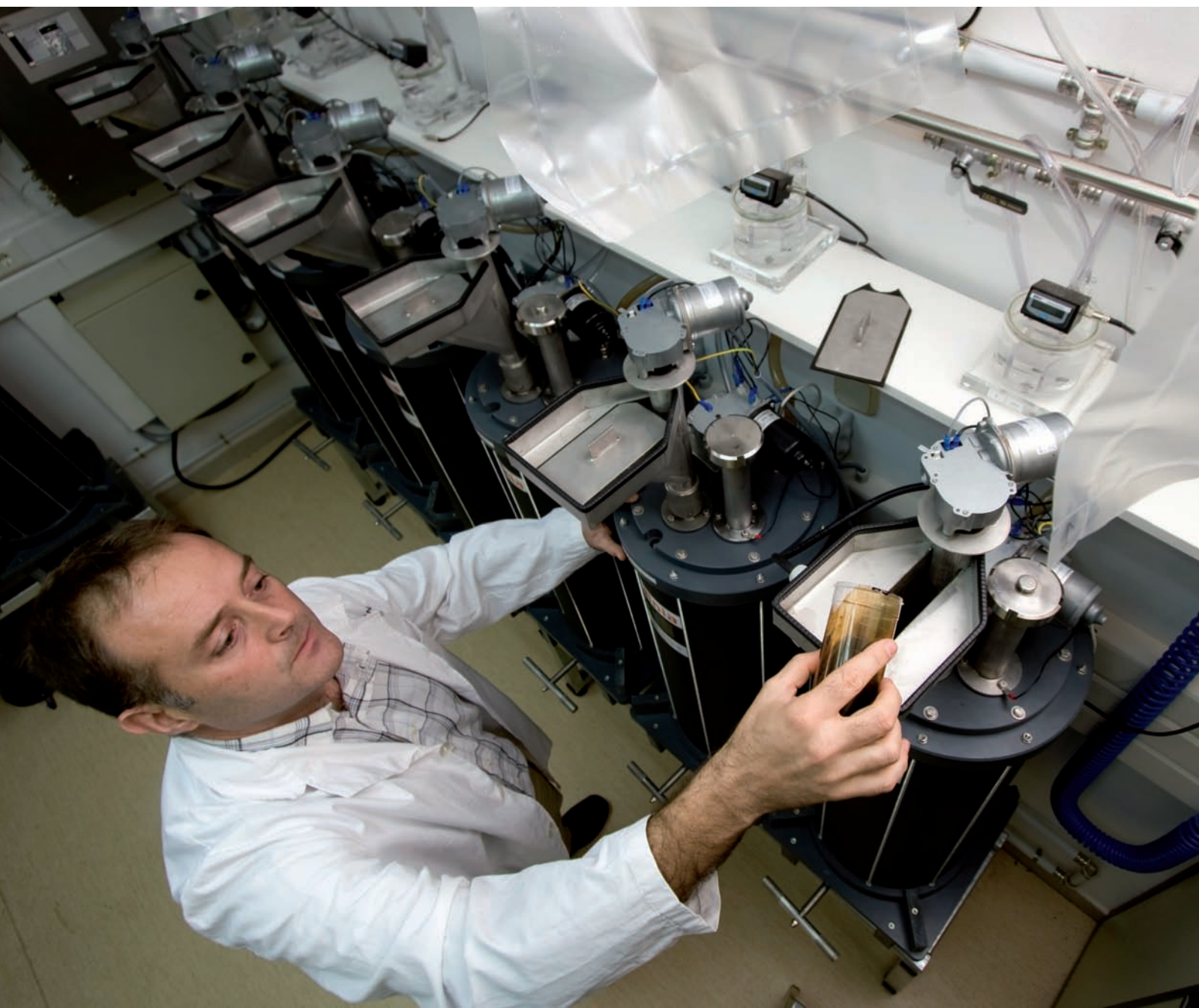


Riesgos laborales nuevos y emergentes en los procesos de fabricación

Francisco Brocal Fernández

New and emerging occupational risks in manufacturing processes

Foto: Pictelia



RESUMEN

En los últimos años existe un interés creciente por parte de distintos organismos y entidades de relevancia, tanto públicas como privadas, en el estudio de los denominados riesgos nuevos y emergentes (RNE) en materia de prevención de riesgos laborales (PRL), riesgos que son consecuencia de distintas variables cambiantes del trabajo, como los distintos avances científicos y tecnológicos, nuevas tendencias del empleo, creciente presión para satisfacer las exigencias de la vida laboral moderna, etcétera. De esta forma, los procesos de fabricación (PF), en un sentido general, son especialmente susceptibles de generar un conjunto amplio y diverso de RNE debido a su relación directa con las variables mencionadas. Así, en el presente trabajo se identifican en primer lugar los principales RNE en un contexto laboral general ubicado sobre todo en la Unión Europea, para luego estudiar de forma más específica los mismos y sus interacciones con los PF, con el objetivo principal de establecer un punto de partida que permita profundizar en la investigación y desarrollo de distintas actividades preventivas tendentes a mejorar las condiciones de seguridad y salud de los citados procesos.

