta de forma inevitable, como pueden ser los derivados del cambio climático.
- **Situación en España:** Apenas existen investigaciones sobre riesgos psicosociales y salud mental en el sector, por lo que hay una carencia de datos e información del estado de situación y las consecuencias en la salud mental (incapacidades debido a depresión, ansiedad, suicidio, etc.) de su población trabajadora. ●

■ Referencias bibliográficas ■

1. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M. P. (2015). Nota Técnica de Prevención (NTP) 1056 Prima-EF: marco europeo para la gestión del riesgo psicosocial. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/coleccion-tes-nicas/ntp-notas-tes-nicas-de-prevencion/30-serie-ntp-numeros-1031-a-1065-a-no-2015/ntp-1.056-prima-ef-marco-europeo-para-la-gestion-del-riesgo-psicosocial>
2. Lundqvist, P; 2022. *Farmers psychosocial work environment and mental health*. Swedish Agency for Work Environment Expertise. Hossain, D., Eley, R., Coutts, J. & Gorman, D. (2008). *Mental health of farmers in Southern Queensland: Issues and support*. *Australian Journal of Rural Health*, 16(6), 343-348.
3. Arora, K., Cheyney, M., Gerr, F., Bhagianadh, D., Gibbs, J., Anthony, T. R. (2020). *Assessing Health and Safety Concerns and Psychological Stressors Among Agricultural Workers in the US Midwest*. *Journal of Agricultural Safety and Health*. 26(1): 45-58. (doi: 10.13031/jash.13660).
4. Daghigh, S., Wheeler, S. A. y Zuo, A. (2019). *Key Risk Factors Affecting Farmers' Mental Health: A Systematic Review*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Int. J. Environ. Res. Public Health 2019, 16, 4849; doi:10.3390/ijerph16234849
5. Liang Liang, Y.; Wang, K.; Janssen, B.; Casteel, C.; Nonnenmann, M.; Rohlman, D.S. *Examination of Symptoms of Depression among Cooperative Dairy Farmers*. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 3657. doi.org/10.3390/ijerph18073657
6. Royal Agricultural Benevolent Institution (RABI) (2021). *The big farming survey. The Health and Well-being of the Farming Community in England and Wales in the 2020s. Sources of stress in the farming community*. The Royal Agricultural Benevolent Institution. Disponible en: <https://rabi.org.uk/about/big-farming-survey/>
7. Women's Link Worldwide (2019). *Temporeras Marroquíes en la agricultura onubense. Condiciones de trabajo y estancia de las trabajadoras contratadas en origen*. Disponible en: [Women's Link Worldwide – Comunidad LRM](https://www.womenslinkworldwide.com/comunidad-lrm/)
8. Ángel Jesús Callejón Ferre y Mimoun Chourak (2015). *Condiciones psicosociales de los trabajadores agrícolas de Triffa (Marruecos)*.
9. Unión de Ganaderos y Agricultores y la Asociación de Industrias Agroalimentarias de Navarra (UAGN) y la Asociación de Industrias Agroalimentarias de Navarra, La Rioja y Aragón (CONSEBRO) (2017). *Guía de riesgos psicosociales en empresas agrarias y agroalimentarias*. Disponible en: <https://uagn.es/guia-los-riesgos-psicosociales-empresas-agrarias-agroalimentarias/>
10. Cheryl Beseler and Lorann Stallones (2020). *Using a Neural Network Analysis to Assess Stressors in the Farming Community*. *Safety* 2020, 6, 21; doi:10.3390/safety6020021
11. Agencia Europea de Seguridad y Salud en el trabajo (EU-OSHA) 2024. *Mental health in agriculture: preventing and managing psychosocial risks for farmers and farm workers*. Disponible en: https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/Mental-health-agriculture_EN.pdf
12. Agencia Europea de Seguridad y Salud en el trabajo (EU-OSHA). *Evaluación interactiva de riesgos en línea (OIRA)*. Disponible en: <https://oira.osha.europa.eu/es>
13. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. *Estudio sobre la gestión del riesgo psicosocial en España y el uso de las técnicas cualitativas en la empresa*. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/estudio-sobre-gestion-del-riesgo-psicosocial-en-espana-y-uso-de-las-tecnicas-cualitativas-en-la-empresa-2024>
14. Ángel Jesús Callejón-Ferre, Mónica Estefanía Montoya-García, José Pérez-Alonso, José Ignacio Rojas-Sola. *The psychosocial risks of farm workers in south-east Spain*. *Safety Science*, Volume 78, 2015, Pages 77-90, ISSN 0925-7535, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.015>
15. Montoya-García, M. E.; et al 2013. *Assessment of psychosocial risks faced by workers in Almería-type greenhouses, using the Mini Psychosocial Factor method*. *Applied Ergonomics* 44, 303-311.
16. Christina Kolstrup, Peter Lundqvist, Stefan Pinzke; 2008. *Psychosocial Work Environment Among Employed Swedish Dairy and Pig Farmworkers* *Journal of Agromedicine*, Vol. 13(1).
17. Department of Labor, 2017. *National Agricultural Workers Survey Supplement on Work Organization and Psychosocial Factors: User's Guide*. Disponible en: https://www.dol.gov/sites/dolgov/files/ETA/naws/pdfs/NAWS_NIOSH_MHSupp_UserGuide.pdf
18. Didier Truchot y Marie Andel, 2018. *Burnout and hopelessness among farmers: The Farmers Stressors Inventory*. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*. 2018 Aug;53(8):859-867.
19. Purc-Stephenson et al. (2024). *A multidimensional tool to measure farm stressors: development and initial validation of the farmer stress assessment tool (FSAT)*. *BMC Psychology* (2024) 12:435 <https://doi.org/10.1186/s40359-024-01929-w>
20. Doherty, F. C., Tayse, R. E., Kaiser, M. L., & Rao, S. (2023). "The farm has an insatiable appetite": A food justice approach to understanding beginning farmer stress. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 12(3), 69–92. <https://doi.org/10.5304/jafscd.2023.123.011>
21. Connor J. McShane et al. 2016. *Development and validation of a work stressor scale for Australian farming families*. *Aust. J. Rural Health* (2016) 24, 238–245.
22. Carly E. Nichols PhD, Jonathan Davis PhD. *The Women Farmer Stress Inventory: Examining women farmer stress in the United States Corn Belt*. *The Journal of Rural Health*. *J Rural Health*. 2024; 40:457–466.
23. J. Kyle Haws, Arthur R. Andrews, M. Natalia Acosta Canchila, Athena K. Ramo (2022). *Refining the Migrant Farmworker Stress Inventory among Latino. Migrant Farmworkers in Rural Nebraska*. *Rural Ment Health*. 2022 Apr;46(2):100-116.
24. *Farm in mind. Stress indicator tool*. Disponible en: <https://www.farminmind.co.uk/stress-indicator-tool/>
25. FAMRes. *The farmers' training toolkit. Detection Tool*. Disponible en: <https://app.farmres.eu/farmers-toolkit>
26. National Centre for Farmer Health. *Managing Stress on the Farm*. Disponible en: <https://farmerhealth.org.au/managing-stress-book>
27. Thompson, R.; Hagen, B. N. M.; Lumley, M. N.; Winder, C. B.; Gohar, B.; Jones-Bitton, A. "An Incredible Amount of Stress before You Even Put a Shovel in the Ground": A Mixed Methods Analysis of Farming Stressors in Canada. *Sustainability* 2023, 15, 6336. <https://doi.org/10.3390/su15086336>

28. *FARMWELL project*. Disponible en: <https://farmwell-h2020.eu/>
29. *FARMRes project*. Disponible en: <https://farmres.eu/>
30. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P (2022). Directrices básicas para la gestión de los riesgos psicosociales. Disponible en: <https://www.insst.es/noticias-insst/directrices-basicas-para-la-gestion-de-los-riesgos-psicosociales-ano-2022>

Enlaces a las iniciativas de la tabla 1

- Portal: FARMWELL. Disponible en: <https://farmwell-h2020.eu/>
- Portal: FARMRes. Disponible en: <https://farmres.eu/>
- Portal: Agricultores en la encrucijada. Disponible en: <https://www.boerenopeenkruispunt.be/>
- Plan de acción de bienestar para la agricultura y horticultura flamencas. Disponible en: https://ilvo.vlaanderen.be/uploads/documents/PB/2022.05.24-Actieplan_Welbevinden_DIGI.pdf
- Programa Papageno prevención suicidio. Disponible en: <https://papageno-suicide.com/a-propos/>
- Portal: Agri'écoute. Disponible en: <https://www.msa.fr/lfp/solidarite/prevention-suicide>
- Portal: Agri'Collectif . Disponible en: <https://www.agricollectif.fr/diagnostic/>
- Portal: Mit uns im Gleichgewicht. Disponible en: <https://www.svlfg.de/gleichgewicht>
- Portal: Across the hedgerow. Disponible en: <https://www.ruralsupport.org.uk/what-we-do/support-hub/social-farming-innovation/loneliness-isolation/across-the-hedgerow/>
- Portal: Plough on. Disponible en: <https://www.ruralsupport.org.uk/what-we-do/support-hub/social-farming-innovation/social-connections/plough-on/>
- Portal: Make the move. You matter. Disponible en: <https://make-themoove.ie/about>
- *TEAGASC and Mental Health Ireland. Coping with the pressures of farming* (2017). Disponible en: <https://teagasc.ie/wp-content/uploads/media/website/publications/2018/Coping-with-the-pressure-of-farming.pdf>
- Richardson, Noel *et al.* (HAS, 2016). *Staying fit for farming. A health booklet for farmers*. Disponible en: https://www.hsa.ie/eng/Publications_and_Forms/Publications/Agriculture_and_Forestry/Staying_Fit_For_Farming.pdf
- Portal: Mental health 4 Ag. Disponible en: <https://farmerhealth.org.au/mental-health-4-ag>
- Portal: Ifarmwell. Disponible en: <https://ifarmwell.com.au/>
- Portal: Stress & the body. Disponible en: <https://farmerhealth.org.au/health-centre/stress-tool>
- Portal: In the know. Disponible en: <https://ccaw.ca/in-the-know/>
- Portal: The Guardian Network. Disponible en: <https://www.guardiannetwork.ca/the-guardians-role/>
- Portal: AgKnow. Disponible en: <https://www.agknow.ca/farmers>
- FCC. Farm Credit Canada. Disponible en: <https://www.fcc-fac.ca/en>
- Portal: Agrability. Disponible en: <http://www.agrability.org/>
- Portal: *Farm and Ranch Stress Assistance Network (FRSAN)*. Disponible en: <https://www.nifa.usda.gov/grants/programs/farm-ranch-stress-assistance-network-frsan>

Digitalización en el sector agrario. Implicaciones en la seguridad y salud en el trabajo

Esther Duque Casas e Iván Martínez del Cerro

Centro Nacional de Medios de Protección. INSST

El sector agrario español es un pilar fundamental de la economía nacional, no solo por su contribución al Producto Interior Bruto (PIB), sino también por su papel en la generación de empleo y en la sostenibilidad del medio rural, que enfrenta desafíos estructurales y retos importantes en materia de seguridad y salud en el trabajo (SST), situándose entre las actividades laborales con mayor siniestralidad.

Actualmente, el sector está inmerso en un proceso de transición tecnológica, motivada por la necesidad de lograr una agricultura más eficiente que garantice la producción de alimentos suficientes para la creciente población mundial y todo ello en un contexto de cambio climático, sociodemográfico y un amplio marco regulatorio.

Este artículo resume los principales resultados de la actividad interna llevada a cabo por el INSST para conocer el alcance de la digitalización agraria y sobre los posibles impactos, tanto positivos como negativos, que podrían derivarse sobre la seguridad y salud de su población trabajadora.

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura¹ (FAO, por sus siglas en inglés) estima que la población mundial alcanzará los 10.000 millones de personas en 2050 y la demanda de producción agrícola crecerá un 50 %; por ello, se requieren explotaciones más eficientes con nuevas tecnologías y sistemas ganaderos mejorados.

La digitalización, como en otros sectores, puede ser fundamental para mejorar la productividad y la competitividad agraria en



1 The future of food and agriculture: Trends and challenges (FAO, 2017). Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>

Figura 1. Beneficios de la implantación de la digitalización en la cadena de valor



Planificación	Insumos	Producción	Almacenamiento	Procesamiento postcosecha	Transporte	Acceso al mercado
• Ayudar a planificar qué y cuándo plantar • Fortalecer relaciones entre la cadena de valor • Adaptarse al cambio climático • Datos para ayudar en la toma de decisiones comerciales (optimizar beneficios, etc.)	• Reducir costes y riesgos de la compra • Aumentar el acceso a insumos de calidad • Conocer la demanda con antelación • Ofrecer soluciones para comprar, ahorrar y obtener créditos	• Proporcionar recordatorios y alertas • Promover las mejores prácticas agrarias • Aumentar la precisión y/o adaptabilidad de las intervenciones agrarias y la selección de cultivos mediante datos de campo	• Reducir las pérdidas poscosecha • Mejorar el control mediante recibos digitalizados • Monitorear las condiciones de almacenamiento	• Aumentar el poder de negociación de precios de mercado • Optimizar la cadena de suministro	• Reducir costes de transporte • Acceso a variedad de medios de distribución • Aumentar el acceso a la información del seguimiento del transporte	• Aumentar la capacidad de pymes para vender a mercados más grandes • Aumentar la información sobre los mercados

Adaptado de: Digital tools in USAID Agricultural Programming Toolkit.

La transformación digital del sector agrario no es sólo sinónimo de mejora y crecimiento, sino que resulta imprescindible para la supervivencia de las explotaciones.

las distintas fases del ciclo productivo y en toda la cadena de valor (figura 1), al mismo tiempo que mejora el bienestar de las comunidades rurales, el acceso al conocimiento y la formación.

Los términos **Agricultura inteligente, Agricultura 4.0** y **Smart Agriculture** agrupan multitud de innovaciones y soluciones tecnológicas enfocadas tanto en la mejora de la producción como en la seguridad y salud de las personas. Algunos ejemplos de estas nuevas tecnologías, que se desarrollan más adelante en este artículo, son el empleo de multitud de sensores, el procesamiento de datos masivos junto al uso de algoritmos para la toma de decisiones, el desarrollo de maquinaria y equipos inteligentes, drones o tractores con autoguiado GPS, etc. (figura 2).

Otro concepto importante es el de **agricultura de precisión**, referido al uso de tecnologías que permiten mayor selectividad de las prácticas agrarias y la optimización de los recursos, mejorando la productividad, la eficiencia y la calidad, reduciendo costes en mano de obra e insumos (productos de sanidad vegetal, semillas, etc.) y disminuyendo los riesgos laborales. Algunos ejemplos son la pulverización de precisión (*smart precision spraying*) que consiste en la aplicación de producto sólo donde es necesario mediante aperos inteligentes, drones o robots, reduciéndose de esta forma la cantidad de químicos empleados y,

por tanto, la exposición laboral y el impacto ambiental; o también la ganadería de precisión (*precision livestock farming* o PLF) que aumenta el bienestar animal y disminuye riesgos como la exposición laboral al ruido en las granjas, entre otros.

Figura 2. Ejemplos de nuevas tecnologías en el sector agroganadero



La implantación de nuevas tecnologías y nuevos métodos de trabajo impacta sobre la seguridad y salud laboral ofreciendo, por un lado, oportunidades para la mejora de las condiciones de trabajo, pero pudiendo conllevar también la aparición de riesgos nuevos o emergentes, a los que se dedica este artículo.

NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICABLES O EN DESARROLLO EN EL SECTOR AGRARIO

Según su tipología, las nuevas tecnologías para la mejora de la competitividad y de la seguridad y salud en el trabajo aplicables en el sector agrario, se pueden agrupar en 3 bloques: automatización y equipos “inteligentes”, sensorización agraria y Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) – software de gestión (figura 3).

A continuación, se describen algunas de estas nuevas tecnologías, a fin de ilustrar la gran oferta de productos y servicios digitales.

Automatización y equipos inteligentes

Los **equipos inteligentes** incorporan dispositivos electrónicos y sensores para mejorar el desempeño de las labores agroganaderas, por ejemplo, equipos que monitorizan el proceso de siembra, el rendimiento de la cosecha o eliminan selectivamente las malas hierbas con asistencia GPS o cámaras de detección.

La **automatización** agroganadera es ya una realidad (figuras 4 y 5), destacando el empleo de tractores y cosechadoras autónomas o semiautónomas y los sistemas de riego u ordeño automatizado. Se están desarrollando robots y cobots para diversas aplicaciones como el desplazamiento de comida o la limpieza en las naves de ganado, cosechadoras robóticas, recogida mecánica de frutas, inspección y vigilancia, etc.

El empleo de **drones** cada vez está más extendido también en el sector agrario (figura 6), pudiendo citar como ejemplos de uso la aplicación de productos fitosanitarios, la confección de mapas mediante fotografía hiperspectral o el pastoreo guiado por drones.

Como **innovaciones específicas para la prevención de riesgos laborales (PRL)**, se están desarrollando:

- **Robots y cobots** que reducen la exposición personal a determinados riesgos, tales como los derivados del trabajo en espacios confinados, del uso de productos químicos peligrosos como los agentes fitosanitarios, los trastornos musculoesqueléticos (TME), etc. Por ejemplo, un robot recolector (figura 7) o un robot de asistencia en la cosecha, que acompaña a la persona trabajadora desplazando el cajón con uvas recogidas.
- **Exoesqueletos** que ayudan a reducir la carga física en la manipulación manual de cargas o evitar, entre otras cosas, las tareas repetitivas, las posturas estáticas y las posturas forzadas;

Figura 3. Clasificación de las nuevas tecnologías utilizadas en el sector agrario

	AUTOMATIZACIÓN Y EQUIPOS INTELIGENTES	SENSORIZACIÓN	TIC – GESTION
			
 INNOVACIONES PARA LA COMPETITIVIDAD AGRARIA	Tractores autoguiados por GPS, cosechadoras y aperos inteligentes, pulverizadores de precisión, riego inteligente, robots de ordeño, etc.	Sensores (cultivo, suelo, entorno, etc.) instalados en campo o acoplados a maquinaria, geolocalización maquinaria/ganado, etc.	Análisis avanzado de datos basado en tecnologías (BIGDATA, IA, etc.), modelización de procesos, <i>software</i> de gestión/planificación agraria, etc.
 INNOVACIONES ESPECÍFICAS PARA LA SST	Mejoras en los equipos de trabajo, avisadores de vuelco, robots para tareas peligrosas, cobots para manipulación de cargas, etc.	Monitorización de la SST mediante <i>wearables</i> o sensores, geolocalización personal, EPI inteligentes, etc.	Aplicaciones para la ER, GPRL, formación por RV/RA, etc.

Figura 4. Vista del interior de la cabina de un tractor agrícola dotado de asistencia digital



Figura 5. Robot alimentador en naves de ganado



Figura 6. Drones para la aplicación de productos en agricultura



Figura 7. Brazo robótico sobre plataforma móvil y robot de transporte, que reduce carga física en recolección



por ello, son uno de los equipos que se podrían utilizar para disminuir el riesgo de desarrollo de TME.

Sensorización

Los sensores permiten mejorar el control y seguimiento de la explotación, mediante la medición de ciertos parámetros del suelo, la planta, el agua o las condiciones ambientales, entre otros, logrando una **"agricultura basada en datos"** (figura 8). El internet de las cosas (IoT) ha llegado a este sector, con sistemas que aúnan la toma de datos, el análisis y los dispositivos de actuación, por ejemplo, el riego inteligente que aplica agua en función de las necesidades de la planta. También se están desarrollando sistemas para el seguimiento a distancia de los cultivos, mediante cámaras y *software* de inteligencia artificial (IA).

En **ganadería**, existen dispositivos que monitorizan el bienestar animal y otros que acoplan GPS al ganado, permitiendo el control de su posicionamiento en ganadería extensiva, como el vallado virtual o *geofencing* (figura 9).