Encargado: 29 de noviembre de 2011
Recibido: 29 de diciembre de 2011
Aceptado: 23 de enero de 2012

Palabras clave

Prevención, riesgos laborales, riesgos nuevos y emergentes, fabricación

En las últimas décadas han tenido lugar importantes avances tecnológicos en el lugar de trabajo, los cuales, junto con la rápida globalización, han transformado el trabajo para muchas personas en todo el mundo. Los efectos de dichos cambios en la prevención de riesgos laborales (PRL) también han sido notorios. En algunos casos, se han reducido o eliminado los riesgos más tradicionales, por ejemplo, a través de la automatización industrial, pero las nuevas tecnologías también han creado riesgos antes inexistentes. Sin embargo, muchos de los riesgos tradicionales del lugar de trabajo persisten y el número de enfermedades y accidentes relacionados con el trabajo sigue siendo inaceptablemente elevado (OIT, 2010). Al mismo tiempo, muchos trabajadores de todos los sectores económicos están expuestos a *nuevos* riesgos generados por las características cambiantes del trabajo. En el caso particular de los procesos de fabricación (PF), se pueden citar por ejemplo los debidos a la interacción cada vez más frecuente con las interfaces hombre-máquina (HMI) o la creciente utilización de nanomateriales.

Estos cambios en las características de los puestos de trabajo están creando riesgos laborales que, o bien no existían anteriormente o eran menos destacados o menos evidentes, y han dado lugar, en definitiva, a los denominados *riesgos nuevos y emergentes* en materia de PRL (RNE).

La definición de RNE es la siguiente (Flaspöler et al, 2005; Brun et al, 2007a, 2007b, 2009): "cualquier riesgo nuevo que va en aumento". Se entenderá por riesgo nuevo y riesgo en aumento lo siguiente:

Riesgo nuevo: el riesgo no existía anteriormente y está causado por nuevos procesos, tecnologías o tipos de lugar de trabajo, o por cambios sociales u organizativos; o se trata de un problema persistente que pasa a considerarse como un riesgo debido a un cambio en las percepciones sociales o públicas; o un nuevo conocimiento científico da lugar a que una cuestión no novedosa se identifique como riesgo.

El riesgo va en aumento cuando: el número de situaciones de peligro que producen el riesgo va en aumento, o la probabilidad de exposición a situaciones

ABSTRACT

In the last years an increasing interest exists by various relevant agencies and entities, both public and private, in the study of the so-called new and emerging risks to occupational safety and health (NER), which are a consequence of different shifting variables at work, such as the different scientific and technological advances, new trends in employment, and an increasing pressure in order to satisfy the market requirements, etc. Thus, manufacturing processes (MP), in a general sense, are especially sensitive of generating a wide and diverse set NER due to its direct relationship with these mentioned variables. Therefore, this study identifies the main NER, firstly in a general work context, located mainly in the European Union, and later studying more specifically the same, and their interactions with the MP, with the main goal of establishing a starting point which allows to deepen in the development of various preventive activities with a tendency to improve the safety and health in such processes.

Commissioned: November 29, 2011
Received: December 29, 2011
Accepted: January 23, 2012

Keywords

Prevention, occupational risks, new and emerging risks, manufacturing.

de peligro que producen el riesgo va en aumento (nivel de exposición y/o número de personas expuestas), o los efectos de estas situaciones de peligro sobre la salud de los trabajadores empeoran (gravedad de los efectos sobre la salud y/o número de personas afectadas).

En el presente trabajo se considerarán los RNE en el contexto de la industria de fabricación¹, dado su peso específico sobre el total del tejido empresarial en la Unión Europea, tanto en términos de accidentabilidad, como en número de trabajadores, 23,95% y 17,17%, respectivamente² (Eurostat, 2011). Asimismo, los PF son especialmente susceptibles de generar un conjunto amplio y diverso de RNE, dada su interrelación con las variables cambiantes ya mencionadas³.