En el ámbito de las **innovaciones específicas para la PRL**, nos encontramos con los **dispositivos de monitoreo personal o ambiental**, los cuales disponen de sensores que miden parámetros relativos al estado físico del individuo o las condiciones ambientales, facilitando la detección precoz de situaciones de riesgo (deshidratación, golpe de calor, etc.) y, en su caso, activan sistemas de alerta temprana (figura 10). Pueden ser portados por la persona (*wearables*) acoplados a la ropa de trabajo, a equipos de protección individual, a relojes inteligentes, etc. o estar instalados en lugares fijos o en equipos.

Figura 8. Estación de medición de condiciones ambientales en explotaciones agrarias



Otros sistemas permiten realizar un seguimiento en seguridad y salud en el trabajo, mediante cámaras que analizan en tiempo real el comportamiento y acciones humanas. También se han desarrollado **aplicaciones** como SafeDriving de la Universidad de Columbia o SOS vuelco del Instituto Asturiano de Prevención de riesgos laborales, que permiten la detección temprana del riesgo del vuelco de tractor y el reporte a emergencias en caso de producirse.

Los **EPI inteligentes o smart PPE**, son equipos de protección individual que integran la tecnología avanzada para mejorar la SST y la experiencia de la persona usuaria aumentando la eficiencia, protección, durabilidad o el confort, pudiendo recopilar datos para el análisis en tiempo real o posterior. Una posible clasificación y ejemplos se muestran en la tabla 1.

Figura 9. Dispositivos para el control y seguimiento de los animales en las explotaciones ganaderas



Figura 10. Wearables para el monitoreo personal en prevención de riesgos laborales (EU-OSHA)



Tabla 1. Clasificación de los EPI inteligentes

EPI SIN ELEMENTOS ELECTRÓNICOS		Incluyen materiales con características especiales de autoreparación, bioseguridad, antihumedad, etc. o materiales que interactúan con el entorno (ej. rodilleras inteligentes de absorción de impactos, guantes que cambian de color en contacto con determinada sustancia peligrosa, etc.).
EPI CON ELEMENTOS ELECTRÓNICOS	Sin recogida de datos	Ej. Prendas de alta visibilidad inteligentes, bota que detecta caídas y da aviso a personas cercanas, etc.
	Con recogida de datos NO personales	Datos del estado del EPI. Su análisis directo o posterior da información sobre si el EPI sigue protegiendo, requiere mantenimiento, limpieza, etc. Datos del entorno. Prendas con sensores y avisadores en caso de riesgo por gases tóxicos, temperatura, ruido, etc.
	Con recogida de datos personales	Datos biométricos, geolocalización, etc. Ej. wearables que registran variables como la frecuencia cardiaca, presión sanguínea, respiración, la fatiga o la postura, etc.

Figura 11. Software de planificación integral agraria



Figura 12. Imagen del simulador Segutractor para conducción segura del tractor, desarrollado por el INSST



TIC y gestión agraria

Un *software* de planificación agraria es una herramienta digital que ayuda a gestionar y optimizar las operaciones en todo el ciclo productivo (figura 11). Se han desarrollado aplicaciones para la agricultura 4.0 que integran datos obtenidos por los sensores en la planificación y toma de decisiones o que incorporan el cuaderno de explotación. En el sector ganadero pueden centralizar toda la información sanitaria y de producción animal, precios, insumos, etc., y compartirse con el personal veterinario o asesor. Existen también aplicaciones para la gestión integrada de vehículos y maquinaria que ayudan a identificar patrones de averías y planificar los mantenimientos.

Otras **innovaciones con aplicación en SST** son las tecnologías de **realidad virtual y realidad aumentada** (RV y RA)

que son herramientas que pueden ayudar a la formación en el empleo seguro de equipos, la aplicación de procedimientos o entrenar determinadas situaciones de trabajo, como en los espacios confinados o el manejo de vehículos. Podemos citar simuladores como [Segutractor](#) del INSST, destinado a formar en la conducción segura y en el uso adecuado de las medidas de protección (ROPS y cinturón de seguridad), concienciar acerca del riesgo de accidente por vuelco y reforzar las conductas seguras (figura 12).

ESTADO DE SITUACIÓN DE LA DIGITALIZACIÓN AGRARIA EN ESPAÑA

Aunque el sector es unánime en cuanto a que la digitalización agraria es imprescindible para la supervivencia de las explotaciones, los datos reflejan que actualmente existe un **retraso digital** respecto a otras actividades laborales. Un estudio de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) concluye que la "intensidad digital" en agricultura, ganadería y silvicultura es "baja", estando entre los sectores menos avanzados en esta materia.

La adopción efectiva de las innovaciones digitales en este sector se ve dificultada por distintos motivos, como son:

- La baja accesibilidad a la red o conectividad de los lugares de trabajo (solo el 50 % tiene cobertura 5G).
- El elevado porcentaje de explotaciones pequeñas con bajos ingresos, que no permiten realizar inversiones en digitalización.
- El perfil sociodemográfico de esta población donde prevalece una elevada edad media, bajo nivel de estudios, cultura tradicional, etc., que limita la adaptación al cambio digital.
- La dificultad de estandarizar los procesos productivos en agricultura/silvicultura.

Diagnóstico de la digitalización en el sector agrario en España

La situación en España es similar a la europea, con una elevada proporción de pequeñas explotaciones, ya que el 66 % de ellas tiene una superficie menor de 10 hectáreas, según el último Censo Agrario 2020 elaborado por el Instituto Nacional de Estadística² (INE). El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) ha puesto en marcha su Observatorio de Digitalización del Sector Agroalimentario, a fin de monitorizar el proceso de transición digital, publicando varios documentos de

² El Censo Agrario se realiza cada 10 años y responde a las exigencias del Reglamento 2018/1091 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de julio de 2018 relativo a las estadísticas integradas sobre explotaciones agrícolas.

diagnóstico. El análisis de la situación de partida refleja que el sector español presenta un “cierto retraso frente a la media europea en inversión en I+D+i, factor crítico para nuestra futura competitividad”.

En relación con el diagnóstico de la situación actual de la digitalización en el sector agrario en España, destacan los siguientes aspectos:

Conectividad y uso de dispositivos electrónicos

Aunque la práctica totalidad de agentes del sector agroalimentario (SAG) emplea algún tipo de conexión a Internet en sus actividades (principalmente por fibra óptica), la disponibilidad de cobertura *en el emplazamiento de trabajo* baja al 66,3 %, siendo la ganadería la actividad que manifiesta más problemas (10,6 % no cuenta con cobertura en sus granjas) y deben recurrir a fuentes inalámbricas como red vía satélite.

Captura de datos y uso de herramientas digitales

La base de la digitalización es la captura, conservación y análisis de datos. El 84 % de la producción primaria reconoce capturar datos, siendo la agricultura algo superior a la ganadería.

En la agricultura la captura de datos se realiza principalmente mediante métodos tradicionales, seguida de sensores para el suelo, ambientales y de los cultivos y tan solo un 6 % usa análisis por satélite o drones.

En la ganadería destacan los cultivos y los sensores de bienestar animal, básculas inteligentes y control de alimentación; un 13 % emplea cámaras de monitorización y casi un 4 % collares de control (figura 13).

Figura 13. Captura de datos y herramientas digitales en el sector agroalimentario español



Automatización

En la agricultura está extendido el uso del tractor con asistencia digital, por GPS o autoguiado, así como los aperos compatibles con tecnología ISOBUS³. En la ganadería, la automatización alcanza el 73 % y en muchas de las tareas sistemáticas, repetitivas y más penosas se está sustituyendo la mano de obra por los equipos de trabajo (distribución de alimento, control ambiental en instalaciones, pesaje de animales, bienestar animal, etc.). Por su parte, en la industria agroalimentaria destacan las líneas automatizadas, los brazos robóticos y los robots de transporte interno de mercancías (figura 14).

Figura 14. Automatización del sector agroalimentario español



Políticas públicas de impulso a la digitalización en España

Distintas Administraciones públicas han adoptado estrategias para fomentar la digitalización, entre las que destacamos las siguientes:

- **Plan Estratégico de la Política Agraria Común (PEPAC) 2023-2027:** la PAC es la política común de todos los países de la Unión Europea que apoya al sector primario y garantiza la seguridad alimentaria y la protección del medio ambiente; cada país debe elaborar su plan estratégico nacional. Así, el PEPAC español contiene las intervenciones o medidas para alcanzar los objetivos de la PAC y de los pactos europeos⁴, en base a un minucioso análisis de las necesidades del sector agrario y el medio rural español, e incluye metas para cada objetivo, un plan financiero y el sistema de gestión, control y seguimiento.

Concretamente, en materia de digitalización se recogen:

- Objetivo específico 2: mejorar la orientación al mercado y aumentar la competitividad de las explotaciones agrícolas, a corto y largo plazo, prestando mayor atención a la inversión, la tecnología y la digitalización.

³ ISOBUS es un protocolo de comunicación estándar internacional (ISO 11783) que permite la interacción entre tractores, implementos y *software* agrícola de diferentes fabricantes, utilizando un lenguaje común para garantizar la compatibilidad.

⁴ Por ejemplo, el Pacto Verde Europeo que busca alcanzar la neutralidad climática de la UE para 2050, propugna disminuir el uso de productos fitosanitarios, evitar la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad y fomentar la agricultura ecológica.

- Objetivo transversal: modernizar el sector a través del fomento y la puesta en común del conocimiento, la innovación y la digitalización en las zonas agrícolas y rurales y promover su adopción.

El PEPAC contempla diversas medidas de apoyo al sector en forma de ayudas directas a la renta de agricultores/as, ayudas a sectores con necesidades específicas y medidas de desarrollo rural. Además, se contemplan **intervenciones en digitalización agraria**, como las ayudas a inversiones en modernización y/o mejora de explotaciones, ayudas a la cooperación y ayudas para el intercambio de conocimiento, difusión de información y servicios de asesoramiento, entre otras.

- **Estrategia de Digitalización del MAPA:** pretende impulsar la transformación digital del sector mediante la eliminación o la reducción de las barreras técnicas, legislativas, económicas y formativas existentes, contribuyendo a lograr un sector sostenible económica, social y medioambientalmente, y al poblamiento activo del medio rural, más atractivo, diversificado, generador de riqueza y de empleo de calidad, con especial atención a jóvenes y mujeres.

La Estrategia establece tres objetivos desglosados en líneas estratégicas (tabla 2) y se implementa a través de medidas concretas en los Planes de Acción.



- **Agenda Digital para España (MTDFP):** es la hoja de ruta para la transformación digital del país, en línea con las políticas digitales de la Unión. Entre las metas de la agenda [España Digital 2026](#) están garantizar la conectividad digital (“100 % de la población con cobertura de 100 Mbps”), promover la desaparición de la brecha digital entre zonas rurales y urbanas, impulsar el 5G y contribuir a la transformación digital, entre otros, en el sector el agrario.



- **Otras medidas** con impacto en digitalización son las siguientes:
 - [Programa UNICO – banda ancha \(MTDFP\)](#)
 - [Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación \(MICIU\)](#)
 - [Nuevo Marco Estratégico para el reto demográfico \(MITECO\)](#)

Herramientas al servicio de la agricultura 4.0

- **AEI-Agri:** la “Asociación Europea para la Innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas” es una iniciativa de la Comisión Europea para estimular la innovación y mejorar el intercambio de conocimientos en el sector,

Tabla 2. Objetivos y líneas estratégicas de la Estrategia de digitalización del MAPA

Objetivos		Líneas estratégicas
OBJETIVO 01	REDUCIR LA BRECHA DIGITAL	O1. L1. Conectividad O1. L2. Capacitación
OBJETIVO 02	FOMENTAR EL USO DE DATOS	O2. L1. Interoperabilidad O2. L2. Datos abiertos O2. L3. Datos de la cadena de valor y medioambientales
OBJETIVO 03	IMPULSAR EL DESARROLLO EMPRESARIAL Y LOS NUEVOS MODELOS DE NEGOCIOS	O3. L1. Fortalecimiento del ecosistema de innovación digital O3. L2. Asesoramiento para la adopción digital en Sistemas de Conocimiento e Innovación agroalimentarios, forestales y del medio rural O3. L3. Fomento de nuevos modelos de negocio

aplicando un modelo de innovación abierta e interactiva. Se implementa a través de:

- Grupos Operativos (GGOO): son agrupaciones de agentes de diferente perfil (titulares de explotaciones, empresas, centros de investigación o formación, etc.) que se asocian para realizar un proyecto de innovación como respuesta conjunta a un problema o necesidad común.
- Proyectos multi-actor y redes temáticas, en el marco del programa I+D+I **Horizonte Europa**⁵.



El INSST y los GGOO de la AEI-Agri: el proyecto GO PhytoDron

G.O. PhytoDron: validación y seguridad de las aplicaciones aéreas con drones en el entorno agroforestal, es una iniciativa participada por el INSST en materia de agricultura de precisión. Cofinanciado por el MAPA y FEADER, su objetivo principal fue impulsar el uso de los drones como herramienta segura para realizar aplicaciones de productos fitosanitarios, buscando avanzar en su marco regulatorio y estableciendo escenarios de uso con los que promover su posible equiparación a las aplicaciones terrestres convencionales. El proyecto plantea un estudio multidisciplinar y multiactor (16 agentes participantes), en el cual el INSST ha coordinado distintos test en colaboración con la Universidad de Sevilla.

- **Redes PAC europea y nacional:** están encargadas de recopilar y divulgar los resultados de la innovación de los Grupos Operativos y conectar actores de la innovación en grupos focales y eventos a nivel de la UE y de España. La RedPAC española incluye, entre otras herramientas, un visor de [GGOO](#) y proyectos innovadores, un visor de [buenas prácticas agrarias](#) e información sobre publicaciones, eventos, noticias, etc.
- **Plataforma AKIS:** creada por el MAPA, su objetivo es facilitar el punto de encuentro e intercambio de conocimiento entre los agentes del *Sistema de Conocimiento e Innovación en Agricultura* (SCIA o AKIS, por sus siglas en inglés). Como agentes AKIS actúan, entre otros, productores/as, empresas, administraciones, centros de investigación/formación y, en particular, las entidades asesoras.



- **DigiMAPA:** es una herramienta digital gratuita desarrollada por el MAPA que conecta a los actores de la cadena de valor agroalimentaria. El rápido desarrollo de nuevas tecnologías, la sobreoferta de productos/servicios digitales y la dispersión de la información, pueden convertirse en una barrera para la implantación y transferencia de estas tecnologías. Así, [DigiMAPA](#) (figura 15) ofrece un **buscador interactivo de productos y servicios digitales, AgriFood Tech**, para ayudar al sector a identificar aquellos que más se adaptan a sus necesidades.

Figura 15. Imagen de la herramienta DigiMAPA



⁵ Horizonte Europa es el programa marco de investigación e innovación de la UE para el período 2021-2027. Como su predecesor Horizonte 2020, será el instrumento fundamental para llevar a cabo las políticas de I+D+i de la UE.

- **Centro de Competencias para la formación digital agroalimentaria:** es una iniciativa en colaboración entre el MAPA, la Universidad de Córdoba y la Universidad Politécnica de Madrid, que pretende dar acceso a formación especializada y gratuita al sector. Los cursos están abiertos a productores/as, personal técnico o asesor, cooperativas, organizaciones agrarias, grupos de desarrollo rural, centros tecnológicos, etc.
- **Otras iniciativas** son las *Smart Villages* (comunidades rurales que implementan soluciones innovadoras para mejorar su resiliencia), los Centros de Innovación Digital (DIH, por sus siglas en inglés) que ofrecen servicios de apoyo para la adopción de innovaciones digitales o el proyecto europeo [SmartAgriHubs](#) que pretende impulsar un ecosistema de innovación agrario.

OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS
DE LA DIGITALIZACIÓN PARA LA SST

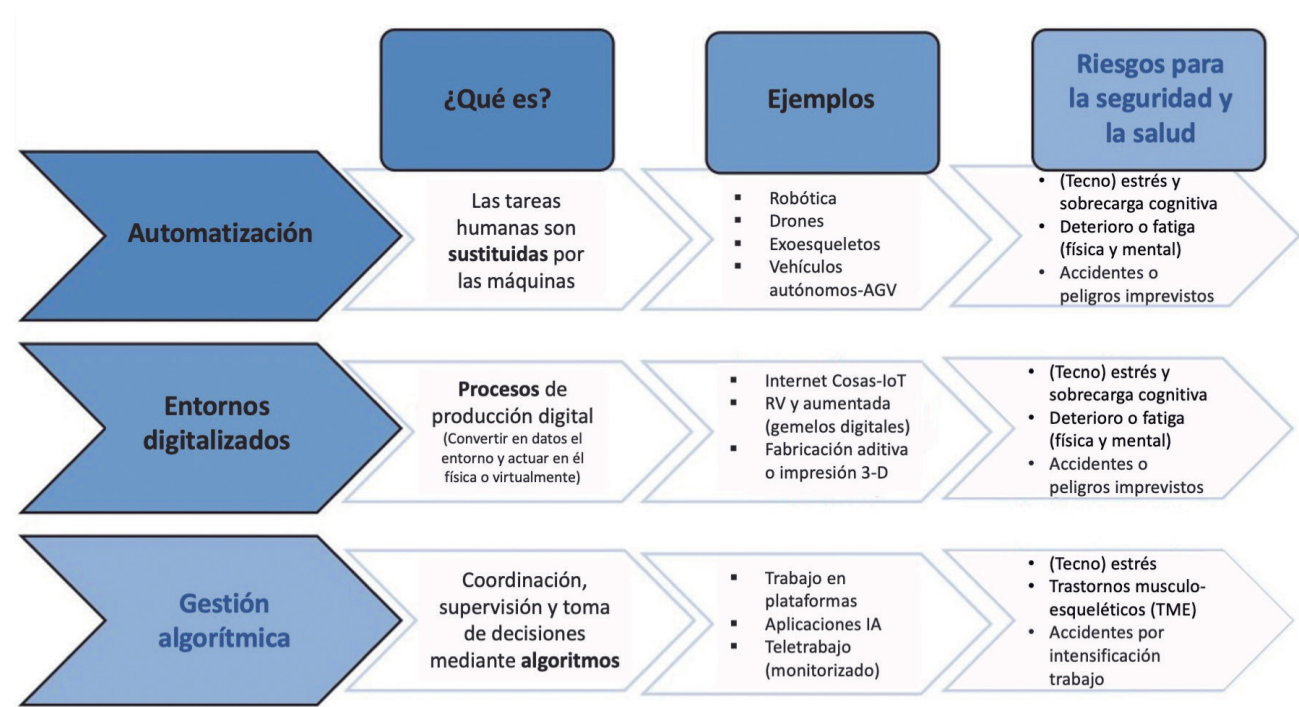
La digitalización conlleva oportunidades de mejora de la SST, pero también puede conllevar desafíos en forma de riesgos nuevos o emergentes, en especial ergonómicos y psicosociales, que es necesario abordar (figura 16).

Oportunidades de la digitalización agraria para la PRL

Los desarrollos de la agricultura inteligente tienen el potencial de reducir los riesgos para la seguridad y salud laboral y mejorar el lugar de trabajo. La automatización, al sustituir la intervención humana por la ejecución mecanizada, puede reducir la exposición de las personas trabajadoras a tareas, sustancias o ambientes peligrosos, así como mejorar las condiciones ergonómicas de la ejecución.

En el ámbito de la **seguridad**, la mecanización y el manejo remoto pueden reducir significativamente los accidentes laborales más graves, como los producidos por maquinaria o vehículos. Los tractores autoguiados y la asistencia digital, como los sistemas de estabilización activa o los avisadores antivuelco, pueden reducir los accidentes en estos vehículos. La incorporación en la maquinaria de sensores de proximidad, limitadores de velocidad, cámaras y sistemas de alerta mejora la seguridad en la operación y ayuda a prevenir accidentes. En silvicultura, aunque el trabajo con motosierras sigue siendo esencial, la introducción de nuevos equipos como las cuñas de tala por control remoto y la mecanización parcial de la extracción de madera han reducido riesgos graves causados por el “espacio compartido” entre personas-máquinas. Además, la automatización tiene como efecto

Figura 16. Dimensiones actualizadas de la digitalización y sus riesgos nuevos o emergentes



Fuente: Revista Seguridad y Salud en el Trabajo nº 116, INSST – 2023.

colateral limitar las tareas de mantenimiento directo que puede realizar el usuario/a, que eran fuente habitual de lesiones.