Como criterio general y, por tanto, no exhaustivo, los PF que se considerarán son los incluidos en la "Sección C. Industria Manufacturera de la Nomenclatura de Actividades Económicas de la Comunidad Europea (NACE) 2007". En este sentido, cabe señalar que los límites entre la industria manufacturera y los demás sectores del sistema de clasificación pue-

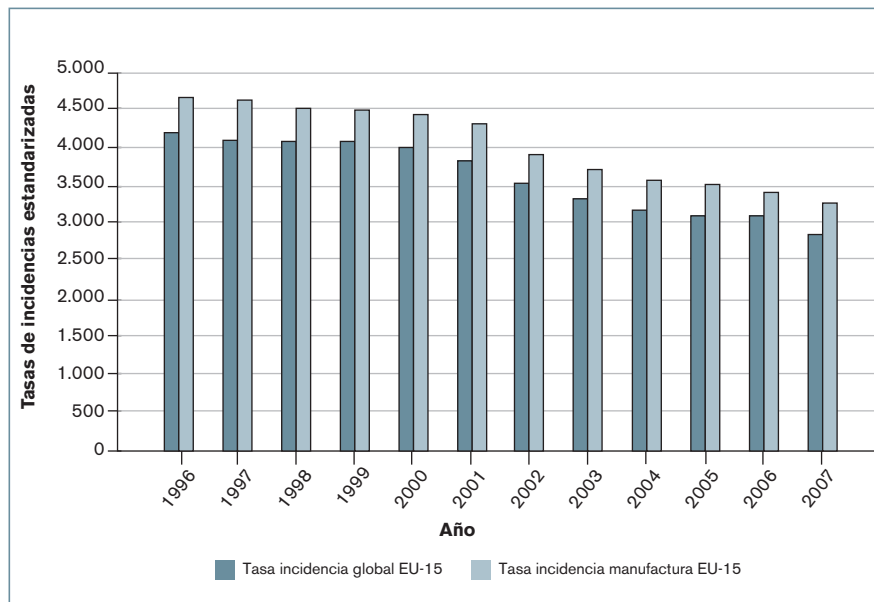


Figura 1. Evolución de la tasa de incidencia estandarizada de accidentes de trabajo (con más de 3 días de baja –4 días de ausencia o más–) en la Unión Europea-15, de la industria manufacturera respecto al total de actividades económicas (NACE). Elaboración propia. (Eurostat, 2011).

den resultar algo confusos, de forma que como regla general, se entenderá que las actividades en la sección de la industria manufacturera consisten en la transformación de materiales en nuevos productos, y su resultado es un producto nuevo (Eurostat, 2007).

En la figura 1 se puede observar la evolución de la tasa de incidencia estandarizada⁴ de accidentes de trabajo de la industria de fabricación respecto al conjunto de actividades económicas en los últimos años, y se puede comprobar que, a pesar de existir una tendencia negativa de dicha variable, sigue alcanzando valores preocupantes.

Identificación de riesgos laborales nuevos y emergentes (RNE)

La identificación de RNE es el punto de partida para llevar a cabo actividades preventivas de investigación y desarrollo tendientes a mejorar las condiciones de seguridad y salud de los PF en relación con dichos riesgos. Para ello resulta necesario en primer lugar:

1. Identificar los principales RNE en un contexto laboral general.
2. Identificar los principales RNE de aplicación a los PF.

Identificación de los principales RNE en un contexto laboral general

A partir de cuatro informes sobre las previsiones de expertos publicados por la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (EU-OSHA), que cubren los RNE físicos, biológicos, psi-

cosociales y químicos⁵, se han seleccionado los RNE considerados por dichos expertos como: “Totalmente de acuerdo en que el riesgo identificado es emergente” y “de acuerdo en que el riesgo es considerado emergente”. Dichos RNE se adjuntan en las tablas 1, 2, 3 y 4. Para ello se han considerado los valores medios⁶ (MV) asociados a cada RNE, enumerándolos en las tablas indicadas de mayor a menor, de forma que aquellos que han obtenido MV iguales o inferiores a 3,15 (en el caso de RNE físicos) y MV iguales o inferiores a 3,25 (en el caso de RNE biológicos, psicosociales y químicos) no se han considerado en el presente trabajo dado que no hay suficiente consenso al respecto. Finalmente, se han seleccionado para cada grupo de RNE, los 10 con mayor MV (siguiendo el criterio adoptado por EU-OSHA, 2005, 2007a, 2007b, 2009b), y se resaltan con distinto color y cursiva en las tablas 1, 2, 3 y 4 y se muestran en conjunto a modo de recopilación en la tabla 5.

Identificación de los principales RNE de aplicación a los procesos de fabricación (PF)

Tras el proceso anterior, se han identificado los RNE que son especialmente característicos de otros sectores o procesos distintos de los de fabricación. Los mismos se han sombreado en la tabla 5, y en la tabla 6 se han indicado los criterios diferenciadores empleados⁷. De esta forma, quedan identificados directamente

los principales RNE de aplicación general a los PF.

Breve análisis descriptivo de los RNE de aplicación general a los PF

Con el fin de ofrecer una visión amplia y adaptada a los PF, y desde un enfoque de síntesis, se llevará a cabo un análisis descriptivo de aquellos RNE más cercanos⁸ a las características tecnológicas específicas de los PF, como vibraciones, radiaciones UV, isocianatos, fibras minerales artificiales, endotoxinas, etcétera. No se considerarán, por tanto, en este breve análisis aquellos RNE de características más generalistas (pero no menos importantes), como pueden ser la subcontratación, el escaso control del riesgo químico en la pyme, epidemias mundiales y demás. Asimismo, los RNE psicosociales se abordarán de manera global dadas sus características especialmente vinculadas a factores organizativos y, por tanto, de aplicación más general.

Para todo ello se han consultado prioritariamente los estudios y trabajos publicados por la EU-OSHA. Con el fin de complementar y, en especial, ajustar los resultados de las consultas anteriores al contexto de los PF, se han consultado (diversos términos en materia de PRL y PF según el RNE analizado) las páginas web de distintas entidades especializadas y de relevancia en el campo de la PRL (p. ej. INRS, INSHT, NIOSH, etc.), bases de datos estadísticas (EUROSTAT e INE) y bases de datos de revistas electrónicas (Dialnet, Ebsco y Science Direct, entre otras). Además, se ha consultado bibliografía especializada en materia de ingeniería de fabricación, por ejemplo Groover (2007) y Kalpakjian y Schmid (2008).

RNE físicos

Vibraciones: la vibración es un movimiento oscilatorio, y se pueden establecer en materia de PRL las siguientes respuestas: respuestas humanas a las vibraciones de cuerpo completo, las transmitidas a las manos y las causas del mareo incluido por el movimiento (Griffin et al, 2001). Como se puede observar en la tabla 1, la preocupación existente en relación con este RNE se debe principalmente a cuando se combina con factores de carácter ergonómico, en especial posturas forzadas y trabajo muscular. Dichos factores, tanto de forma individual como combinada, suelen estar presentes con frecuencia en los PF, por ejemplo:

Riesgos nuevos y emergentes físicos		
Trastornos musculoesqueléticos	Ruido	Vibraciones
<ol style="list-style-type: none"> <i>Falta de actividad física;</i> <i>Exposición combinada con trastornos musculoesqueléticos y factores de riesgo psicosocial</i> Posturas estáticas Movimientos repetitivos Posturas difíciles Pobre diseño ergonómico relacionado con la manipulación de personas en el sector de la salud Pobre diseño ergonómico de lugares de trabajo que no son oficinas con pantallas de visualización de datos (PVD) (teletrabajo, hospitales, etc.) Jornadas de trabajo más largas Pobre diseño ergonómico de las interfaces hombre-máquina Trabajadores de edad avanzada que no pueden afrontar altas demandas físicas Aumento del ritmo de trabajo 	<ol style="list-style-type: none"> Shocks acústicos y excesiva exposición a ruido debidos a nuevas tecnologías y a la organización del trabajo Exposición combinada con ruido y sustancias ototóxicas Exposición a ruido en clases Ruido de fondo que reduce la audibilidad de las señales informativas Exposición a ruido por debajo de los valores límite, los cuales conducen a la fatiga e ineficiencia Exposición combinada a ruido y vibraciones Ruido durante el embarazo 	<ol style="list-style-type: none"> <i>Exposición combinada a vibraciones y posturas forzadas</i> <i>Exposición combinada a vibraciones y trabajo muscular</i> Vibraciones mano-brazo Evaluación incompleta de las propiedades de amortiguación de dispositivos anti-vibración Vibraciones de todo el cuerpo Exposición combinada a vibraciones y pobre diseño ergonómico Exposición a vibraciones que conducen a trastornos de trauma acumulativo (TTA) y otras lesiones relacionadas con el trabajo Exposición combinada a ruido y vibraciones Exposición combinada a vibraciones y factores ambientales desfavorables
	Radiaciones no ionizantes	
	<ol style="list-style-type: none"> <i>El aumento general de la exposición a la radiación ultravioleta (UV) durante y fuera del tiempo de trabajo</i> Fuertes campos magnéticos de los vehículos de levitación magnética o de la resonancia magnética nuclear Campos electromagnéticos de alta frecuencia Campos electromagnéticos que afectan a los trabajadores con implantes Nuevas tecnologías láser y led (<i>light emitting diode</i>) Aplicaciones con láser que crean riesgos químicos Soldadura de alta intensidad Vigilancia electrónica de artículos y dispositivos similares Nuevas tecnologías led usadas en otros campos de la ingeniería de comunicación Antiguas tecnologías láser combinadas con desfavorables condiciones de seguridad laboral Insuficiente compatibilidad electromagnética 	Radiaciones ionizantes
Riesgo térmico		<ol style="list-style-type: none"> Incremento del número de fuentes de radiación desprotegidas o no identificadas
<ol style="list-style-type: none"> <i>Baja concienciación sobre los riesgos térmicos entre los grupos de trabajadores de baja cualificación</i> <i>Incomodidad térmica</i> Riesgos relacionados con la calidad ambiental interior Ropa especial de protección que causa estrés térmico 		Máquinas, procesos y tecnologías
		<ol style="list-style-type: none"> <i>Complejidad de nuevas tecnologías, de los procesos de trabajo e interfaces hombre-máquina;</i> Nuevas tecnologías electrónicas que conducen a nuevos riesgos Uso incorrecto de la última generación de sistemas de seguridad Alteración de funciones de las máquinas debido a las interferencias de campos electromagnéticos Automatización que conduce al aumento de accidentes Tratamiento de material físico (láser) que genera nanopartículas Automatización que conduce a trastornos musculoesqueléticos y estrés
Otros riesgos ergonómicos		
<ol style="list-style-type: none"> <i>Riesgos multifactoriales</i> <i>Protección insuficiente de grupos de alto riesgo contra los riesgos ergonómicos provenientes de estar mucho tiempo de pie</i> Jornadas laborales más largas en lugares de trabajo con PVD Falta de comodidad de los equipos de protección individual (EPI) Las PVD y las nuevas tecnologías incrementan la tensión visual Pobres condiciones ergonómicas y de cultura de seguridad del riesgo en edificios y oficinas Pobre protección de la rodilla Lipoatrofia semicircular en el medio ambiente de la oficina 		

Tabla 1. RNE físicos (a partir de Flaspöler et al, 2005). (Los RNE en cursiva son los diez de mayor MV.)

Riesgos nuevos y emergentes químicos		
Partículas, polvo y aerosoles	Riesgos derivados de sustancias cancerígenas, mutágenas y tóxicas para la reproducción	Riesgos de alergias y sensibilización
<ol style="list-style-type: none"> <i>Nanopartículas y partículas ultrafinas</i> <i>Gases de escape motores diésel</i> <i>Fibras minerales artificiales</i> Mezcla de partículas en polvo o humos Mezclas de polvo en el sector del reciclaje Aerosoles de soldadura Sílice cristalina Amianto Pinturas en polvo Partículas de madera 	<ol style="list-style-type: none"> Exposición combinada a más de una sustancia cancerígena Tóxicos para la reproducción Disruptores endocrinos Contaminantes orgánicos persistentes Aminas aromáticas en tintes para el cabello Biocidas Aerosoles bituminosos Disolventes orgánicos con efectos cancerígenos, mutagénicos y tóxicos para la reproducción Aditivos en productos alimenticios y textiles 	<ol style="list-style-type: none"> <i>Resinas epoxi</i> <i>Exposición dérmica</i> <i>Isocianatos</i> Anhidridos de ácido orgánico Agentes de desinfección y limpieza Enzimas Alérgenos y sustancias sensibilizantes Tintas de secado ultravioleta que contienen monómeros acrilatos sensibilizantes Fluidos de corte y nieblas de aceite mineral Partículas o gases irritantes Metales alergénicos Aumento de sustancias que sensibilizan el feto a alérgenos Mezclas de hidrocarburos
Riesgos multifactoriales relacionados con sustancias cancerígenas <ol style="list-style-type: none"> <i>Escaso control del riesgo químico en la pyme</i> <i>Subcontratación</i> Trabajadores migrantes en contacto con productos químicos a un grado más alto de exposición que los valores límite Efectos combinados de peligros químicos y físicos Importación de productos químicos que no cumplen con las regulaciones de la UE Equipamiento técnico no certificado La importancia dada a factores psicosociales tiende a dar la falsa impresión de que otras cuestiones se han resuelto Exposición de grupos vulnerables a los riesgos químicos Transporte de productos químicos Incremento del uso de sustancias peligrosas Empleo de ciertos procedimientos de evaluación que tienden a dar la falsa impresión de que las mediciones de la exposición ya no son necesarias 	Sustancias y mezclas con efectos para la salud desconocidos o recientemente reconocidos <ol style="list-style-type: none"> Mezclas complejas Pinturas de base agua y disolventes Disolventes orgánicos Monóxido de nitrógeno Síndrome de sensibilidad química múltiple Nuevas sustancias en productos para el cabello 	Riesgos químicos específicos de procesos de trabajo y lugares de trabajo <ol style="list-style-type: none"> <i>Sustancias peligrosas en el tratamiento de residuos</i> <i>Sustancias peligrosas en el sector de la construcción</i> Trabajos húmedos (limpieza, trabajo del metal, etc.) Reciclaje de chatarra electrónica Sector de la construcción (isocianatos) Trabajos con productos de alta tecnología usando herramientas anticuadas Industria de los semiconductores Procesamiento de la madera Sector agrícola Manipulación de suelos contaminados Depósitos de residuos con sustancias peligrosas Nuevas sustancias Industria del metal fino Enfermería en el hogar
	Sustancias inflamables y explosivas <ol style="list-style-type: none"> Aleaciones de magnesio Sustitutos de tricloroetileno 	