Respecto a los riesgos de **higiene industrial**, la pulverización de precisión mediante drones o sistemas automatizados reduce la exposición a sustancias peligrosas, especialmente productos

fitosanitarios, hasta un 80-90 %. Tecnologías como la eliminación de malas hierbas por láser permiten incluso eliminar el empleo de agentes químicos. Asimismo, en la ganadería, el manejo remoto y los sistemas automáticos contribuyen a disminuir la exposición a agentes físicos como el ruido animal o las vibraciones, entre otros.

Tabla 3. Ejemplos de oportunidades de mejora de las condiciones de seguridad y salud agraria mediante nuevas tecnologías

Riesgos del sector agrario	Oportunidades de mejora de la SST
General	Las nuevas tecnologías podrían reducir los riesgos laborales al: • Sustituir la mano de obra en actividades peligrosas (maquinaria, manejo del ganado, etc.) • Reducir la exposición a agentes peligrosos • Aumentar la seguridad de máquinas y vehículos • Mejorar la conciliación del trabajo y la vida personal • Mejorar el seguimiento de las condiciones de SST (monitorización) y el sistema de gestión PRL
Accidentes con vehículos (atropello, vuelco)	Maquinaria autónoma o semiautónoma, tractores autoguiados Avisadores de colisión entre peatones y vehículos Sensores de fatiga Sensores y simuladores de vuelco del tractor Monitorización y vigilancia del uso ROPS retirados Identificación de prácticas inseguras a tiempo real
Caídas desde altura (árboles, etc.)	Robots y cobots recolectores de frutas Cámaras y sensores para detectar el correcto uso de los EPI Avisadores de proximidad a zonas peligrosas App sobre seguridad de escaleras
Golpes por objetos móviles o desprendidos (maquinaria, pacas, troncos)	EPI inteligente con iluminación Silvicultura: robot y maquinaria de tala; cuñas de tala automatizadas o por control remoto Robot manipulación de carga (ej. transporte de la comida de animales) Sensores de presencia Cámaras y sensores para la detección de comportamientos inseguros
Golpes/choques por manejo de ganado	Automatización: ordeñadores automáticos, separadores de animales Guiado (pastoreo) mediante drones Sensores de bienestar animal (alimentación, control de celo, etc.)
Ahogamiento (reservorios de agua, tanques de purines, silos de granos)	Robot y automatización de tareas en espacios confinados Detectores y sensores de atmósferas contaminadas
Agentes químicos (fitosanitarios, etc.)	Aplicación mediante dron o robot Eliminación física de las malas hierbas mediante aperos inteligentes (láser, mecánicos, etc.) <i>Wearables</i> de detección de sustancias peligrosas Control de almacenamientos, etiquetas RDFI, contenedores inteligentes
Ruido	Maquinaria más silenciosa Trabajo a distancia y monitoreo mediante móvil, dron, etc. (ej. vigilancia y control de granjas) Maquinaria ordeño que evita la exposición al ruido del ganado Tala mediante maquinaria, cuñas, etc. (reduce el empleo de la sierra mecánica)
Exposición a radiación solar y altas temperaturas	Estaciones meteorológicas que permitan una mejor planificación del trabajo Sensores en dispositivos y EPI para la identificación de las variables ambientales EPI con tejidos inteligentes y adaptados a las altas temperaturas
Trastornos musculoesqueléticos	Exoesqueletos Automatización/robotización (ej. manipulación de cargas, alimentación, ordeño, etc.). Sensores de bienestar del ganado y monitorización a distancia
Carga mental	<i>Software</i> de gestión agroganadera Anticipación y control de problemas y actividades: inseminación, controles sanitarios, etc. Aplicaciones-sensores para el control y seguimiento de los cultivos, bienestar animal, etc.
Atención en caso de accidente o emergencia	Sistemas "reactivos" que minimizan las consecuencias de emergencia/accidente: • <i>Wearables</i> con geolocalización (atención temprana de siniestros) • Alerta y señalización de accidentes • Recopilación de datos para la investigación

En cuanto a los aspectos **ergonómicos**, la automatización y mecanización de tareas repetitivas o físicamente exigentes, como la cosecha o el manejo de cargas, ayudan a prevenir trastornos musculoesqueléticos, uno de los principales problemas del sector. El uso de robots, exoesqueletos y maquinaria adaptada reduce el esfuerzo físico y mejora la postura durante el trabajo. También se están desarrollando EPI inteligentes y *wearables* que permiten monitorizar variables clave de salud. Las mejoras ergonómicas pueden generar efectos sociodemográficos positivos, tales como favorecer el empleo de las personas de mayor edad, con enfermedades crónicas o discapacidad.

Desde la perspectiva **psicosocial**, la digitalización ofrece mejoras en la gestión del tiempo y en la conciliación vida-trabajo, al permitir operar equipos de manera virtual, a distancia y en cualquier momento, como el riego o la monitorización del ganado, evitando desplazamientos y tiempos perdidos e incrementando el tiempo disponible para la vida personal. La ganadería de precisión basada en biosensores permite anticipar actuaciones (inseminación, enfermedades, etc.). Todo ello reduce el estrés asociado a imprevistos y a la sobrecarga mental.

En relación con la propia **gestión preventiva**, innovaciones como los drones, las imágenes por satélite o las tecnologías de monitorización personal y ambiental están modernizando el control y seguimiento de la seguridad y salud en el trabajo también en este sector.

Retos de la digitalización agraria en PRL

La progresiva digitalización y automatización del sector agrario conlleva cambios importantes en la organización del trabajo y en la posible exposición a nuevos riesgos laborales o el aumento de otros ya existentes, por la introducción de nuevos equipos, la interacción de distintas tecnologías o el aumento de trabajos en solitario.

En el ámbito de la **seguridad en el trabajo**, la maquinaria agrícola y forestal (tractores, autocargadores forestales, motosierras, etc.), a pesar de haber incorporado mejoras, continúa siendo la principal causa de mortalidad, destacando los accidentes por vuelco, atrapamientos y golpes, muchas veces por el trabajo en el mismo espacio de personas y máquinas o durante tareas de mantenimiento o ajuste. Los nuevos equipos conllevarán nuevos riesgos, como la caída o colisión de los drones. Además, hay que prestar especial atención a la convivencia de equipos tradicionales y nuevos, posibles incompatibilidades, fallos de integración, etc. Por otro lado, la utilización de dispositivos móviles durante el uso de maquinaria, especialmente entre jóvenes, ha incrementado el riesgo de accidentes por distracción. Por último, la incorporación de tecnologías como la inteligencia artificial, sensores y robots requiere revisar las evaluaciones de riesgos, considerando la interacción entre sistemas automáticos y humanos.

En el campo de la **higiene** industrial, la evaluación de riesgos debe adaptarse a las nuevas tecnologías y nuevos procedimientos

de trabajo. Por ejemplo, debe contemplarse el posible incremento de la exposición a ruidos o vibraciones por los nuevos equipos tales como el uso extendido de drones o la exposición a agentes químicos. Así, en los ensayos llevados a cabo por el INSST en el marco del proyecto G.O. Phytodron (con el objetivo de estudiar el uso de drones para la aplicación de productos fitosanitarios) se observó que, si bien disminuía la exposición de las personas trabajadoras durante la aplicación, aumentaba la exposición en las operaciones mezcla-carga por la mayor frecuencia de esta tarea cuando se utilizan drones.

Desde la perspectiva de la **ergonomía**, las innovaciones tecnológicas impactan directamente en la carga física y postural de las personas trabajadoras por lo que debe evaluarse la aparición de nuevos riesgos (cobots, exoesqueletos, etc.). Aunque los equipos modernos incorporan mejoras en su diseño ergonómico, su efectividad depende en gran medida de la formación adecuada y de la correcta adaptación al perfil físico de cada usuario/a. Además, se ha detectado un aumento del sedentarismo asociado al uso de tecnologías digitales, lo que puede contribuir al incremento de trastornos musculoesqueléticos y enfermedades cardiovasculares. Por otro lado, la automatización puede conllevar que las tareas más complejas sean reservadas a los humanos, aumentando la fatiga y carga mental. Por todo ello, deben aplicarse criterios ergonómicos tanto en el diseño de los equipos como en la organización del trabajo digital.

En cuanto a los **riesgos psicosociales**, la digitalización conlleva un incremento significativo de los mismos especialmente durante las primeras fases de implantación, por la necesidad de adaptarse a las nuevas herramientas, la aparición de errores/falsas alarmas, el aumento de la exigencia de disponibilidad permanente o el estrés financiero derivado de las inversiones necesarias. Además, las personas trabajadoras pueden experimentar miedo a ser reemplazadas por tecnologías, así como pérdida de control sobre su trabajo, entre otros. Este impacto es más acusado en las personas de mayor edad o con menos competencias digitales, lo que genera una brecha tecnológica y emocional.



Tabla 4. Relación no exhaustiva de riesgos nuevos y emergentes asociados a la digitalización agraria

Área	Riesgos nuevos/emergentes
General	Riesgos de seguridad (problemas de interacción de equipos nuevos/antiguos, fallos de interconectividad y en cascada, distracciones con el móvil, etc.) Riesgos ergonómicos (fatiga mental por mayor complejidad de tareas, uso intensivo de dispositivos móviles, ergonomía de la interfaz humano-máquina, etc.) Riesgos psicosociales: • Tiempo de trabajo: hiperconectividad, problemas de desconexión y conciliación vida personal-laboral • Autonomía: falta de control, pérdida de capacidades/competencias, necesidad de recualificación • Variedad/contenido: desmotivación o estrés por pérdida de contenido/control de las tareas • Demandas psicológicas: estrés por no adaptación a los cambios o la pérdida de cualificación • Relaciones y apoyo social: aislamiento, falta de supervisión y apoyo • Supervisión-participación: seguridad cibernética, cuestiones éticas y protección de datos personales
Aplicación de sustancias peligrosas	Fatiga física y mental (aplicación de productos en jornadas extendidas, toma de decisiones rápidas) Disminución de atención, aumento de errores y riesgo de accidente en actividades muy digitalizadas Incremento de exposición por nuevos procedimientos de trabajo (mezcla-carga en aplicación con drones)
Drones	Cortes Colisión con otros objetos Riesgo de caída de dron o de objetos transportados por el mismo Explosión de baterías
Equipos inteligentes	Riesgos físicos: Exposición a radiaciones y campos electromagnéticos Riesgos ergonómicos si los equipos no están bien diseñados Mayor exposición al ruido y vibraciones Más lesiones con las partes móviles Riesgo de atropello o colisión por maquinaria automatizada Riesgo en las operaciones de mantenimiento y resolución de problemas
Exoesqueletos	Riesgo de sobrecarga (ajuste no adecuado a la persona usuaria o por movilidad limitada)

Siguiendo el método **FPSICO del INSST**, podemos destacar los siguientes factores psicosociales que podrían verse afectados:

- **Tiempo de trabajo:** un uso incorrecto y constante de esas tecnologías puede aumentar el tiempo de trabajo, dificultar la desconexión, los periodos de descanso y la separación de la vida personal y laboral.
- **Autonomía:** nuevas tecnologías como la robotización podrían conllevar una pérdida de capacidades y competencias. La automatización o el empleo de algoritmos también puede generar una percepción de falta de control sobre las tareas e incrementar la dependencia de empresas tecnológicas.
- **Variedad/Contenido:** la tecnología puede generar una disminución en la variedad de las tareas, con un posible incremento del sedentarismo y la monotonía.
- **Demandas psicológicas:** los nuevos equipos y procedimientos pueden aumentar las exigencias cognitivas para el desempeño de las tareas, por lo que debe planificarse un periodo de adaptación y un proceso de recualificación continua.
- **Relaciones y apoyo social:** la automatización y la comunicación por medios electrónicos, junto con la reducción de la

mano de obra, pueden conllevar una mayor realización de tareas en solitario, agravando el riesgo psicosocial de aislamiento, falta de supervisión y dificultad para recibir ayuda en caso de accidente.

- **Supervisión-participación:** el empleo de *wearables*, cámaras y drones, aunque estén diseñados para mejorar la PRL, pueden crear una sensación de vigilancia y ser vistos como un ataque a su intimidad. Por ello es importante la información, consulta y participación de las personas afectadas.

CONCLUSIONES

La digitalización agraria es un proceso imparable y esencial para asegurar la sostenibilidad del sector y garantizar la producción de alimentos suficientes para una población mundial en constante crecimiento; pero las nuevas tecnologías impactan también en las condiciones de seguridad y salud en el trabajo.

La agricultura y ganadería inteligentes ofrecen potenciales beneficios para la competitividad de las explotaciones, mejorando la productividad y eficiencia, reduciendo costes, aumentando el bienestar animal y la protección ambiental, etc. El artículo detalla algunas tecnologías de uso extendido en el sector como los tractores autoguiados, las cosechadoras robotizadas, la sensorización



y el internet de las cosas aplicados al sector o el *software* de gestión agraria.

No obstante, el sector experimenta un *retraso digital* respecto a otros sectores por la lenta adopción de nuevas tecnologías, debido a factores como la falta de rentabilidad, capital y/o financiación para acometer inversiones (especialmente en pymes que luchan para equilibrar sus cuentas), la complejidad de la automatización agraria o el perfil sociodemográfico del sector, entre otros.

Para apoyar el proceso de transición digital agraria se han diseñado distintas actuaciones públicas, destacando las ayudas financieras del *Plan Estratégico para la Política Agraria Común* para fomentar la creación de redes de conocimiento (AKIS) y el trabajo en grupos operativos y en proyectos innovadores (AEI-Agri); la *Estrategia de digitalización del sector agroalimentario y forestal y del medio rural* del MAPA y la *Agenda Digital 2026* del MITECO. Además, existen diversas herramientas de apoyo al sector agrario 4.0 como la RedPAC o los buscadores de servicios digitales como DigiMAPA.

Este artículo analiza los efectos de la digitalización en materia de prevención de riesgos laborales, con el objetivo de orientar a las y los profesionales de la prevención de riesgos laborales para que puedan dar una respuesta eficaz a las nuevas realidades y anticiparse a los futuros retos en SST del sector.

La agricultura y ganadería inteligentes ofrecen *oportunidades* de reducir riesgos laborales o gestionarlos mejor, por ejemplo,

mediante la automatización-robotización de ciertas tareas (siembra, cosecha, riego, ordeño, monitorización del ganado, etc.), la limitación de la exposición de las personas trabajadoras a tareas/ambientes peligrosos (ruido, manejo del ganado, etc.). También el empleo de sensores en combinación con IoT o *software* de planificación agraria, pueden disminuir la carga mental y el tiempo de trabajo.

Al mismo tiempo, los cambios en los equipos, los procedimientos y la organización del trabajo generan *desafíos* derivados de la aparición de riesgos nuevos o emergentes, especialmente de naturaleza ergonómica y psicosocial. Deben adoptarse medidas para mitigar la sobrecarga y fatiga mental asociada al uso de dispositivos, las interfaces digitales o la mayor complejidad de las tareas. En el ámbito psicosocial se han identificado posibles impactos negativos en factores como el *tiempo de trabajo* (hiperconectividad, problemas de desconexión), la *autonomía* (pérdida de control, recualificación), las *relaciones y el apoyo social* (aumento del trabajo en solitario), etc., por lo que es necesaria una intervención activa, basada en la formación, el apoyo al proceso de cambio tecnológico y unas medidas organizativas que refuercen la autonomía y el bienestar.

Resulta esencial adecuar las evaluaciones de riesgos y las medidas preventivas a los nuevos equipos y sistemas de trabajo. Así mismo, toda consolidación de mejoras en SST requerirá una formación adecuada y la mejora de la cultura preventiva del sector.

Otro aspecto importante es la integración de la prevención en la fase de diseño, mediante un proceso de co-creación conjunta, es decir, la participación de personas expertas en PRL en el desarrollo de las nuevas tecnologías.

La propia gestión preventiva se está modernizando, mediante aplicaciones que facilitan la evaluación de riesgos, la monitorización del trabajo, la protección personal (*wearables* y EPI inteligente) o la formación mediante simuladores de realidad virtual/aumentada.

Finalmente, se requiere un esfuerzo para fomentar la formación continua del personal técnico en PRL para poder mantenerse al día de los nuevos desarrollos, aunque ello es complejo por la rapidez de los cambios. ●

■ Referencias bibliográficas ■

- Bo Liu y A. Bulent Koc. *SafeDriving: A mobile application for tractor rollover detection and emergency reporting*. Computers and Electronics in Agriculture, Volume 98, 2013.
- Censo Agrario 2020. Instituto Nacional de Estadística (INE).
- Decisión de Ejecución de la Comisión de 31.8.2022 por la que se aprueba el plan estratégico de la PAC 2023-2027 de España para la ayuda de la Unión financiada por el FEAGA y el FEADER.
- EU-OSHA: *Review of the future of agriculture and occupational safety and health (OSH). Foresight on new and emerging risks in OSH* (EU-OSHA, 2018).
- EU-OSHA: *Foresight on new and emerging occupational safety and health risks associated with digitalisation by 2025*. Report (EU-OSHA, 2020).
- EU-OSHA: Case Study. A robot automating manure cleaning to maintain hygiene in livestock (EU-OSHA, 2023).
- Instituto Asturiano de Prevención de Riesgos Laborales. SOS VUELCO (IAPRL – 2020).
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Diagnóstico de situación del sector agrario. Estudio de las condiciones de trabajo en el sector a partir del análisis de la siniestralidad (INSHT – 2016).
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. Folleto Exoesqueletos I: características, riesgos y medidas preventivas (INSST – 2021).
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. Folleto: Introducción a los aspectos ergonómicos y a otros factores de riesgos derivados del uso de robots, exoesqueletos y drones (INSST – 2023).
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. Cartel: Seguridad vial en el sector agrario (INSST – 2024).
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. Cartel: Accidentes cardiovasculares (ACV) en el sector agrario (INSST – 2024).
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. Informe anual de accidentes de trabajo en España 2023 (INSST – 2024).
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. Actividades prioritarias en función de la siniestralidad. Datos 2024 (INSST – 2025).
- Observatorio para la Digitalización del Sector Agroalimentario. ARTÍCULO: La transformación digital en la industria agroalimentaria española (MAPA, 2024).
- Observatorio para la Digitalización del Sector Agroalimentario. ARTÍCULO: La transformación digital en la ganadería española (MAPA, 2024).
- Observatorio para la Digitalización del Sector Agroalimentario. ARTÍCULO: La transformación digital en la agricultura española (MAPA, 2024).
- Observatorio para la Digitalización del Sector Agroalimentario. La transformación digital del sector agroalimentario vista por sus profesionales (MAPA, 2024).
- Observatorio para la Digitalización del Sector Agroalimentario. Sector Agrifood Tech. Tecnologías, productos y servicios para la transformación digital del sector agroalimentario español (MAPA, diciembre 2023).
- Observatorio para la Digitalización del Sector Agroalimentario. Análisis del estado actual de la digitalización del sector agroalimentario español (MAPA, 2023).
- Observatorio para la Digitalización del Sector Agroalimentario. Análisis de necesidades y oportunidades asociadas a la digitalización del sector agroalimentario español (MAPA, 2023).
- Observatorio para la Digitalización del Sector Agroalimentario. Diagnóstico y análisis de la situación de partida de la digitalización del sector agroalimentario español (MAPA, 2022).
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. *III Plan de acción 2024-2026. Estrategia de digitalización del sector agroalimentario y forestal y del medio rural* (MAPA, 2024).
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. *Estrategia de digitalización del sector agroalimentario y forestal y del medio rural* (MAPA, 2019).
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Plan Estratégico de la PAC de España 2023-2027. Consulta a 20/01/2025. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/pac/pac-2023-2027/plan-estrategico-pac>
- Portal: España Digital 2026. Consulta a 30/09/2025. Disponible en https://avance.digital.gob.es/programas-avance-digital/Paginas/Espana_Digital_2026.aspx
- Portal: Horizonte Europa (MICIU). Consulta a 11/07/2025. Disponible en <https://www.horizonteeuropa.es/>
- Portal: Innovación del medio rural (MAPA). Consulta a 12/08/2025. Disponible en <https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/innovacion-medio-rural/>
- Portal: Observatorio para la Digitalización del Sector Agroalimentario (MAPA). Consulta a 13/08/2025. Disponible en <https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/innovacion-medio-rural/digitalizacion/sub-observatorio>
- Portal: Plataforma asesores AKIS. Consulta a 18/08/2025. Disponible en www.akisplataforma.es
- Portal: Plataforma Tierra. Consulta a 12/07/2025. Disponible en <https://www.plataformatierra.es/>
- Portal: SAFEHABITUS. Consulta a 1/05/2025. Disponible en <https://www.safehabitus.eu/>
- Portal: RedPAC. Consulta a 12/08/2025. Disponible en <https://redpac.es/>
- Proyecto GO PHYTODRON Phytodron_INGLES.pdf
- PwC-AEPLA. El futuro del sector agrícola español. Claves para construir un sector sostenible económica, social y medioambientalmente (2019).
- Real Decreto 1054/2022, de 27 de diciembre, por el que se establece y regula el Sistema de información de explotaciones agrícolas y ganaderas y de la producción agraria, así como el Registro autonómico de explotaciones agrícolas y el Cuaderno digital de explotación agrícola.
- Real Decreto 366/2023, de 16 de mayo, por el que se establecen las bases reguladoras para la concesión de subvenciones a la cooperación para la preparación y ejecución de proyectos de innovación de interés general llevados a cabo por grupos operativos supraautonómicos de la Asociación Europea para la Innovación en Materia de Productividad y Sostenibilidad Agrícolas (AEI-Agri).
- U.S. Agency for International Development (USAID, 2018). *Digital tools in USAID Agricultural Programming Toolkit*.