Tabla 2. RNE químicos (a partir de Brun et al, 2009). (Los RNE en cursiva son los 10 de mayor MV.)

– Vibraciones de cuerpo completo: las exposiciones de cuerpo completo se dan, principalmente en el transporte, y las carretillas elevadoras son un ejemplo característico de ello en los PF; también son ejemplo de vibraciones de cuerpo completo ciertas máquinas, como las de fabricación de hormigón (Griffin et al, 2001).

– Vibraciones mano-brazo: en varias actividades industriales se encuentran muy extendidos los procesos y herramientas de motor que exponen las manos del operario a vibraciones. La exposición de origen profesional a las vibraciones transmitidas a las manos proviene de las herramientas de motor que se utilizan en los PF, principalmente en los proce-

dos de mecanizado (p.ej. herramientas de percusión para trabajo de metales, amoladoras y otras herramientas rotativas, llaves de impacto, etcétera). También puede producirse la exposición a través de piezas vibrantes sostenidas con las manos del operario, como en el amolado de columna (Griffin et al, 2001; INSHT, 2011).

Riesgos nuevos y emergentes biológicos	
Sustancias-riesgos biológicos específicos	Lugares de trabajo y procesos de trabajo con riesgos biológicos específicos
<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Exposición combinada a bioaerosoles y productos químicos</i> 2. <i>Endotoxinas</i> 3. <i>Mohos en lugares de trabajo interiores</i> 4. <i>Micotoxinas</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Riesgos biológicos en plantas de tratamiento de residuos</i> 2. Pobre control de los microorganismos en la enfermería en el hogar 3. Alergias, debido al control biológico de plagas
Riesgos biológicos asociados a fenómenos sociales y medioambientales	Riesgos biológicos resultado de una mala gestión del riesgo y de las prácticas de prevención
<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Epidemias mundiales (globalización)</i> 2. <i>Exposición a microorganismos resistentes a los medicamentos</i> 3. Aumento de las enfermedades relacionadas con el trabajo debido a una disminución de la exposición a agentes biológicos (consecuencia de ciertos hábitos higiénicos en países desarrollados que inciden en los mecanismos inmunorreguladores) 4. Sensibilización de los trabajadores a los alérgenos ambientales 5. Tuberculosis multirresistente 6. Nuevos agentes infecciosos en el trabajo debido al cambio climático 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Dificultad en la evaluación de riesgos biológicos</i> 2. <i>Falta de información sobre riesgos biológicos</i> 3. <i>Formación insuficiente en SST de las autoridades locales</i> 4. <i>Deficiente mantenimiento de sistemas de acondicionamiento de aire y abastecimiento de agua</i> 5. Inadecuada respuesta del plan de emergencia ante riesgos biológicos 6. Inapropiados métodos o equipos de medición

Tabla 3. RNE biológicos (a partir de Brun et al, 2007b). (Los RNE en cursiva son los 10 de mayor MV.)