Resultados de la encuesta sobre el estado actual de la robótica colaborativa en pymes en España

Eméríta García Cañada e Ibon Unzueta Estébanez

Centro Nacional de Verificación de Maquinaria. INSST

La robótica colaborativa en entornos industriales presenta nuevos riesgos laborales. El INSST ha llevado a cabo un estudio para mejorar la prevención de estos riesgos en pequeñas y medianas empresas (pymes). La investigación se centró en la utilización de robots colaborativos, evaluando su implantación, percepción, beneficios e inconvenientes. El presente artículo recoge los resultados principales de esta investigación.

INTRODUCCIÓN

El trabajo asistido por la robótica ha tenido un papel fundamental en el desarrollo industrial. Actualmente, el avance de la técnica ha permitido el desarrollo de un nuevo concepto de robótica: la robótica colaborativa¹, en la que robot y persona trabajan compartiendo un mismo espacio (sin barreras físicas).

La principal característica de este tipo de trabajo es que cuando se utilizan aplicaciones colaborativas, existe un cierto grado de interacción entre el robot y la persona, algo impensable en tiempos pasados. La robótica colaborativa es, por tanto, una parte importante de la evolución a nuevas formas de trabajo.

Esta interacción, desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales (PRL), implica cambios sustanciales que suponen la aparición de nuevos riesgos y cambios en el concepto de la seguridad tradicional en el uso de robots en el ámbito industrial y, por tanto, plantean nuevos retos en la PRL.

En el marco de la [Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo \(EESST\) 2023-2027](#) y de la línea de actuación 2 del Objetivo 2: Promoción de la investigación para conocer el impacto de los cambios tecnológico, ecológico, climático y demográfico en la salud de las personas trabajadoras y anticipar actuaciones preventivas, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) consideró necesario realizar un estudio para poder conocer las necesidades de las pymes y así poder dotarlas de criterios y herramientas específicos que les ayuden en la gestión de la PRL en el ámbito de la robótica colaborativa.

En este artículo se presentan los principales resultados del estudio realizado.

OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio es conocer el estado actual del uso de los robots colaborativos², también denominados cobots, en pymes a través de la información obtenida mediante esta encuesta que se ha complementado con información

¹ En este artículo se utilizan conceptos que pueden resultar novedosos. En caso de duda, se recomienda consultar el documento [Guía rápida de compra, instalación y puesta en servicio de un robot colaborativo - Año 2024](#), editado por el INSST.

² Aunque, estrictamente, el robot colaborativo o cobot tiene la consideración de cuasimáquina, para facilitar la lectura y comprensión de este documento, dado el uso habitual y extendido del término robot colaborativo o cobot como “máquina” que realiza una aplicación colaborativa, las referencias a los términos “robots colaborativos” y “cobots” en este documento se deben entender en ese sentido.



aportada mediante entrevistas a cuatro entidades con experiencia en robótica colaborativa por diferentes razones incluyendo, pero no limitándose, a su utilización operativa.

Los objetivos específicos de la encuesta:

- Conocer la forma de implantación de la robótica colaborativa en las pymes, proceso de compra y puesta en marcha, el modo de uso, incluyendo los dispositivos de seguridad de los que dispone, las necesidades, los inconvenientes y las dificultades de esta implantación.
- Conocer la percepción que tienen las pymes (empresa y persona que trabaja con el robot colaborativo) sobre el uso de esta tecnología: beneficios, inconvenientes y nivel de seguridad percibido.

DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

Para conseguir los objetivos que se indican en el apartado anterior se contó con el apoyo de una consultoría con experiencia en la elaboración de encuestas.

Tras realizar una revisión bibliográfica para poder delimitar en qué sectores está más implantada la robótica colaborativa y

determinar la muestra del estudio, se realizaron las encuestas a las empresas que cumplieran con los requisitos establecidos y se complementó con entrevistas a diferentes perfiles profesionales con experiencia en la robótica colaborativa.

Se realizaron dos encuestas a pymes, una de ellas dirigida a las empresas que disponen de robots colaborativos en sus instalaciones o están en el proceso de implantación y otra dirigida a aquellas que no disponen de este tipo de tecnología.

Características y selección de la muestra

A continuación, se muestra la ficha técnica con la información detallada sobre el proceso de realización de las encuestas, sus características metodológicas y los datos técnicos relacionados con su diseño y ejecución.

- Definición del universo: Pymes nacionales del CNAE Grupo C (Industria Manufacturera) divididas en dos grupos:
 - Pequeñas empresas de 10 a 49 personas trabajadoras.
 - Medianas empresas: de 50 a 249 personas trabajadoras.

- Ámbito: Nacional
- Diseño muestral: Estratificado por CC. AA., tamaño de empresa y CNAE
- Tamaño muestral:
 - Total encuesta “sí cobots”: 623
 - Total encuesta “no cobots”: 701
- Tipo de entrevista: Entrevista CATI (*Computer assisted telephone interviewing*) y CAWI (*Computer assisted web interviewing*) mediante cuestionario cerrado y estructurado
- Duración de la entrevista:
 - Encuesta “sí cobots”: 16 minutos
 - Encuesta “no cobots”: 5 minutos 30 segundos
- Fechas de campo: 18 abril de 2024 a 22 agosto de 2024
- Error muestral (Sí cobots) $e = 3,88\%$
- Error muestral (No cobots) $e = 3,65\%$

Las encuestas fueron realizadas a pymes activas durante el año 2024, excluyéndose de las mismas a las empresas de menos de 10 personas trabajadoras al ser consideradas microempresas.

Aspectos tratados en las encuestas

Para dar a conocer los aspectos que se han tratado en cada una de las encuestas, se presentan los diferentes bloques y un resumen del contenido de estos, teniendo en cuenta que cada uno de los bloques está formado por un número variable de preguntas. En este artículo, se reflejan aquellas cuestiones que se han considerado más relevantes.

Para las empresas que **sí cuentan** con robots colaborativos se establecieron un total de 8 bloques.

- *Bloque 1. Datos generales* para la identificación de las empresas, incluyendo el CNAE, el tamaño de la empresa, ubicación geográfica, etc.
- *Bloque 2. Implantación de la robótica colaborativa.* Se plantean cuestiones relacionadas con la incorporación de robots colaborativos en la empresa para conocer la fecha de su instalación, las razones que llevaron a su incorporación y las funciones que realizan.
- *Bloque 3. Modo de uso y dispositivos de seguridad.* Proporciona información sobre seguridad y prevención de riesgos laborales



(dispositivos de protección montados/dispuestos, formación de las personas trabajadoras, documentación asociada a la implantación) para así poder evaluar el nivel de seguridad en el entorno laboral donde se utilizan los robots colaborativos.

- *Bloque 4. Necesidades y dificultades en la implementación.* Detalla los desafíos, necesidades y procesos asociados con la adquisición, implantación y utilización de los robots colaborativos dentro de la empresa, así como sobre la capacitación del personal que trabaja con ellos.
- *Bloque 5. Percepción sobre el uso de la robótica colaborativa en la empresa.* Muestra la percepción sobre el uso de la robótica colaborativa en la empresa, antes y después de su implantación, con el objeto de conocer la opinión del personal sobre la presencia de los robots colaborativos en el entorno laboral, así como su impacto psicosocial y la eficiencia productiva.
- *Bloque 6. Beneficios percibidos.* El objetivo de este bloque es averiguar los beneficios que las empresas perciben en el uso de la robótica colaborativa.
- *Bloque 7. Inconvenientes y desafíos.* Plantea los problemas y obstáculos que la empresa y las personas trabajadoras encuentran en la implantación de la robótica colaborativa.
- *Bloque 8. Perspectivas futuras.* Informa sobre la perspectiva futura y la visión de la empresa en cuanto al uso y la evolución de la robótica colaborativa.

Para las empresas que **no cuentan** con robots colaborativos en sus instalaciones la encuesta se dividió en 7 bloques.

- *Bloque 1. Datos generales* de identificación de las empresas, al igual que en el caso anterior.
- *Bloque 2. Conocimiento sobre robótica colaborativa.* A través este bloque se trató de identificar si las empresas conocen la existencia de las aplicaciones colaborativas y si contaban con conocimientos sobre esta temática.

- *Bloque 3. Percepción sobre la implantación de la robótica colaborativa.* Indica si la empresa es susceptible de implementar este tipo de robots en un futuro y las razones por las cuales hasta la fecha ha descartado su implantación.
- *Bloque 4. Desafíos percibidos.* El objetivo de este bloque es identificar las principales dificultades a la hora de poner en marcha un proyecto de implantación de robótica colaborativa.
- *Bloque 5. Conocimiento sobre el proceso de compra y puesta en marcha.* A través de este bloque se trata de detectar en qué parte del proceso de compra y/o implantación las empresas cuentan con más dificultades o con menos información.
- *Bloque 6. Nivel de percepción general* por parte de la empresa y su plantilla sobre el robot colaborativo. Tiene como objetivo averiguar cuál es la percepción del personal y la propia empresa sobre los robots colaborativos.
- *Bloque 7. Perspectivas futuras.* Con este bloque se trató de conocer los planes futuros de las empresas con respecto a la robótica colaborativa.

RESULTADOS OBTENIDOS

Se muestran, a continuación, los resultados más relevantes de las encuestas, comenzando por las empresas que sí utilizan robots colaborativos y presentando, posteriormente, los correspondientes a aquellas que no disponen de cobots en sus instalaciones.

En los gráficos mostrados se presenta el porcentaje y el número de respuestas correspondientes a cada opción (en negrita).

Determinadas preguntas son multirrespuesta, las empresas pueden elegir más de una opción, por lo que el número total de respuestas puede ser superior al número de empresas encuestadas.

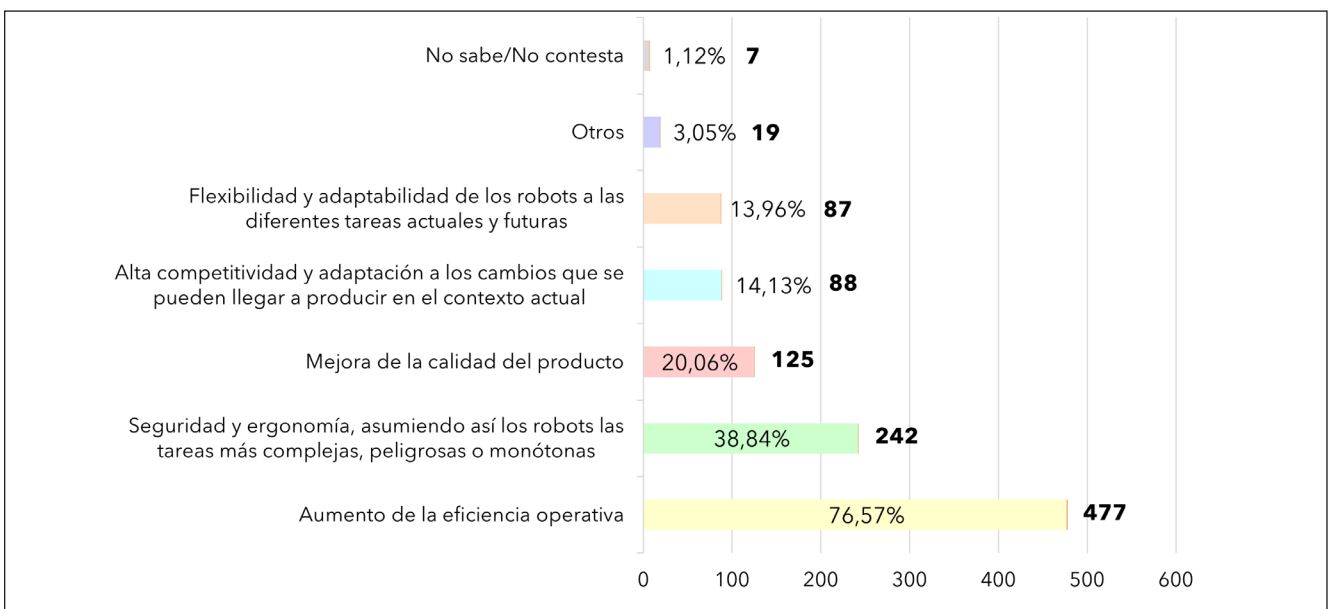
Empresas que sí disponen de robots colaborativos en sus instalaciones

Factor decisivo para adoptar la robótica colaborativa

En base a los datos recogidos en las encuestas y tal como muestra el gráfico 1, la implementación de la robótica colaborativa ha sido impulsada fundamentalmente por dos factores: la mejora de la eficiencia productiva con un 76,6 % (477 empresas) y, en menor medida, la mejora en seguridad y ergonomía con un 38,8 % (242 empresas).



Gráfico 1: Factor decisivo para adoptar la robótica colaborativa



Función/es que realiza el robot en la empresa

Las funciones que mayoritariamente realizan los robots colaborativos en las empresas encuestadas (gráfico 2) son: en un 48,5 % de los casos (302 empresas) manipulación de materiales y en un 38,8 % (242 empresas) empaquetado y embalaje. En este aspecto, se puede destacar que los cobots se utilizan para tareas, en principio, relativamente más sencillas (manipulación de materiales o empaque y embalaje) frente a otras que pueden presentar mayor complejidad (inspecciones de calidad, ajuste de precisión o pruebas y ensayos de calidad).

Conocimiento de la figura de la empresa integradora

La empresa integradora es la figura (persona o entidad) responsable del proceso de integración. Según el gráfico 3, el 56,8 % (354) de las empresas encuestadas conocen la figura de la empresa integradora y su función frente a un 33,9 % (211) que expresamente indica que no conoce esta figura ni su función.

Dispositivos de protección instalados

Como se puede ver en el gráfico 4, las empresas han optado de forma mayoritaria por la instalación de barreras físicas o

Gráfico 2: Función/es que realiza el robot en la empresa

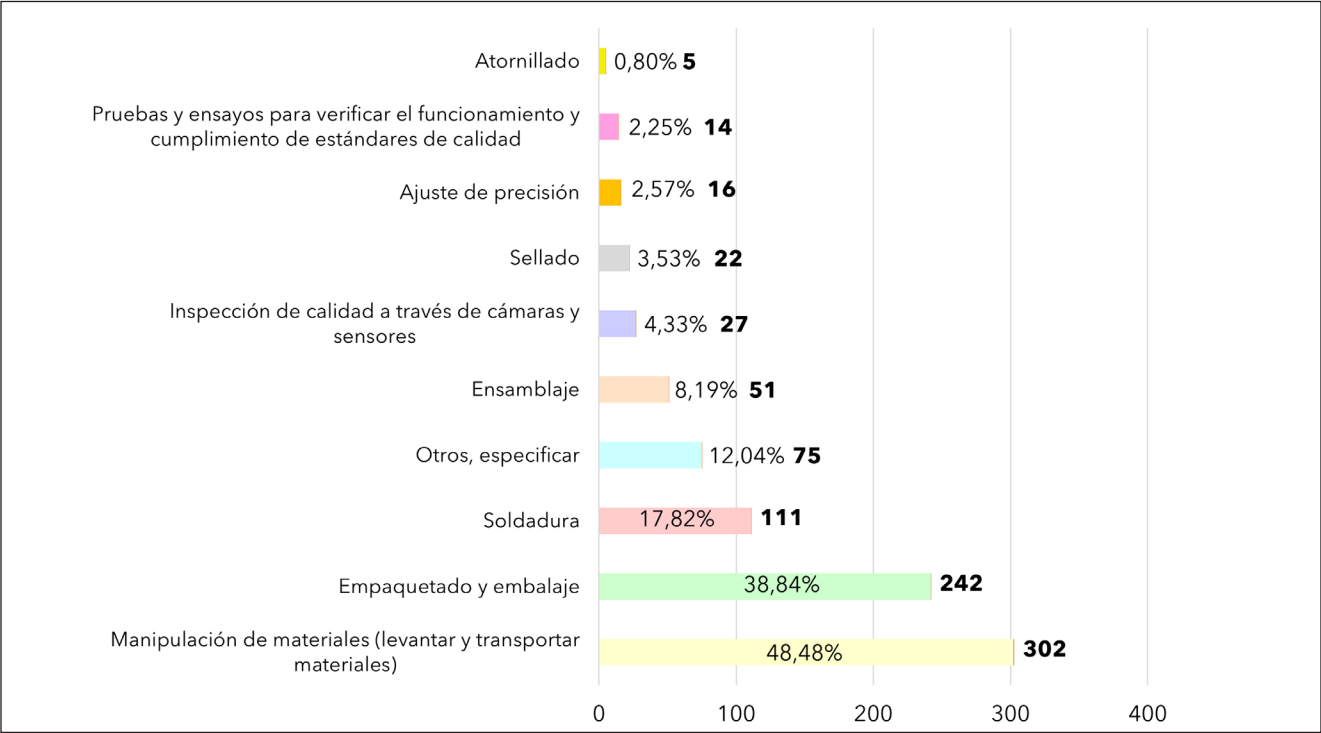


Gráfico 3: Conocimiento de la figura de la empresa integradora

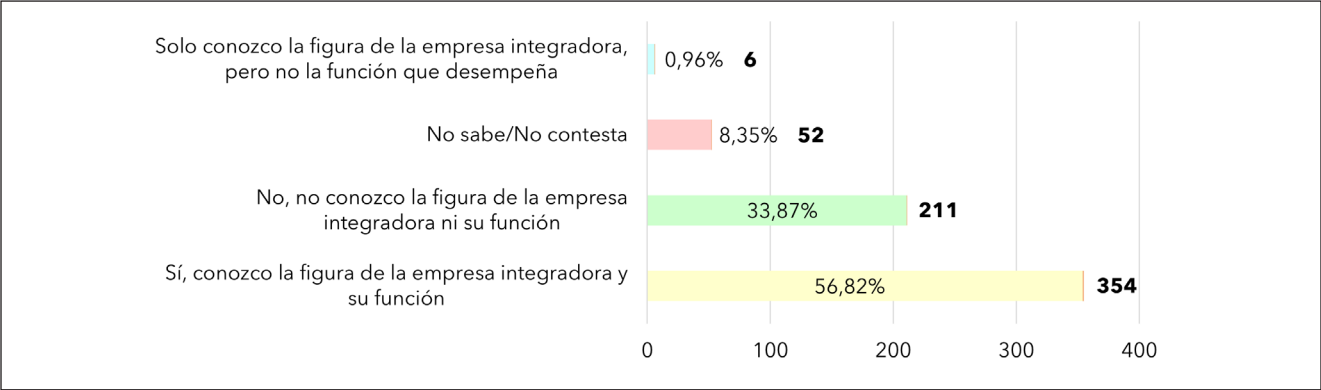
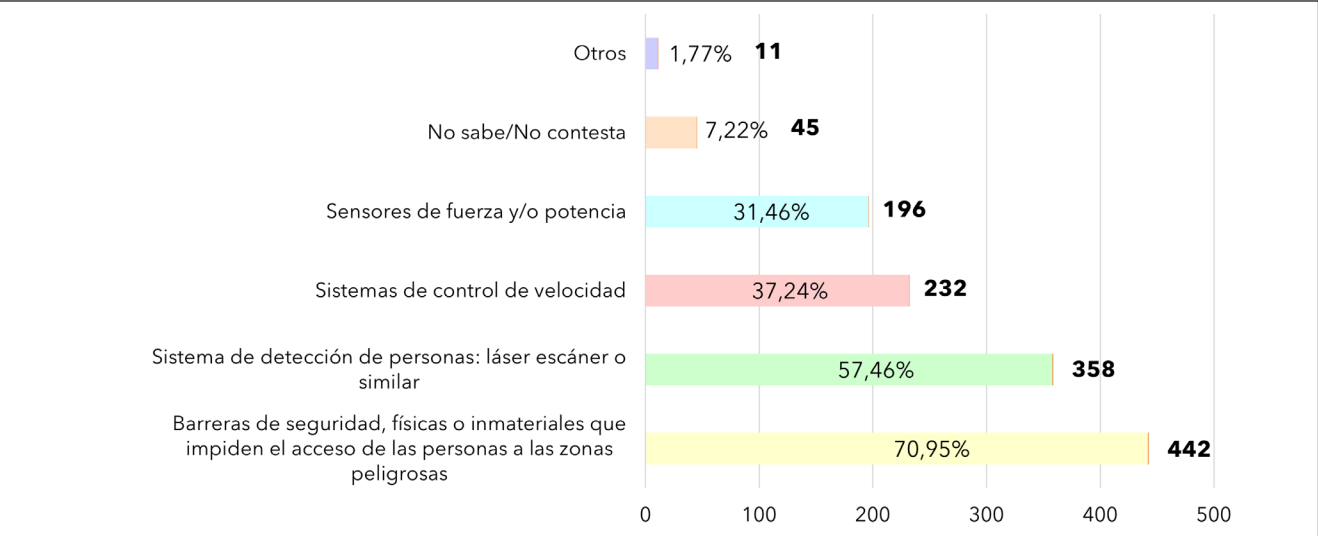


Gráfico 4: Dispositivos de protección instalados



inmateriales y casi un tercio han elegido sensores de fuerza y potencia como sistema de protección que, en determinadas condiciones, puede permitir el contacto físico entre la persona y el robot de forma intencionada o no.

Medidas preventivas implementadas en la empresa

En lo referente a la implantación de medidas preventivas (gráfico 5), la mayoría de las empresas encuestadas 84,4 % (526) han optado por realizar sesiones formativas en combinación con alguna de las otras opciones presentadas en el gráfico.

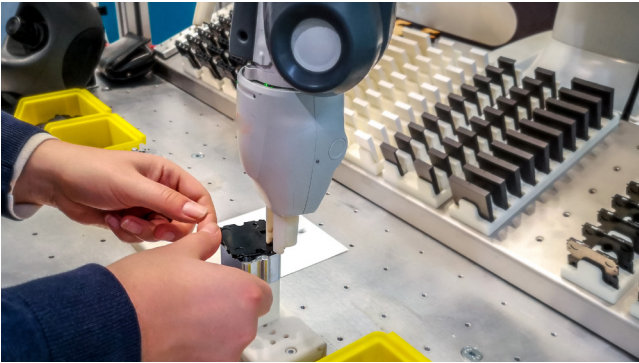
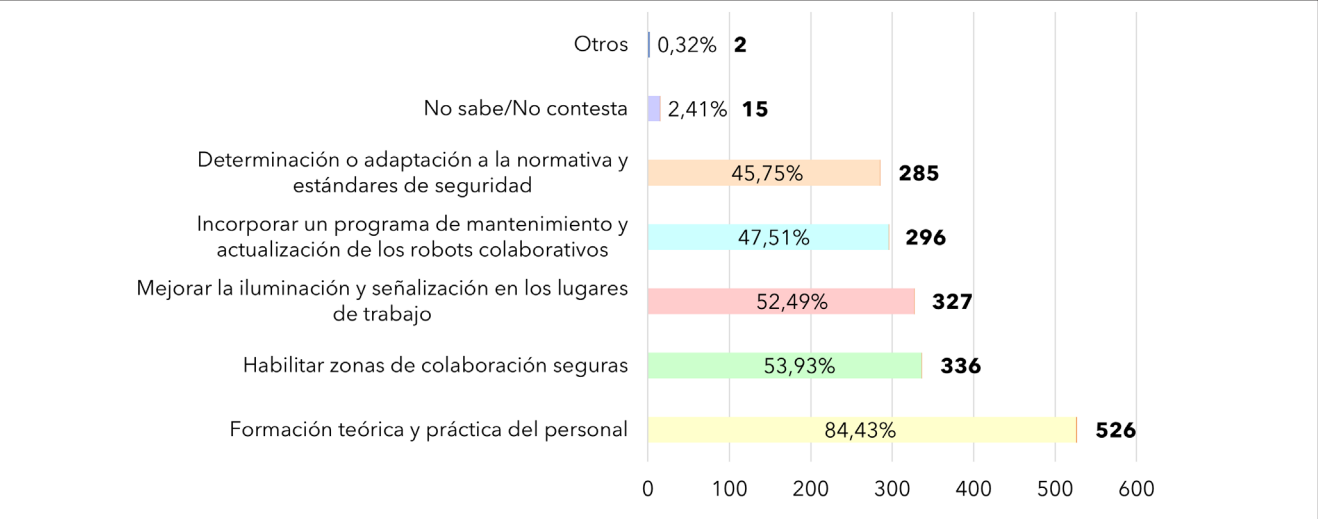


Gráfico 5: Medidas preventivas implementadas en la empresa



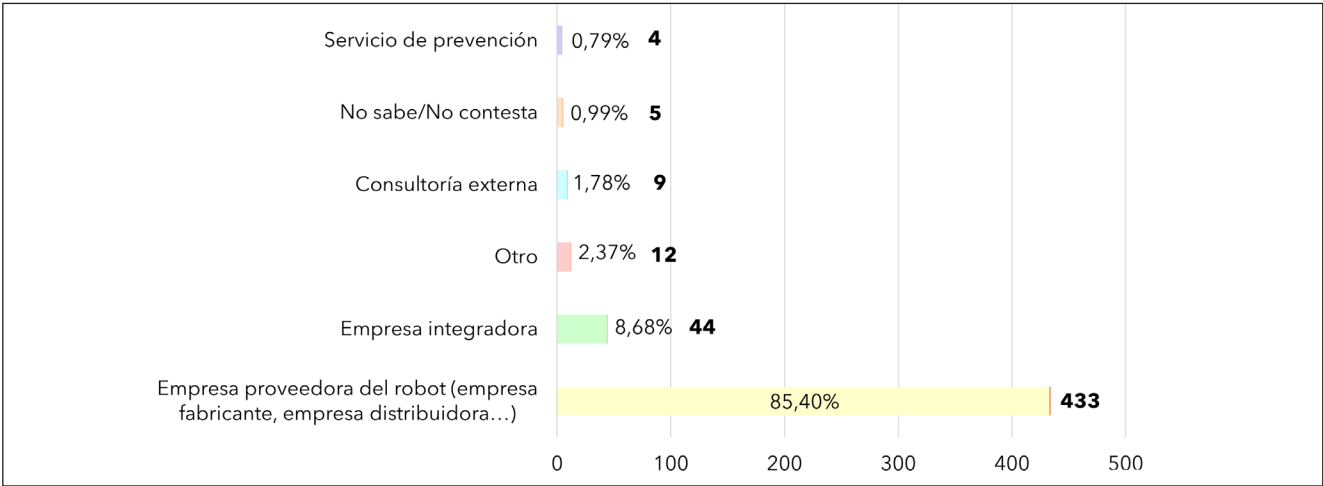
Documentación entregada por la empresa integradora

El cobot debe tener de forma obligatoria, entre otros documentos, el manual de instrucciones, el marcado CE y la declaración CE de conformidad. Conviene señalar que solo el 66,3 % de las empresas encuestadas dispone de manual de instrucciones.

Personas o entidades asesoras

Para la implementación del robot colaborativo el 81,3 % (507) de las empresas señalaron que fue necesaria la ayuda externa y de éstas, tal como indica el gráfico 6, mayoritariamente, el 85,4 % (433) optó por la empresa proveedora del robot.

Gráfico 6: Personas o entidades asesoras



Principales dificultades e inconvenientes

En cuanto a las principales dificultades e inconvenientes que han tenido que afrontar las empresas en la implementación de los cobots (gráfico 7) destaca la programación y configuración (38%), seguido de la integración con los sistemas existentes, los costes de implementación y la falta de espacio y la redistribución del centro de trabajo en porcentajes muy similares (en torno al 17 %).

Aspectos formativos

El 96,3 % de las empresas (600) manifiesta que ha formado al personal que utiliza los cobots. El gráfico 8 muestra que los contenidos formativos más destacados son las nociones básicas del uso de cobots y aspectos sobre seguridad laboral. Además, más de la mitad de estas empresas han impartido formación sobre

Gráfico 7: Principales dificultades e inconvenientes

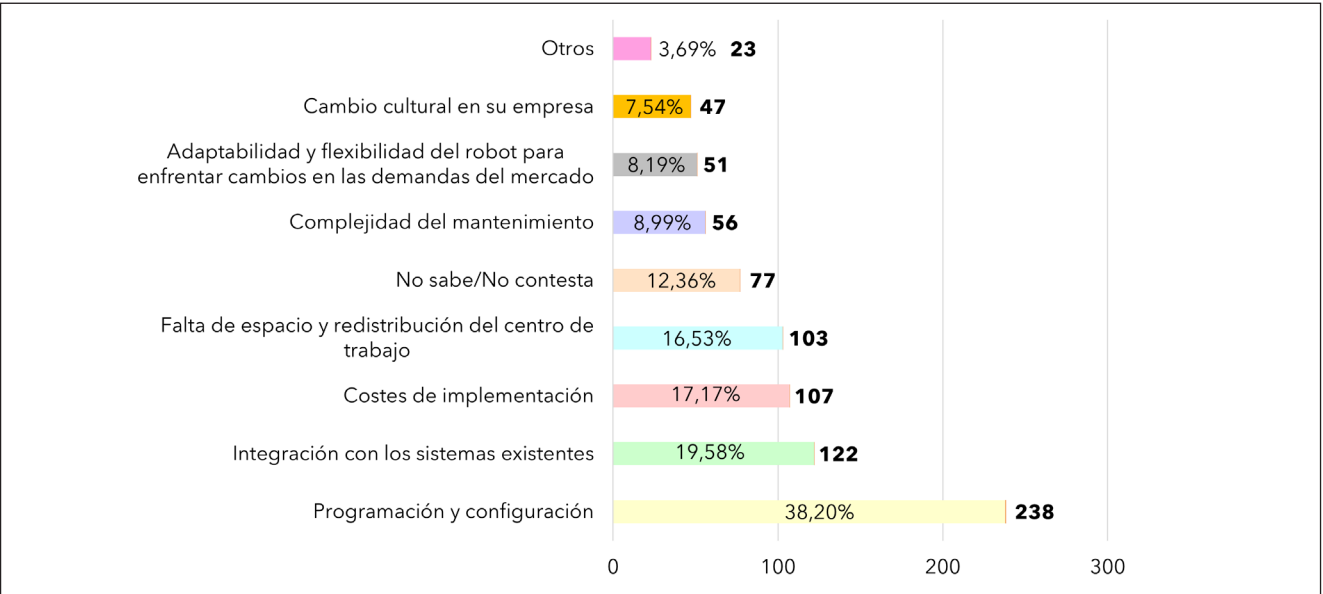
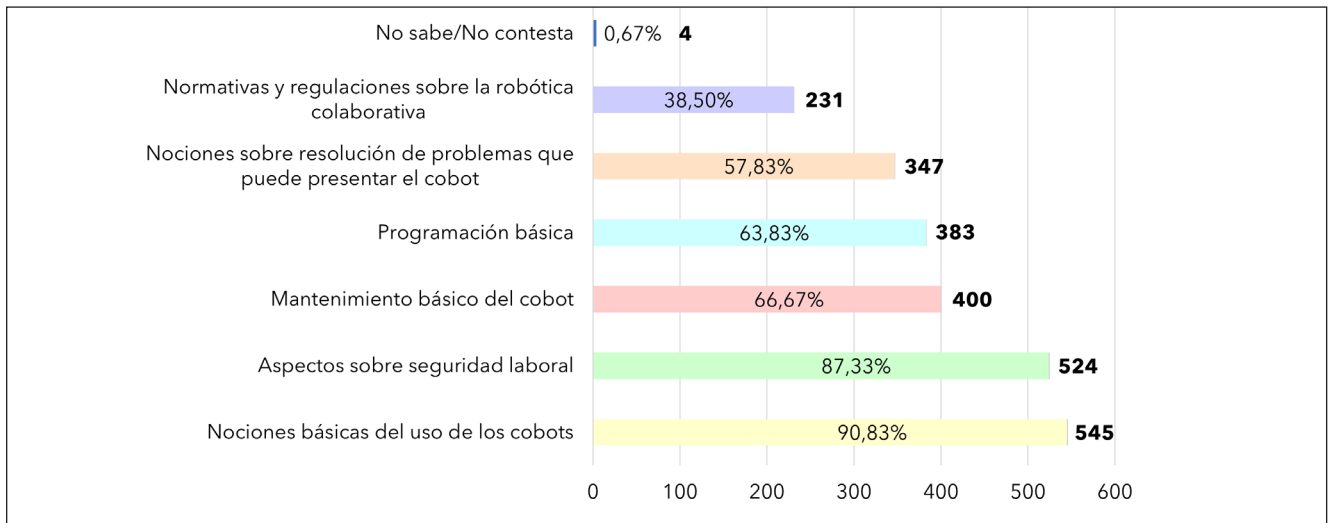


Gráfico 8: Aspectos formativos



otras cuestiones como programación o mantenimiento básico del cobot y nociones sobre resolución de problemas con el mismo.

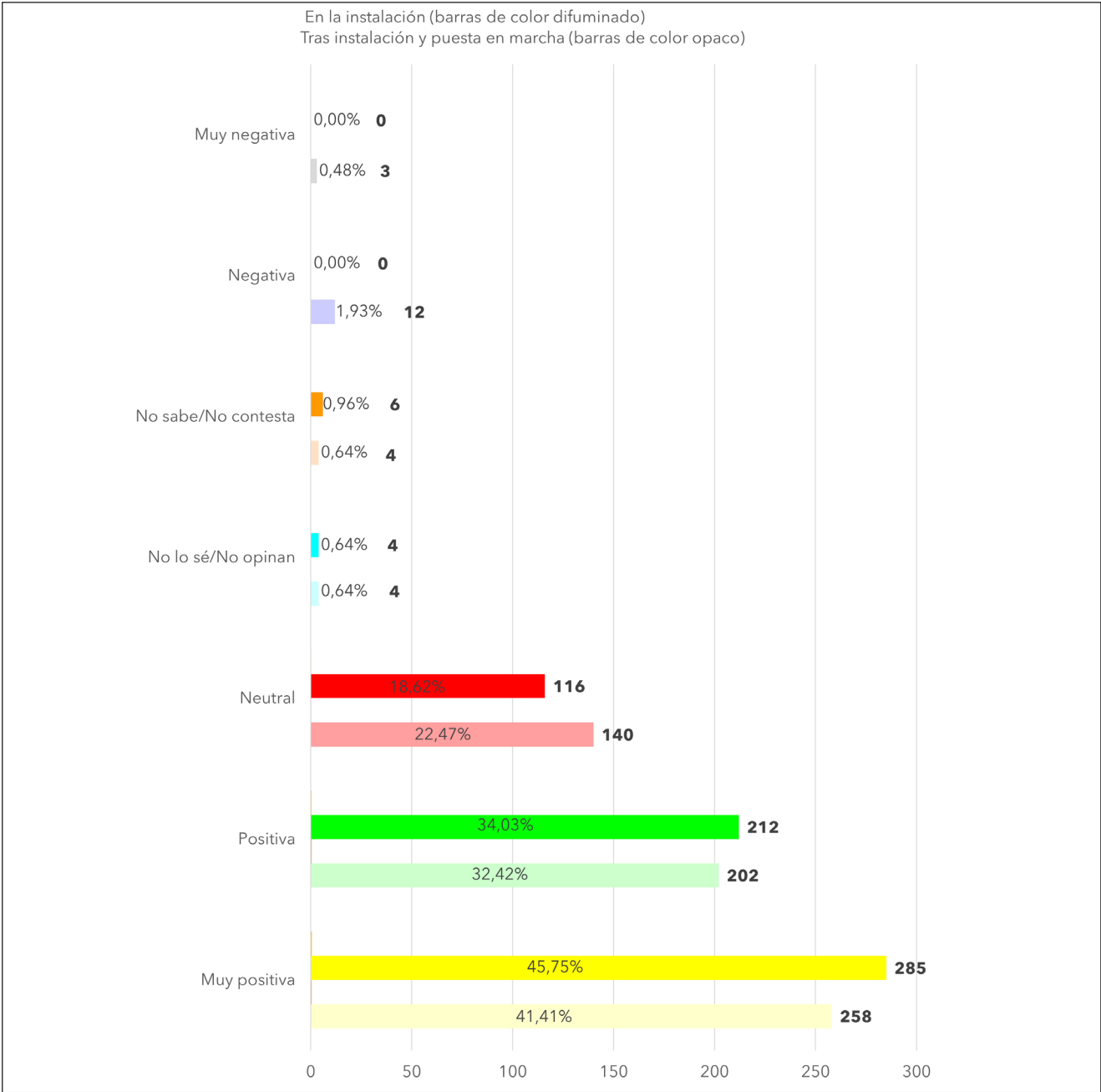
Percepción de las trabajadoras y los trabajadores

Con respecto a la percepción del personal sobre la presencia del robot colaborativo en el momento de su instalación, según los datos del gráfico 9 más del 70 % de las empresas (460) indican

que fue muy positiva o positiva y sólo el 2,41 %, 15 empresas, la señala como negativa o muy negativa. Tras su instalación y puesta en marcha, la percepción positiva o muy positiva ha aumentado sensiblemente a un 80 % (497 empresas) y la negativa o muy negativa no ha sido seleccionada por ninguna empresa. De estos resultados se puede inferir que la percepción con respecto a esta tecnología es positiva o muy positiva en aproximadamente el 75 % de los casos, mejorando las cifras con la experiencia en su uso.



Gráfico 9: Percepción de las trabajadoras y los trabajadores



Empresas que no disponen de robots colaborativos en sus instalaciones

Conocimiento existencia cobots

De las 701 empresas encuestadas que no utilizan cobots, el gráfico 10 muestra que un 51,78 % conocían su existencia frente al 33,95 % que no.

Razones para no instalar cobots

En el gráfico 11 se observa que, de entre las empresas que indican que conocen la robótica colaborativa (363), algo más de la mitad de ellas la consideran no adecuada para su empresa y un 42,15 % (153 empresas) ha apuntado al elevado coste como la razón para no instalar este tipo de tecnología. Otros motivos argumentados, en menor medida, han sido la falta de conocimiento de la tecnología y la falta de cualificación del personal para implementarla.

Desafíos y dificultades

En el supuesto de que estas empresas se plantearan la instalación de cobots en sus centros de trabajo, el gráfico 12 apunta a que han identificado como principal dificultad o reto la integración en el sistema de producción, seguido del coste de mantenimiento. Otros obstáculos en menor porcentaje serían la flexibilidad a los cambios, la aceptación por parte del personal y, en último lugar, la seguridad.

Áreas identificadas

De las 147 empresas (menos de un tercio de las empresas encuestadas) que han identificado áreas en las que implantarían esta tecnología, según el gráfico 13, las dos principales opciones elegidas fueron el empaquetado y embalaje y la manipulación de materiales, coincidiendo con las dos funciones que realizan mayoritariamente los cobots en las empresas que sí los utilizan.