Riesgos nuevos y emergentes psicosociales	
<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Contratos precarios en el contexto de un mercado de trabajo inestable</i> 2. <i>Incremento de la vulnerabilidad de los trabajadores en el contexto de la globalización</i> 3. <i>Nuevas formas de contratación laboral</i> 4. <i>Sensación de inseguridad en el puesto de trabajo</i> 5. <i>Envejecimiento de la población activa</i> 6. <i>Jornadas de trabajo prolongadas</i> 7. <i>Intensificación del trabajo</i> 8. <i>Producción ajustada y subcontratación</i> 9. <i>Excesiva exigencia emocional en el trabajo</i> 10. <i>Desequilibrio entre vida laboral y personal</i> 11. Trabajadores de edad avanzada 12. Desempleo 13. Problemas de conciliación de vida familiar y laboral 	<ol style="list-style-type: none"> 14. Contextos cambiantes, nuevos roles, competencias, etc. 15. Reducción de personal 16. Deterioro general de las condiciones psicosociales en el trabajo 17. Dificultad para reintegrarse en el trabajo 18. Creciente demanda de movilidad en el mercado laboral 19. Falta de eficacia de la gestión de la PRL 20. Violencia y acoso 21. Deterioro de las relaciones laborales y del diálogo social 22. Trabajadores de otras culturas 23. Integración de personas de otras culturas 24. Trabajadores con discapacidad 25. Mayor individualidad en el trabajo 26. Conflictos éticos en el trabajo 27. Conflictos y problemas interpersonales

Tabla 4. RNE psicosociales (a partir de Brun et al, 2007a). (Los RNE en cursiva son los 10 de mayor MV.)

Exposición combinada a TME y a factores de riesgo psicosociales: los aspectos psicosociales negativos acentúan los efectos de los factores de riesgo físicos y contribuyen a que los trastornos musculoesqueléticos tengan mayor incidencia. La bibliografía actual se centra en los puestos de trabajo en los que se utilizan unidades de visualización, en los

centros de llamadas (los llamados *call centers*) y en el sector sanitario. Los factores psicosociales incluidos son: una excesiva o una insuficiente demanda del trabajo, realización de tareas complejas, presión debida a los plazos, control bajo de las tareas, bajo nivel de decisión, escaso apoyo de los compañeros, inseguridad y acoso laboral. La exposición combinada

a trastornos musculoesqueléticos y a factores de riesgo psicosocial tiene unos efectos más graves sobre la salud de los trabajadores que la exposición a un único factor de riesgo (EU-OSHA, 2005).

Un buen ejemplo de los PF con consecuencias sobre la seguridad y salud del trabajador debido a la exposición combinada de TME y factores de riesgo psi-

Riesgos nuevos y emergentes			
Riesgos físicos	Riesgos químicos	Riesgos biológicos	Riesgos psicosociales
1. Falta de actividad física	1. Nanopartículas y partículas ultrafinas	1. Epidemias mundiales (globalización)	1. Contratos precarios en el contexto de un mercado de trabajo inestable
2. Exposición combinada a vibraciones y posturas forzadas	2. Escaso control del riesgo químico en la pyme	2. Dificultad en la evaluación de riesgos biológicos	2. Incremento de la vulnerabilidad de los trabajadores en el contexto de la globalización
3. Baja concienciación sobre riesgos térmicos en trabajadores de baja cualificación expuestos a condiciones térmicas adversas	3. Subcontratación	3. <i>Exposición a microorganismos resistentes a los medicamentos</i>	3. Nuevas formas de contratación laboral
4. Riesgos multifactoriales	4. Resinas epoxi	4. Falta de información sobre los riesgos biológicos	4. Sensación de inseguridad en el puesto de trabajo
5. Exposición combinada a trastornos musculoesqueléticos y factores de riesgo psicosociales	5. <i>Sustancias peligrosas en el tratamiento de residuos</i>	5. Deficiente mantenimiento de sistemas de acondicionamiento de aire y abastecimiento de agua	5. Envejecimiento de la población activa
6. Incomodidad térmica	6. Exposición dérmica	6. Formación insuficiente en SST de las autoridades locales	6. Jornadas de trabajo prolongadas
7. Exposición combinada a vibraciones y trabajo muscular	7. Gases de escape de motores diésel	7. <i>Riesgos biológicos en plantas de tratamiento de residuos</i>	7. Intensificación del trabajo
8. Complejidad de las nuevas tecnologías, de los procesos de trabajo y de las interfaces hombre-máquina	8. Isocianatos	8. Exposición combinada a bioaerosoles y productos químicos	8. Producción ajustada y subcontratación
9. Protección insuficiente para los grupos de alto riesgo contra los riesgos ergonómicos consecuencia de estar mucho tiempo de pie	9. Fibras minerales artificiales	9. Endotoxinas	9. <i>Excesiva exigencia emocional en el trabajo</i>
10. Aumento general de la exposición a radiaciones ultravioletas durante y fuera del tiempo de trabajo	10. <i>Sustancias peligrosas en el sector de la construcción</i>	10. Mohos en los lugares de trabajo interiores	10. Desequilibrio entre vida laboral y personal