Gráfico 10: Conocimiento existencia cobots

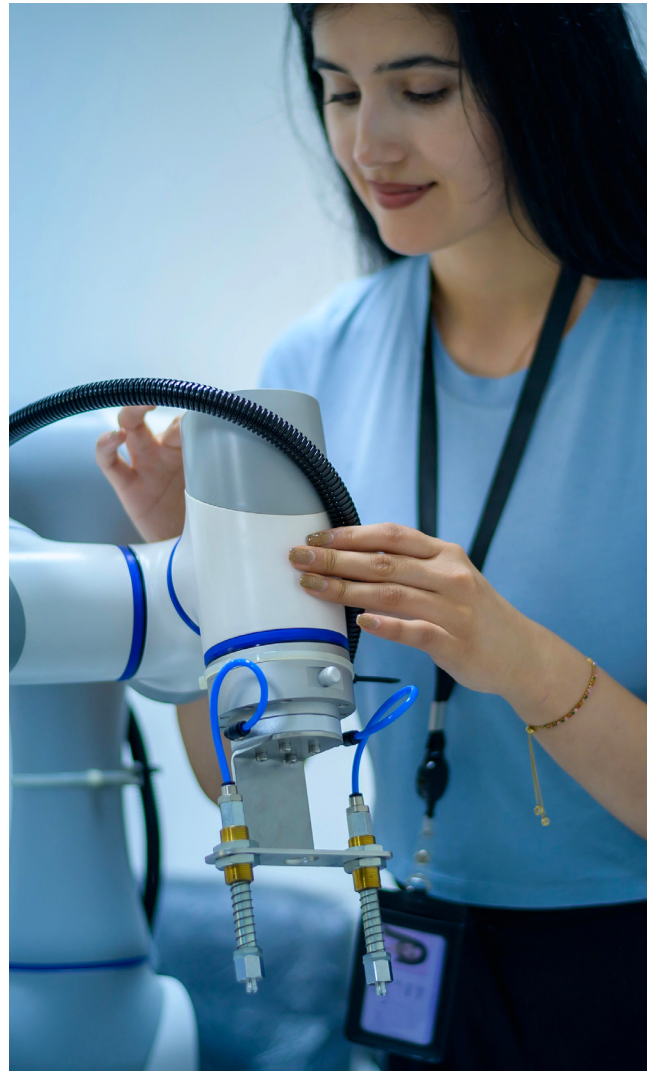
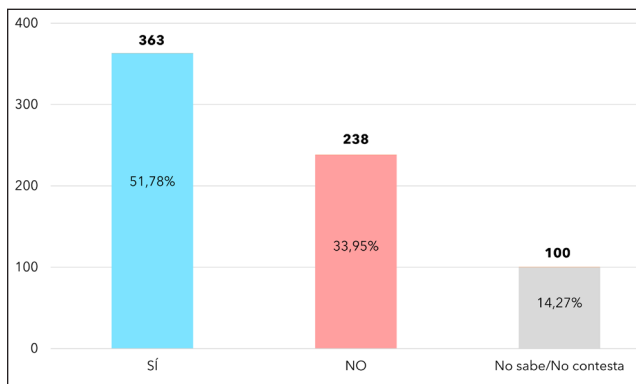


Gráfico 11: Razones para no instalar cobots

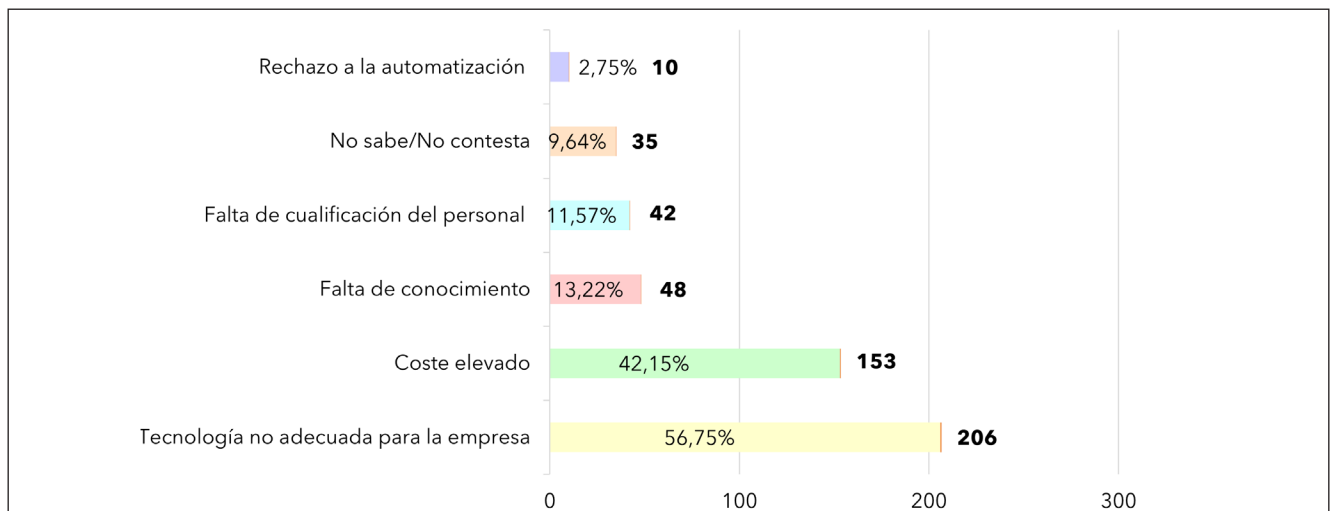


Gráfico 12: Desafíos y dificultades

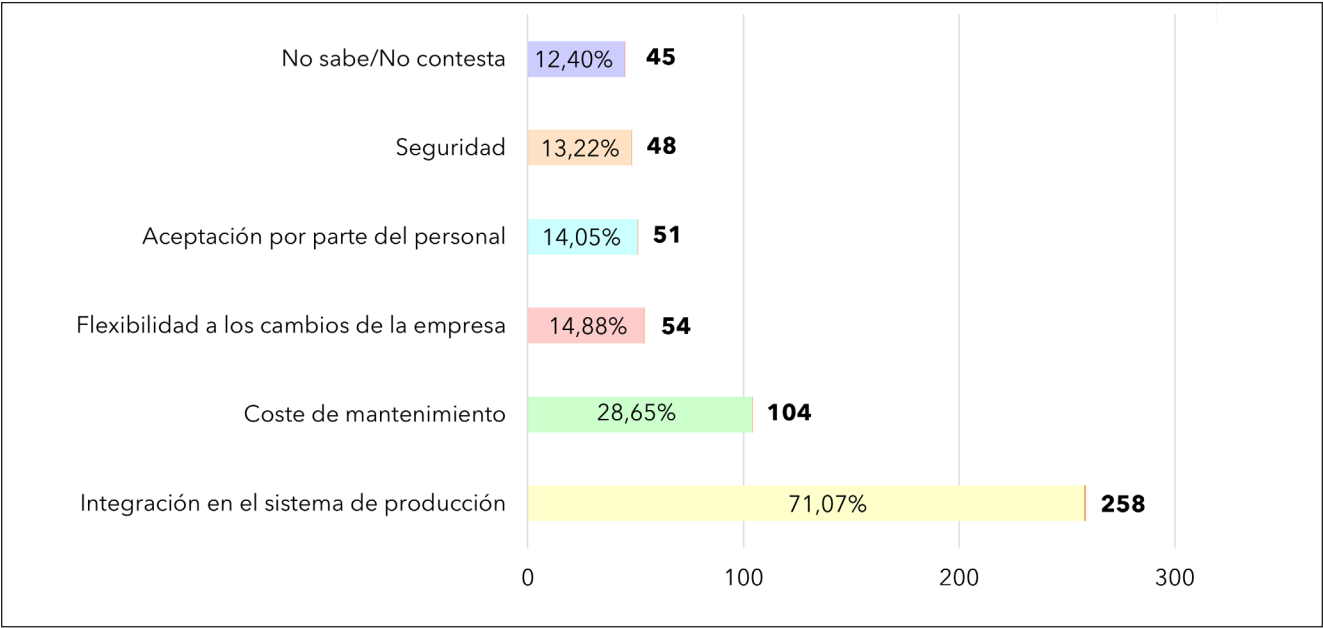
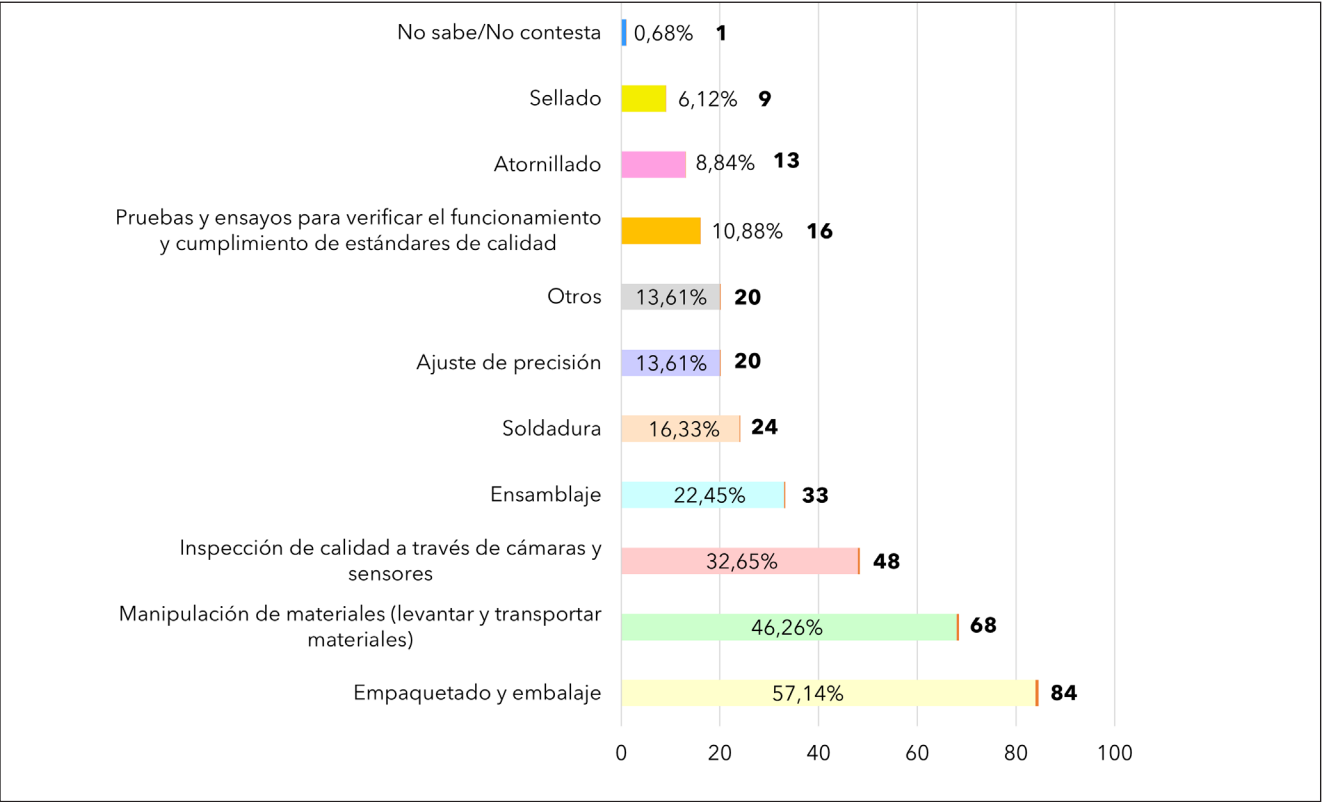


Gráfico 13: Áreas identificadas



Resumen de los resultados obtenidos

Asesoramiento

La mayoría de las empresas encuestadas han necesitado asistencia externa. De forma mayoritaria, han optado por solicitar este asesoramiento al fabricante del robot.

Tareas

En las empresas que disponen de robots colaborativos se utilizan mayoritariamente en tareas de manipulación y empaquetado y embalaje; y al preguntar para qué tareas los utilizarían a las que no disponen de ellos si se plantearían tenerlos, las dos opciones mayoritarias reflejadas en la encuesta coinciden con las anteriores, es decir, tareas de manipulación, empaquetado y embalaje.

Integración

De manera simplificada, el concepto de integración puede entenderse como el proceso por el cual se forma la máquina partiendo de sus componentes y la empresa integradora como la entidad encargada de llevarla a cabo. Es un aspecto fundamental en la prevención de riesgos laborales de este tipo de máquinas.

Casi el 34 % de las empresas encuestadas que ya disponen de robots colaborativos indican que no conocen esta figura ni su función.

Dispositivos de protección

El tipo de dispositivo de protección utilizado nos da idea del grado de interacción posible entre la persona y el robot. Los sensores de fuerza y potencia son utilizados normalmente donde existe o puede existir contacto entre la persona y el robot, es decir, donde el grado de colaboración es máximo. De las empresas encuestadas que disponen de cobots, un 30 % de ellas utiliza este dispositivo de protección.

Documentación

Únicamente el 66 % de las empresas encuestadas que disponen de robots colaborativos refieren que disponen de manual de instrucciones.

Percepción de los trabajadores y las trabajadoras

Los datos arrojados por la encuesta indican que, mayoritariamente, la percepción del personal que utiliza los robots colaborativos es positiva o muy positiva.

No cobots

Las razones de aproximadamente el 50 % de las empresas que no disponen de robots colaborativos es que este tipo de tecnología no es adecuado para su empresa, siendo la dificultad de la integración en el sistema productivo de la empresa el principal inconveniente.

INFORMACIÓN ADICIONAL APORTADA POR LAS ENTREVISTAS

Se seleccionaron los siguientes perfiles para realizar la entrevista:

- Una empresa asesora y auditora de prevención de riesgos laborales.
- Una empresa especializada en la integración de robótica.
- Una empresa fabricante e integradora de robots colaborativos.
- Una empresa de producción que ya utiliza robots colaborativos.

Diseño de la entrevista

A continuación, se expone el guion donde se detalla el contenido de la entrevista:

- *Bloque 1:* introducción y contexto: presentación y objetivo de la entrevista.
- *Bloque 2:* implantación de la robótica colaborativa en las pymes.
- *Bloque 3:* percepción y uso de robots colaborativos.
- *Bloque 4:* futuro y recomendaciones.

El guion se fue adaptando y contextualizando en función del perfil a entrevistar, para poder obtener de cada participante la mayor información posible.

Las entrevistas se realizaron telemáticamente y contaron con una duración comprendida entre 45 y 90 minutos.

Resultado de las entrevistas realizadas

Tras la realización de las entrevistas a los cuatro perfiles seleccionados se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Como ventajas de la implementación de este tipo de tecnología se citan el incremento en la productividad, la mejora

en la economía y seguridad laboral, la flexibilidad y facilidad de integración, el retorno de la inversión rápido y la mejora del clima laboral.

- En lo que se refiere a los inconvenientes y dificultades se ha señalado la resistencia al cambio, preocupaciones por la

seguridad y por la curva de aprendizaje y dificultad del cumplimiento normativo.

- Los factores críticos que se han identificado para una implementación exitosa son la gestión del cambio, la formación continua y la planificación y el análisis previo. ●

■ Referencias bibliográficas ■

1. INSST, 2023. [Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo \(EESST\) 2023-2027](#).
2. INSST, 2024. [Guía rápida de compra, instalación y puesta en servicio de un robot colaborativo](#).

Protocolo integral de tratamiento para exposiciones agudas a agentes químicos en entornos industriales: abordaje avanzado de quemaduras químicas e intoxicaciones en medicina del trabajo

Pablo Llamas Blázquez

Hospital Universitario Ramón y Cajal

Las exposiciones agudas a agentes químicos en entornos industriales representan una causa significativa de morbilidad laboral, con quemaduras químicas e intoxicaciones agudas como las lesiones más graves y frecuentes. La ausencia de protocolos específicos y detallados para el ámbito laboral limita la efectividad del tratamiento inmediato y la coordinación de respuesta.

El objetivo de este artículo es desarrollar un protocolo clínico integral, paso a paso, basado en evidencia para el tratamiento inmediato de exposiciones agudas a agentes químicos en entornos industriales, incluyendo procedimientos específicos, cadenas de alerta detalladas y pautas de decisión estructuradas.

La metodología se basa en una revisión sistemática de literatura científica en bases de datos especializadas (PubMed, Cochrane, Scopus), el análisis de normativa y de documentación técnica (guías, informes y datos epidemiológicos) de organismos oficiales (Organización Internacional del Trabajo, Occupational Safety and Health Administration, National Institute for Occupational Safety and Health, Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo y Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo) y la consulta con personas expertas en medicina del trabajo y toxicología laboral.

El resultado es un protocolo estructurado en 6 fases secuenciales con procedimientos específicos para cada tipo de agente, sistema de alerta escalonado y criterios de

decisión basados en evidencia científica actual. El protocolo propuesto ofrece una herramienta práctica y exhaustiva para profesionales de medicina del trabajo, mejorando significativamente la respuesta inmediata ante exposiciones químicas mediante procedimientos estandarizados y reduciendo la variabilidad en la atención.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto epidemiológico global

Los accidentes por exposición a agentes químicos constituyen una problemática significativa en el ámbito de la salud laboral mundial. Según datos actualizados de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), aproximadamente 374 millones de personas trabajadoras sufren accidentes laborales no mortales anualmente, siendo las exposiciones químicas responsables del 12-18 % de estas lesiones en sectores industriales.

En Estados Unidos, aunque las lesiones laborales han disminuido de 10,9 incidentes por 100 trabajadores/as en 1972 a 2,4 por 100 en 2023, las exposiciones químicas agudas siguen representando un desafío particular debido a:

- Su potencial de causar daños irreversibles en períodos cortos de tiempo (de minutos a horas)
- La complejidad del tratamiento inmediato
- La necesidad de personal especializado, con mayor importancia en los primeros usos del agente químico
- Las implicaciones médico-legales específicas del ámbito laboral

1.2 Caracterización de las exposiciones químicas laborales

Las exposiciones químicas agudas en el ámbito laboral se caracterizan por tres patrones principales de lesión:

Quemaduras químicas por contacto directo con:

- Sustancias corrosivas (ácidos y álcalis)
- Agentes oxidantes potentes
- Disolventes orgánicos agresivos
- Metales reactivos

Según Palao *et al.*, al menos 25.000 productos químicos pueden causar lesiones cutáneas químicas, incluyendo ácidos, bases, oxidantes y agentes alquilantes.

Intoxicaciones agudas sistémicas como consecuencia de:

- Inhalación de vapores tóxicos
- Ingestión accidental
- Absorción percutánea masiva
- Inyección accidental (a alta presión o por inoculación directa)
 - Exposiciones mixtas complejas:
 - Múltiples agentes simultáneos
 - Combinación de vías de exposición
 - Presencia de catalizadores o potenciadores
 - Exposición a temperatura elevada

1.3 Epidemiología específica por ramas de actividad

A continuación, se detallan los datos de incidencia y gravedad en las actividades más afectadas.

Industria química y petroquímica:

- Tasa de incidencia: 4,8 casos por 1000 trabajadores/año.
- Agentes más frecuentes: Ácidos minerales (34 %), álcalis (28 %), disolventes (23 %).
- Observaciones: Gravedad alta, el 16-50 % requieren hospitalización dependiendo de la severidad y el agente.

Manufactura y galvanoplastia:

- Tasa de incidencia: 3,2 casos por 1000 trabajadores/año.
- Agentes más frecuentes: Ácidos de grabado (45 %), desengrasantes (31 %).
- Observaciones: Incremento 40 % en meses de calor.

Industria farmacéutica:

- Tasa de incidencia: 2,1 casos por 1000 trabajadores/año.
- Agentes más frecuentes: Reactivos orgánicos (52 %), catalizadores (28 %).
- Observaciones: 78 % requieren consulta con centro toxicológico.

En España, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo destaca la relevancia de los agentes químicos, que representan una causa significativa de morbilidad laboral, siendo responsables del 3,2 % de los partes de enfermedades profesionales cerrados en 2023.



1.4 Fisiopatología avanzada de las lesiones químicas

Se describen los mecanismos de acción y daño tisular característicos de los principales agentes.

1.4.1 Quemaduras químicas

Las quemaduras químicas difieren fundamentalmente de las térmicas por su mecanismo de acción continuado. Los ácidos producen necrosis coagulativa que forma una escara protectora, limitando la penetración inicial. Los álcalis causan necrosis licuefactiva, permitiendo mayor penetración tisular y lesiones más profundas.

Factores determinantes de gravedad:

- Concentración y pH del agente
- Tiempo de exposición
- Temperatura del producto químico
- Superficie corporal afectada
- Presencia de ropa contaminada

1.4.2 Intoxicaciones agudas

Las intoxicaciones químicas agudas pueden ocurrir por múltiples vías:

- **Vía respiratoria:** Inhalación de vapores, gases o aerosoles que pueden causar desde irritación local hasta edema pulmonar agudo.

- **Vía digestiva:** Ingestión accidental de productos químicos, frecuente en casos de etiquetado inadecuado, almacenamiento inapropiado o malos hábitos higiénicos (falta de lavado de manos).
- **Vía percutánea:** Absorción a través de la piel íntegra o lesionada, especialmente relevante con disolventes orgánicos.

2. METODOLOGÍA DETALLADA

Se expone el proceso de búsqueda, selección y análisis de la evidencia científica.

2.1 Estrategia de búsqueda bibliográfica

Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica utilizando las siguientes bases de datos:

- PubMed/MEDLINE
- Cochrane Library
- Scopus
- SciELO
- Bases de datos especializadas de NIOSH y OSHA

El período de búsqueda abarcó desde enero de 2015 hasta noviembre de 2024.

2.2 Términos de búsqueda

Se utilizaron los siguientes términos en inglés y español, combinados mediante operadores booleanos (por ejemplo: "chemical

burns", "acute poisoning", "occupational exposure" AND "treatment"):

- "Chemical exposure" OR "chemical burns" OR "chemical poisoning"
- "Occupational medicine" OR "workplace injury" OR "industrial accident"
- "Emergency treatment" OR "first aid" OR "clinical protocol"
- "Acid burns" OR "alkali burns" OR "corrosive injury"
- "Acute intoxication" OR "chemical inhalation" OR "chemical ingestion"

2.3 Criterios de selección

Criterios de inclusión:

- Artículos científicos revisados por pares
- Guías clínicas y protocolos de organizaciones oficiales
- Estudios sobre fisiopatología de lesiones químicas
- Revisiones sistemáticas y metaanálisis
- Casos clínicos relevantes con seguimiento documentado
- Literatura en inglés, español, francés y portugués

Criterios de exclusión:

- Artículos anteriores a 2015, excepto referencias históricas fundamentales (Ramazzini, Hamilton)
- Estudios sin relevancia clínica directa
- Literatura no científica o sin revisión por pares
- Exposiciones químicas no laborales
- Protocolos específicos para población pediátrica

3. CLASIFICACIÓN AVANZADA DE AGENTES QUÍMICOS

3.1 Sistema de clasificación por riesgo

Los agentes químicos causantes de lesiones agudas en entornos industriales se clasifican según su mecanismo de acción y potencial lesivo:



3.1.1 Agentes corrosivos (Clase I - Riesgo alto)

Efectos: Necrosis tisular inmediata y profunda.

Ácidos fuertes:

- Ácido sulfúrico (H_2SO_4): Concentraciones > 70 %
- Ácido nítrico (HNO_3): Concentraciones > 40 %
- Ácido clorhídrico (HCl): Concentraciones > 25 %
- Ácido fluorhídrico (HF): Todas las concentraciones

Álcalis fuertes:

- Hidróxido de sodio (NaOH): Concentraciones > 5 %
- Hidróxido de potasio (KOH): Concentraciones > 5 %
- Cal viva (CaO): Todas las presentaciones/formas
- Hidróxido de amonio (NH_4OH): Concentraciones > 10 %

Oxidantes potentes:

- Peróxido de hidrógeno concentrado (H_2O_2): Concentración > 30 %
- Ácido crómico (H_2CrO_4): Todas las concentraciones
- Permanganato de potasio ($KMnO_4$): Soluciones > 5 %

3.1.2 Agentes irritantes (Clase II - Riesgo moderado)

Disolventes orgánicos: (Se incluyen valores según Documento LEP del INSST 2024: Acetona VLA-ED 500 ppm; Xileno VLA-EC 100 ppm / 442 mg/m³)

- Acetona (C_3H_6O): Irritación de mucosas y depresión del Sistema Nervioso Central (SNC)
- Metanol (CH_3OH): Riesgo de toxicidad sistémica
- Tolueno (C_7H_8): Neurotoxicidad
- Xileno (C_8H_{10}): Depresión del SNC

Gases irritantes:

- Cloro (Cl_2): Edema pulmonar retardado
- Amoníaco (NH_3): Quemaduras alcalinas
- Dióxido de azufre (SO_2): Broncoespasmo severo

3.1.3 Agentes tóxicos sistémicos (Clase III - Riesgo variable)

Compuestos organofosforados:

- Pesticidas organofosforados: Inhibición colinesterasa
- Plastificantes: Disruptores endocrinos
- Lubricantes especiales: Toxicidad hepática

Metales pesados:

- Plomo (Pb): Encefalopatía aguda
- Mercurio (Hg): Síndrome nefrótico
- Cadmio (Cd): Edema pulmonar

4. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN DETALLADO

4.1 Fase 1: Evaluación inicial y medidas de seguridad (0-5 minutos)

4.1.1 Procedimientos de seguridad inmediata

Paso 1: Evaluación del caso (30 segundos)

1. Identificar el agente químico involucrado (Preguntar al accidentado/testigos, localizar envase)
2. Localizar la etiqueta del envase o la Ficha de Datos de Seguridad (FDS, Secciones 1 y 3)
3. Evaluar riesgos adicionales: (Tomar fotografía de etiqueta/FDS si es seguro)
 - Riesgo de incendio
 - Riesgo de explosión
 - Riesgo de inhalación tóxica
 - Riesgo de colapso estructural

Paso 2: Colocación de equipos de protección individual (previamente disponibles) para el personal de primera intervención

- Guantes de protección química (Cumplimiento UNE-EN ISO 374)
- Gafas de protección química hermética (UNE-EN 166:2002)
- Media máscara filtrante con válvula para gases y vapores (UNE-EN 405:2002+A1:2010/UNE-EN 14387:2022) o equipo de respiración autónoma (según concentración)
- Ropa de protección química (Tipos 3, 4, PB [3] y PB [4], UNE-EN 14605:2005+A1:2009)
- Calzado de seguridad químicamente resistente (UNE-EN 13832-1:2019)

Paso 3: Aislamiento del área (30 segundos)

- Establecer perímetro de seguridad (mínimo 10 metros)
- Activar ventilación de emergencia si disponible
- Cortar fuentes de energía si es seguro hacerlo
- Impedir acceso a personal no autorizado

4.1.2 Evaluación primaria del paciente

Paso 4: Evaluación ABCDE (30 segundos)

- A (Airway): Vía aérea permeable
- B (Breathing): Ventilación espontánea
- C (Circulation): Perfusión y hemorragias
- D (Disability): Nivel de consciencia
- E (Exposure): Exposición y temperatura

Datos críticos a registrar:

- Hora exacta de exposición



- Agente químico específico
- Concentración del producto
- Vía de exposición principal
- Superficie corporal afectada (%)
- Síntomas iniciales del paciente

4.1.3 Activación del sistema de emergencia

Cadena de comunicación inmediata (minutos 1-2):

1. Comunicación interna (30 segundos):
 - Supervisor/a directo/a
 - Servicio de Prevención / Responsable de seguridad
 - Servicio médico de empresa
 - Responsable de seguridad
2. Comunicación externa (30 segundos):
 - Centro Nacional de Información Toxicológica: 91 562 04 20
 - Servicios de emergencia si riesgo vital
 - Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales (accidentes laborales)
3. Información a transmitir (Incluir fotografía de etiqueta/FDS):
 - Identidad del agente químico
 - Número CAS si disponible
 - Cantidad aproximada de exposición
 - Vía de exposición
 - Estado del paciente (y especiales sensibilidades conocidas, respetando confidencialidad)
 - Localización exacta

– Medidas adoptadas

4.2 Fase 2: Descontaminación inmediata (2-15 minutos) (Consultar FDS: Sección 4)

4.2.1 Procedimientos de descontaminación por tipo de exposición

Para quemaduras químicas cutáneas:

Paso 1: Irrigación inmediata (primeros 2 minutos)

1. Iniciar irrigación con agua corriente fría (15-25°C)
2. Presión moderada: 1-2 atmósferas
3. Caudal mínimo: 20 litros/minuto
4. Duración mínima: 20 minutos (o superior según agente específico/FDS, excepto ácido fluorhídrico: 60 minutos)

Paso 2: Retirada de ropa contaminada (minutos 2-4)

1. Retirar ropa, calzado y accesorios contaminados (si no están adheridos a la piel)
2. Cortar prendas si es necesario (no tirar)
3. Depositar en contenedores específicos
4. Continuar irrigación durante el proceso

Paso 3: Evaluación de la irrigación (minutos 5-15)

1. Verificar pH cutáneo con papel tornasol
2. Continuar irrigación hasta pH neutro (6.5-7.5)
3. NUNCA: Intentar neutralizar químicamente sin equipos específicos (permitido uso de soluciones anfóteras (UNE-EN 15154), tipo Diphoterine®)
4. NUNCA: Aplicar pomadas o cremas

Para exposición ocular:

Paso 1: Irrigación ocular inmediata

1. Abrir manualmente los párpados
2. Irrigar desde el ángulo interno hacia externo
3. Utilizar lavajos o suero fisiológico
4. Duración: 30 minutos mínimo
5. Evaluar pH conjuntival cada 10 minutos

Para inhalación de vapores tóxicos:

Paso 1: Traslado inmediato

1. Trasladar a zona ventilada
2. Aflojar ropa que dificulte la respiración
3. Administrar oxígeno al 100 % si disponible
4. Posición semisentada si consciente
5. Monitorizar saturación de oxígeno

Para ingestión accidental:

Paso 1: Evaluación inicial

1. Determinar cantidad ingerida
2. Tiempo transcurrido desde ingestión
3. Estado de consciencia del paciente
4. Presencia de quemaduras orofaríngeas

Paso 2: Medidas específicas

- **SÍ procede:** Enjuagar boca con agua si consciente
- **NO procede:** Inducir vómito (salvo indicación específica)
- **NO procede:** Administrar carbón activado sin prescripción
- **NO procede:** Neutralizar químicamente

4.2.2 Monitorización durante descontaminación

Signos vitales cada 5 minutos:

- Frecuencia cardíaca
- Presión arterial
- Frecuencia respiratoria
- Saturación de oxígeno
- Temperatura corporal
- Nivel de consciencia (Escala de Glasgow)

Indicadores de alarma:

- Disminución de la saturación de oxígeno <90 %
- Alteración del nivel de consciencia
- Hipotensión arterial
- Taquicardia >120 lpm
- Disnea progresiva
- Aparición de estridor

4.3 Fase 3: Tratamiento específico por agente (15-60 minutos)

4.3.1 Ácido fluorhídrico (Seleccionado por alta toxicidad y especificidad de tratamiento)

Características especiales:

- Penetración profunda incluso en concentraciones bajas
- Quelación del calcio tisular
- Riesgo de hipocalcemia sistémica
- Arritmias cardíacas potencialmente mortales

Protocolo específico:

Paso 1: Descontaminación prolongada

1. Irrigación con agua abundante: 60 minutos mínimo (o solución descontaminante específica tipo Hexafluorine®)



2. Monitorización Electrocardiograma (ECG) continua
3. Acceso venoso periférico inmediato
4. Analítica urgente: Calcio sérico, magnesio, fósforo

Paso 2: Antídoto específico - Gluconato cálcico

Aplicación tópica:

- Gel de gluconato cálcico al 2,5 %
- Aplicar cada 15 minutos
- Cubrir con vendaje oclusivo
- Retirar si aumenta el dolor

Administración subcutánea:

- Dosis: 0,5 mL de gluconato cálcico 10 % por cm² afectado
- Máximo: 0,5 mL/cm²
- Utilizar aguja 25G
- Infiltrar en patrón entrecruzado

Administración intravenosa:

- Indicación: Exposición >5 % superficie corporal
- Dosis: 10-20 mL de gluconato cálcico 10 %
- Diluir en 100 mL de suero fisiológico
- Administrar en 30 minutos

Paso 3: Monitorización específica

- ECG continuo: Vigilar prolongación QT

- Calcio sérico cada 2 horas (primeras 12 horas)
- Magnesio y fósforo cada 6 horas
- Diuresis horaria
- Signos de tetania

Criterios de derivación inmediata:

- Exposición >2 % superficie corporal
- Calcio sérico <8 mg/dL
- Alteraciones del ECG
- Síntomas neurológicos
- Dolor intenso persistente

4.3.2 Ácido sulfúrico (H₂SO₄)

Características especiales:

- Reacción exotérmica con el agua
- Necrosis coagulativa profunda
- Riesgo de edema pulmonar si inhalación
- Carbonización de tejidos

Protocolo específico:

Paso 1: Descontaminación cuidadosa

1. Irrigación con agua abundante: 30-45 minutos
2. Temperatura agua: 15-20°C (evitar calor)
3. Presión suave para evitar salpicaduras
4. Monitorización temperatura corporal

Paso 2: Evaluación de profundidad

- Valorar grado de carbonización
- Fotografiar lesiones si posible
- Evaluar perfusión distal
- Descartar síndrome compartimental

Paso 3: Tratamiento específico

- Analgesia potente: Morfina 0.1 mg/kg Intravenosa (IV)
- Tétanos: Valorar profilaxis
- Corticoides tópicos: Contraindicados primeras 48 horas
- Apósitos no adherentes

Paso 4: Monitorización respiratoria

- Radiografía de tórax inmediata
- Gasometría arterial si disnea
- Pulsioximetría continua
- Auscultación pulmonar cada 2 horas

4.3.3 Ácido nítrico (HNO₃)

Características especiales:

- Coloración amarillenta característica
- Liberación de óxidos de nitrógeno
- Riesgo de metahemoglobinemia
- Edema pulmonar retardado

Protocolo específico:

Paso 1: Descontaminación estándar

- Irrigación con agua: 20-30 minutos
- Valorar coloración amarillenta
- Proteger vías respiratorias
- Monitorización color de piel y mucosas



Paso 2: Evaluación de metahemoglobinemia

- Gasometría arterial con cooximetría
- Determinación de metahemoglobina
- Si >15 %: Tratamiento con azul de metileno
- Monitorización cada 2 horas

Paso 3: Tratamiento de metahemoglobinemia

- Azul de metileno: 1-2 mg/kg IV lento
- Diluir en 100 mL de suero glucosado 5 %
- Administrar en 30 minutos
- Repetir dosis si metahemoglobina >30 %

Contraindicaciones del azul de metileno:

- Déficit de G6PD
- Insuficiencia renal severa
- Embarazo
- Lactancia materna

4.3.4 Álcalis fuertes (NaOH, KOH)

Características especiales:

- Necrosis licuefactiva progresiva
- Penetración profunda continua
- Mayor daño que ácidos equivalentes
- Riesgo de perforación visceral

Protocolo específico:

Paso 1: Descontaminación prolongada

1. Irrigación abundante: 45-60 minutos
2. Evitar presión excesiva
3. Valorar pH cutáneo frecuentemente
4. Continuar hasta pH 7.0-7.5

Paso 2: Evaluación específica

- Exploración oftalmológica obligatoria
- Endoscopia precoz si ingestión
- Valorar profundidad de quemaduras
- Descartar afectación genital

Paso 3: Tratamiento específico

- Analgesia potente precoz
- Evitar corticoides tópicos
- Protección ocular con pomada antibiótica
- Derivación oftalmológica urgente

Paso 4: Seguimiento específico

- Función renal (creatinina, urea)
- Función hepática (transaminasas)
- Proteínas totales y albúmina
- Equilibrio ácido-base

4.3.5 Disolventes orgánicos

Características especiales:

- Absorción percutánea rápida
- Depresión del sistema nervioso central
- Toxicidad hepática y renal
- Riesgo de arritmias cardíacas

Protocolo específico:

Paso 1: Descontaminación cutánea

1. Agua abundante y jabón neutro
2. Evitar alcohol o disolventes
3. Duración: 15-20 minutos
4. Secar con toallas absorbentes

Paso 2: Evaluación neurológica

- Nivel de consciencia
- Coordinación motora
- Reflejos osteotendinosos
- Signos de intoxicación

Paso 3: Monitorización específica

- ECG: Vigilar arritmias
- Función hepática seriada
- Función renal
- Gasometría si depresión respiratoria

Paso 4: Biomarcadores específicos

- Tolueno: Ácido hipúrico en orina
- Xileno: Ácidos metilhipúricos
- Benceno: Fenol y ácido mucónico (en orina)
- Recogida en primeras 8 horas

4.3.6 Compuestos organofosforados

Características especiales:

- Inhibición de acetilcolinesterasa
- Síndrome colinérgico agudo
- Potencial neurotoxicidad retardada
- Absorción por múltiples vías



Protocolo específico:

Paso 1: Descontaminación completa

1. Retirar toda la ropa contaminada
2. Lavado con agua y jabón abundante
3. Duración: 30 minutos mínimo
4. Incluir cabello y uñas

Paso 2: Evaluación del síndrome colinérgico

- Síntomas muscarínicos: Miosis, sudoración, sialorrea
- Síntomas nicotínicos: Fasciculaciones, calambres
- Síntomas centrales: Confusión, convulsiones
- Valorar severidad con escala específica

Paso 3: Tratamiento antidótico

Atropina:

- Dosis inicial: 2-4 mg IV
- Repetir cada 5-10 minutos
- Objetivo: Atropinización (midriasis, piel seca)
- Mantenimiento: 1-2 mg/hora

Pralidoxima:

- Dosis: 1-2 g IV en 100 mL SF
- Administrar en 15-30 minutos
- Repetir cada 8-12 horas
- Máximo beneficio en primeras 24 horas

Paso 4: Monitorización específica

- Colinesterasa plasmática basal
- Colinesterasa eritrocitaria
- Repetir cada 6 horas durante 24 horas
- Función respiratoria continua

4.3.7 Cianuro, ácido cianhídrico y cianuros

Características especiales:

- Inhibición de citocromo oxidasa
- Hipoxia histotóxica
- Evolución rápidamente fatal
- Olor característico a almendras amargas

Protocolo específico:

Paso 1: Reconocimiento clínico

- Disnea sin cianosis
- Acidosis metabólica
- Convulsiones
- Coma rápidamente progresivo

Paso 2: Antídoto específico

Hidroxibalamina (primera elección):

- Dosis: 5 g IV en 15 minutos
- Diluir en 200 mL de SF
- Repetir 5 g si no mejora
- Máximo: 10 g en 24 horas

Kit clásico (alternativa):

- Nitrito de amilo: Inhalar 30 segundos
- Nitrito de sodio: 300 mg IV lento
- Tiosulfato de sodio: 12.5 g IV



Paso 3: Monitorización específica

- Gasometría arterial seriada
- Lactato sérico
- Saturación venosa de oxígeno
- Función cardiovascular

4.4 Fase 4: Criterios de derivación hospitalaria

4.4.1 Derivación urgente (< 30 minutos)

Criterios absolutos:

- Quemaduras químicas >5 % superficie corporal
- Afectación ocular con cualquier agente
- Afectación respiratoria con disnea
- Alteración del nivel de consciencia
- Exposición a agentes clase I (corrosivos)
- Ingestión de cualquier producto químico
- Síntomas neurológicos
- Arritmias cardíacas
- Hipotensión arterial
- Crisis convulsivas

Criterios relativos:

- Quemaduras de segundo grado >2 %
- Exposición a ácido fluorhídrico
- Síndrome colinérgico
- Sospecha de exposición a cianuro
- Metahemoglobinemia >15 %
- Edema pulmonar incipiente

4.4.2 Derivación preferente (< 4 horas)

Criterios de derivación diferida:

- Quemaduras químicas 1-5 % superficie corporal
- Sintomatología sistémica leve
- Exposición a agentes clase II (Gases/Aerosoles, ver Tabla 1)
- Necesidad de seguimiento especializado
- Biomarcadores alterados
- Complicaciones menores

4.4.3 Observación *in situ*

Criterios de manejo ambulatorio:

- Exposiciones mínimas sin sintomatología
- Quemaduras superficiales <1 % superficie corporal
- Exposición a agentes clase III de bajo riesgo
- Sintomatología leve y estable
- Garantía de vigilancia de la salud periódica específica

4.5 Fase 5: Monitorización clínica avanzada

4.5.1 Monitorización inmediata (0-6 horas)

Parámetros básicos (cada 15 minutos):

- Signos vitales completos
- Nivel de consciencia (Glasgow)
- Saturación de oxígeno
- Diuresis horaria
- Temperatura corporal
- Dolor (escala numérica)

Parámetros específicos:

- ECG continuo: Exposición a HF, organofosforados, cianuro
- Radiografía de tórax: Afectación respiratoria, riesgo de edema pulmonar
- Función renal: Creatinina, urea, electrolitos, control de nefrotoxicidad
- Función hepática: AST, ALT, GGT en exposición a disolventes, metales pesados
- Metahemoglobina: Exposición a ácidos oxidantes, nitratos (cooximetría cada 2 horas)
- Colinesterasa plasmática y eritrocitaria: En casos de organofosforados (cada 6 horas)
- Lactato sérico: Sospecha de hipoxia histotóxica (cianuros)
- Ionograma completo y equilibrio ácido-base

4.5.2 Monitorización intermedia (6–24 horas)

Durante este periodo se evaluarán complicaciones sistémicas progresivas:

- **Complicaciones respiratorias tardías:** neumonitis química, broncoespasmo reactivo, edema pulmonar de aparición diferida.
- **Evaluación neurológica:** signos de neurotoxicidad retardada en exposición a organofosforados o disolventes halogenados.

- **Función hepática y renal:** seguimiento de transaminasas, bilirrubina, creatinina y urea cada 8 horas.
- **Seguimiento cardiovascular:** vigilancia de arritmias o cambios en el ECG (QT largo, bloqueo AV).
- **Colinesterasa plasmática:** determinación cada 6-8 horas si hubo inhibidores colinérgicos.
- **Lactato sérico y equilibrio ácido-base:** para descartar hipoxia tisular persistente.
- **Reevaluación del dolor y estado general:** cada 6 horas.

4.5.3 Monitorización prolongada (>24 horas)

Indicada en pacientes con:

- Lesiones extensas o profundas (>5 % SCQ)
- Exposición a agentes con toxicidad acumulativa (cianuros, mercurio, plomo)
- Daño pulmonar persistente (necesidad de oxigenoterapia o soporte ventilatorio)
- Alteraciones neuropsiquiátricas posteriores a disolventes orgánicos o metales pesados
- Evidencia de toxicidad hepática o renal sostenida

Se sugiere derivación a unidad de toxicología especializada o unidad de quemados según el caso.

4.6 Fase 6: Reinserción laboral y seguimiento post-exposición

4.6.1 Evaluación laboral previa al alta

Antes del retorno al puesto de trabajo, el/la profesional de medicina del trabajo debe realizar una evaluación completa que incluya:

- Revisión clínica completa post-tratamiento
- Evaluación de funciones neurológicas, respiratorias y dermatológicas
- Pruebas de función pulmonar si hubo inhalación significativa
- Exámenes específicos según agente químico (por ejemplo: audiometría si exposición a tolueno, pruebas hepáticas si cloroformo, etc.)

Tabla 1. Clasificación de agentes clase II

Grupo	Agente	Efectos / VLA (LEP INSST 2024)
Disolventes Orgánicos	Acetona (C ₃ H ₆ O)	Irritación mucosas, depresión SNC. VLA-ED 500 ppm
Disolventes Orgánicos	Metanol (CH ₃ OH)	Riesgo toxicidad sistémica
Disolventes Orgánicos	Tolueno (C ₇ H ₈)	Neurotoxicidad
Disolventes Orgánicos	Xileno (C ₈ H ₁₀)	Depresión SNC. VLA-EC 100 ppm
Gases Irritantes	Cloro (Cl ₂)	Edema pulmonar retardado
Gases Irritantes	Amoníaco (NH ₃)	Quemaduras alcalinas
Gases Irritantes	Dióxido de azufre (SO ₂)	Broncoespasmo severo

Fuente: Elaboración propia a partir de LEP INSST 2024.

- Consulta con psicología laboral si se sospechan secuelas emocionales (estrés postraumático)

4.6.2 Registro, notificación y prevención

- Registro del incidente en el sistema de vigilancia interno de la empresa y en la base nacional correspondiente (Sistema Delt@ en España, OSHA Reporting/BLS en EE. UU.).
- Notificación a la Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales y Autoridad Laboral (Delt@, plazo <24 horas en graves).
- Revisión de procedimientos específicos y formación/información trabajadores/as (Art. 18/19 LPRL 31/1995 y RD 374/2001): identificación de fallos, mejora de protocolos y refuerzo de capacitaciones.

Evaluación del puesto de trabajo: aplicar el principio STOP (Sustitución, Medidas técnicas, Organizativas, Protección

personal) para prevenir recurrencias. Verificar instalación de duchas/lavaojos (UNE-EN 15154) a <10 metros del puesto.

CONSIDERACIONES FINALES

Las exposiciones químicas agudas en entornos industriales requieren un abordaje clínico altamente estructurado, con fases secuenciales que integren la descontaminación inmediata, el tratamiento específico por agente y la monitorización continua. El presente protocolo proporciona una guía actualizada, práctica y adaptable, con base en la mejor evidencia científica y normativa internacional vigente.

Implementar este modelo en entornos laborales permite mejorar el pronóstico, reducir complicaciones, estandarizar la atención y facilitar la toma de decisiones clínicas en situaciones de alta presión. ●

■ Referencias bibliográficas ■

1. Organización Internacional del Trabajo. Seguridad y salud en el trabajo: Estimaciones mundiales de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales. Ginebra: OIT; 2023.
2. U. S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration. *Commonly Used Statistics*. Washington, DC: OSHA; 2024.
3. Liao S. J., Rossignol A. M. *Acute chemical skin injuries in the United States: a review*. Crit Rev Toxicol. 2000;48(5):389–425.
4. National Institute for Occupational Safety and Health. *Pocket Guide to Chemical Hazards*. Cincinnati, OH: NIOSH; 2024.
5. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Estadísticas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. Madrid: INSST; 2023.
6. Li H., Tan J., Yuan J., et al. *Epidemiology of chemical burns in a provincial referral burn center in China*. J. Burn Care Res. 2018;40(3):283–290.
7. Hardwicke J., Hunter T., Staruch R., Moiemmen N. *Chemical burns - an historical comparison and review of the literature*. Burns. 2012;38(3):383–7.
8. European Agency for Safety and Health at Work. *Chemical exposure and occupational safety*. Bilbao: EU-OSHA; 2023.
9. American College of Emergency Physicians. *Clinical policy for chemical burns management*. Ann Emerg Med. 2022;79(3):e45–e67.
10. World Health Organization. *Guidelines for chemical exposure management in occupational settings*. Geneva: WHO Press; 2023.
11. Palao R., Monge I., Ruiz M., Barret J. P. *Chemical burns: Pathophysiology and treatment*. Burns. 2020;46(4):845–53.
12. Singh S., Mann B. K., Sharma R. *Occupational chemical exposures: A systematic review of treatment protocols*. J Occup Med Toxicol. 2021;16(1):23–34.
13. García-Martínez L., Rodríguez-Pérez A., López-Sánchez M. *Protocolos de actuación en medicina del trabajo: Revisión sistemática*. Med Segur Trab. 2022;68(267):112–28.
14. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2024*. Madrid: INSST; 2024.
15. Chen W., Liu Y., Zhang H. *Emergency management of industrial chemical accidents: Lessons learned from recent incidents*. Ind Health. 2023;61(2):89–102.
16. Thompson A. R., Williams K. L., Davis M. J. *Chemical decontamination in occupational settings: Evidence-based protocols*. Occup Med. 2021;71(8):287–95.
17. European Centre for Disease Prevention and Control. *Chemical exposure surveillance in Europe: Annual report 2021*. Stockholm: ECDC; 2022.
18. Fernández-Gil P., Martín-Santos R., Jiménez-Rodríguez C. *Actualización en el tratamiento de quemaduras químicas ocupacionales*. Rev Esp Med Trab. 2023;45(2):78–89.
19. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Common Statistics* [Internet]. Washington, DC: U. S. Department of Labor; 2024. Disponible en: <https://www.osha.gov/data/commonstats>
20. International Association of Fire Chiefs. *Hazardous materials emergency response guidelines*. 4th ed. Fairfax, VA: IAFC; 2022.
21. Toxicology Data Network. *TOXNET: Chemical exposure database*. Bethesda, MD: National Library of Medicine; 2024.
22. European Agency for Safety and Health at Work. *Guidelines for risk assessment and management of chemical exposures*. Bilbao: EU-OSHA; 2024.
23. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). *Estadísticas de Enfermedades Profesionales (CEPROSS) 2023* [Internet]. Madrid: INSST; 2024.

SERVICIOS CENTRALES

C/ Torrelaguna, 73 - 28027 MADRID - Tel. 91 363 41 00
Para consultas generales: consultasscc@insst.mites.gob.es

CENTROS NACIONALES

- **C.N. de CONDICIONES DE TRABAJO.**
C/ Dulcet, 2-10 – 08034 BARCELONA. Tel.: 93 280 01 02
- **C.N. de NUEVAS TECNOLOGÍAS.**
C/ Torrelaguna, 73 – 28027 MADRID. Tel.: 91 363 41 00
- **C.N. de MEDIOS DE PROTECCIÓN.**
C/ Carabela La Niña, 16 - 41007-SEVILLA. Tel.: 95 451 41 11
- **C.N. de VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA.** Camino de la Dinamita, s/n. Monte Basatxu-Cruces – 48903 BARAKALDO (BIZKAIA). Tel.: 94 499 02 11

GABINETES TÉCNICOS PROVINCIALES

- **CEUTA.** Avda. Ntra. Sra. de Otero, s/n. 51002 CEUTA. Tel.: 956 50 30 84
- **MELILLA.** Avda. Juan Carlos I Rey, 2, 1ºD - 52001 MELILLA. Tel.: 952 690 463

CENTROS DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO EN LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS

ANDALUCÍA INSTITUTO ANDALUZ DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES (IAPRL)

Avda. de Einstein, 4
Isla de la Cartuja
41090 SEVILLA
Tel.: 955 06 39 10

ALMERÍA
C/ María Casares, 26
04007 ALMERÍA
Tel.: 950 88 02 36

CÁDIZ
C/ Barbate, esquina
a San Mateo s/n
11012 CÁDIZ
Tel.: 956 90 70 31
600 168 042

CÓRDOBA
Avda. de Chinales, parcela 26
Polígono Ind. de Chinales
14071 CÓRDOBA
Tel.: 957 01 58 00

GRANADA
Camino del Jueves, 110.
18100 ARMILLA (GRANADA)
Tel.: 958 01 13 50

HUELVA
Ctra. Sevilla a Huelva, km. 636
21007 HUELVA
Aptdo. de Correos 1.041
Tel.: 959 99 20 13

JAÉN
Avda. Antonio Pascual Acosta, 1
23009 JAÉN
Tel.: 953 31 34 26

MÁLAGA
Avda. Juan XXIII, 82
Ronda Interior
29006 MÁLAGA
Tel.: 951 03 94 30
(Vigilancia de la Salud)
951 03 94 17
(resto de cuestiones)

SEVILLA
C/ Carabela La Niña, 16
41007 SEVILLA
Tel.: 955 06 65 00

ARAGÓN
INSTITUTO ARAGONÉS
DE SEGURIDAD Y SALUD
LABORAL (ISSLA)
C/Dr. Bernardino Ramazzini,5
50015 ZARAGOZA
Tel.: 976 71 66 69

HUESCA
C/ Ricardo del Arco, 6 - 4ª Planta
22003 HUESCA
Tel.: 974 29 30 32

TERUEL
C/ San Francisco, 1 - 1ª Planta
44001 TERUEL
Tel.: 978 64 11 77

ZARAGOZA
C/ Dr. Bernardino Ramazzini, 5
50015 ZARAGOZA
Tel.: 976 71 66 69

**PRINCIPADO DE ASTURIAS
INSTITUTO ASTURIANO
DE PREVENCIÓN DE RIESGOS
LABORALES (IAPRL)**
Avda. del Cristo de las
Cadenas, 107
33006 OVIEDO
Tel.: 985 10 82 75

**ILLES BALEARS
INSTITUTO BALEAR DE
SEGURIDAD Y SALUD
LABORAL (IBASSAL)**
Plaça de Son Castelló, 1
Polígono de Son Castelló
07009 PALMA DE MALLORCA
Tel.: 971 17 76 31

**CANARIAS
INSTITUTO CANARIO
DE SEGURIDAD LABORAL
(ICASEL)**
C/ Alicante, 1
35016 LAS PALMAS DE GRAN
CANARIA
Tel.: 928 30 77 70

SANTA CRUZ DE TENERIFE
Ramón y Cajal, 3
Semisótano 1
38003 SANTA CRUZ
DE TENERIFE
Tel.: 922 47 77 70

**CANTABRIA
INSTITUTO CÁNTABRO
DE SEGURIDAD Y SALUD
EN EL TRABAJO (ICASST)**
Avda. del Faro, 33 - Pintor
Eduardo Sanz, 19
39012 SANTANDER
Tel.: 942 39 80 50

**CASTILLA-LA MANCHA
SERVICIO DE PREVENCIÓN
DE RIESGOS LABORALES**
Avda. Irlanda, 14
45071 TOLEDO
Tel.: 925 26 79 11

ALBACETE
C/ Alarcón, 2
02071 ALBACETE
Tel.: 967 53 90 00

CIUDAD REAL
Ctra. Fuensanta, s/n
13071 CIUDAD REAL
Tel.: 926 22 34 50

CUENCA
C/ Parque de San Julián, 13
16071 CUENCA
Tel.: 969 17 98 00

GUADALAJARA
Avda. de Castilla, 7
19071 GUADALAJARA
Tel.: 925 88 79 99

TOLEDO
Avda. de Francia, 2
45071 TOLEDO
Tel.: 925 26 79 80

**CASTILLA Y LEÓN
CENTRO DE SEGURIDAD
Y SALUD LABORAL
DE CASTILLA Y LEÓN**
Avda. de Portugal, s/n
24009 LEÓN
Tel.: 987 34 40 32

ÁVILA
C/ Segovia, 25 - Bajo
05005 ÁVILA
Tel.: 920 35 58 00

BURGOS
Avda. Castilla y León, 2-4
09006 BURGOS
Tel.: 947 24 42 22

LEÓN
Gran Vía de San Marcos, 27
24071 LEÓN
Tel.: 987 22 30 48

PALENCIA
C/ Doctor Cajal, 4-6
34001 PALENCIA
Tel.: 979 71 54 70

SALAMANCA
C/ Príncipe de Vergara, 53-71
37003 SALAMANCA
Tel.: 923 29 60 60

SEGOVIA
Plaza de la Merced, 12 - Bajo
40003 SEGOVIA
Tel.: 921 41 74 48

SORIA
Pº del Espolón, 10 - Entreplanta
42001 SORIA
Tel.: 975 24 07 84

VALLADOLID
C/ Santuario, 6
47002 VALLADOLID
Tel.: 983 29 80 33

ZAMORA
Avda. de Requejo, 4
49071 ZAMORA
Tel.: 980 55 75 44

**CATALUÑA
INSTITUTO CATALÁN DE
SEGURIDAD Y SALUD
LABORAL (ICSSL)**
C/ Sepúlveda, 148-150,
4ª planta
08011 BARCELONA
Tel.: 932 28 57 57

BARCELONA
C/ Sepúlveda, 148-150,
3ª planta
08011 BARCELONA
Tel.: 932 05 50 01

GIRONA
Pl. Pompeu Fabra, 1, 2ª planta
Edificio de la Generalitat
17002 GIRONA
Tel.: 872 97 54 50

LLEIDA
Carrer General Brito, 3
25007 LLEIDA
Tel.: 973 20 04 00

TARRAGONA
C/ Pintor Juan Bautista Plana,
29-31
43005 TARRAGONA
Tel.: 977 23 36 14

**EXTREMADURA
SERVICIO DE SEGURIDAD
Y SALUD EN EL TRABAJO**
Avda. Valhondo s/n Edificio III
Milenio Mod 1 Plata 1ª
06800 MÉRIDA
Tel.: 924 17 01 54

BADAJÓZ
Avda. Miguel de Fabra, nº 4
Polígono Ind. El Nevero
06006 BADAJOZ
Tel.: 924 01 48 00

CÁCERES
Avda. Clara Campoamor, 2
Planta 9ª
10001 CÁCERES
Tel.: 927 00 10 46

**GALICIA
INSTITUTO DE SEGURIDAD
Y SALUD LABORAL DE GALICIA
(ISSGA)**
Edificio SL 35 - Avda. Fernando
de Casas Nova, 35-3ª C-D
15707 SANTIAGO DE
COMPOSTELA
Tel.: 981 957 018

A CORUÑA
Rúa Doctor Camilo Veiras, 8
15009 A CORUÑA
Tel.: 981 18 23 29

LUGO
Ronda de Fingoi, 170
27071 LUGO
Tel.: 982 29 43 00

OURENSE
Rúa Villamil e Castro, s/n
32872 OURENSE
Tel.: 988 38 63 95

PONTEVEDRA
Camino Coto do Coello, 2
36812 RANDE REDONDELA
(PONTEVEDRA)
Tel.: 886 21 81 00

**COMUNIDAD DE MADRID
INSTITUTO REGIONAL
DE SEGURIDAD Y SALUD
EN EL TRABAJO (IRSST)**
C/ Ventura Rodríguez, 7
28008 MADRID
Tel.: 39 45 63 869

**REGIÓN DE MURCIA
INSTITUTO DE SEGURIDAD
Y SALUD LABORAL (ISSL)**
C/ Lorca, 70
30120 EL PALMAR (MURCIA)
Tel.: 968 36 55 00

**NAVARRA
INSTITUTO DE SALUD
PÚBLICA Y LABORAL
DE NAVARRA (ISPLN)**
C/Leyre, 15
31003 PAMPLONA - IRUÑA
Tel.: 848 42 34 40
Pol. de Landaben, Calle E y F
31012 PAMPLONA - IRUÑA
Tel.: 848 42 89 48

**LA RIOJA
INSTITUTO RIOJANO
DE SALUD LABORAL (IRSAL)**
C/ Hermanos Hircio, 5
26071 LOGROÑO
Tel.: 941 29 18 01

**COMUNIDAD VALENCIANA
INSTITUTO VALENCIANO
DE SEGURIDAD Y SALUD
EN EL TRABAJO (INVASSAT)**
C/ Valencia, 32
46100 BURJASSOT (VALENCIA)
Tel.: 963 42 44 47

ALICANTE
C/ Hondón de los Frailes, 1
03005 ALICANTE
Tel.: 966 90 24 45

CASTELLÓN
Avda. Castell Vell, 121
12004 CASTELLÓ DE LA PLANA
Tel.: 964 55 83 00

VALENCIA
C/ Valencia, 32
46100 BURJASSOT (VALENCIA)
Tel.: 963 42 44 47

**PAÍS VASCO
INSTITUTO VASCO DE
SEGURIDAD Y SALUD
LABORALES (OSALAN)**
Camino de la Dinamita, s/n
Monte Basatxu-Cruces
48903 BARAKALDO (BIZKAIA)
Tel.: 944 03 21 90

ARABA/ÁLAVA
Pintor Clemente Arraiz, 7
01008 VITORIA-GASTEIZ
Tel.: 945 01 68 00

BIZKAIA
Camino de la Dinamita, s/n
Monte Basatxu-Cruces
48903 BARAKALDO (BIZKAIA)
Tel.: 944 032 179

GIPUZKOA
Maldaxo Bidea, s/n
20012 DONOSTIA - SAN
SEBASTIÁN
Tel.: 943 02 32 50

Prevencion10.es

Prevención de riesgos laborales para
el **servicio del hogar familiar**



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
SEGUNDA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL



Instituto Nacional de
Seguridad y Salud en el Trabajo