Tabla 5. Principales RNE físicos, químicos, biológicos y psicosociales (a partir de Flaspöler et al, 2005; Brun et al, 2007a, 2007b, 2009). (Los RNE en cursiva son especialmente característicos de otros sectores o procesos distintos de los de fabricación.)

cosocial son aquellos que se encuentran muy automatizados. Dicha circunstancia se debe a las siguientes variables: la reducción de la actividad física, mayores posturas estáticas y mayor carga de trabajo mental (p. ej. en tareas de supervisión y control); menor privacidad en el trabajo (la tecnología permite una supervisión más estrecha e intrusiva), y mayores problemas en la toma de decisiones (Flaspöler et al., 2009).

La complejidad de las nuevas tecnologías y las interfaces hombre-máquina (HMI): a medida que la ciencia y la tecnología avanzan, existen máquinas cada vez más complejas, así como una automatización cada vez más extendida en

el lugar de trabajo. Los HMI regulan el flujo de información desde la máquina hacia el usuario (en términos de pantallas, sonidos de aviso, etcétera) y desde el usuario hacia la máquina (en términos de dispositivos de entrada o de control, tales como teclados, interruptores, palancas y demás) (Flaspöler et al, 2009).

Las características físicas de los puestos de trabajo, tales como un mal diseño ergonómico de los HMI, aumentan la tensión mental y emocional que sufren los trabajadores y, por tanto, la incidencia de los errores humanos y el riesgo de accidentes (EU-OSHA, 2005). En consecuencia, un diseño adecuado de los HMI resulta esencial.

Deficientes diseños en los HMI pueden dar lugar a accidentes laborales de diferentes formas. La causa más común es un error operativo que surja de, por ejemplo, la incapacidad (del usuario) para entender o actuar sobre la información proporcionada por la máquina o la incapacidad para controlar la máquina correctamente, por ejemplo debido a un error de entrada. Muchos de los accidentes, sin embargo, también se pueden atribuir a que los HMI no están adaptados a las operaciones no rutinarias, tales como las de mantenimiento o reparación. Asimismo, un HMI mal diseñado también puede fomentar acciones inapropiadas, como tomar atajos o hacer modificacio-

RNE característicos de otros procesos distintos de los de fabricación		Criterios
Químicos	10. Sustancias peligrosas en el sector de la construcción	RNE de aplicación al sector de la construcción (Sección F de NACE) (Brun et al, 2009)
	5. Sustancias peligrosas en el tratamiento de residuos	Estos RNE se encuentran principalmente en las actividades de recogida, tratamiento y eliminación de residuos, tanto urbanos, sanitarios como industriales (Sección E de NACE). Los trabajadores más expuestos a estos RNE son los que participan en la recolección, procesamiento y reciclaje de los residuos, especialmente los que trabajan en la recogida de residuos domésticos o en vertederos, incineradoras, instalaciones de recuperación de recursos y las plantas de compostaje (Brun et al, 2007b, 2009)
Biológicos	7. Riesgos biológicos en plantas de tratamiento de residuos	
	3. Exposición a microorganismos resistentes a los medicamentos	Este RNE se identifica principalmente en el sector de la salud (trabajadores sociales, técnicos de laboratorio, etc.) y la industria ganadera, así como en la de fabricación de alimentos ⁷ (afecta a manipuladores de animales, agricultores, trabajadores de granjas de engorde de pollos y producción de aves de corral, matarifes, carniceros, etc.) (Brun et al, 2007b)
Psicosociales	9. Excesiva exigencia emocional en el trabajo	Esta cuestión genera gran preocupación, sobre todo en los sectores de la asistencia sanitaria y de los servicios en general (EU-OSHA, 2007b; Gracia et al, 2006)

Tabla 6. RNE característicos de principalmente otros procesos distintos de los de fabricación.

nes a la máquina, tales como puentear dispositivos de seguridad, aspectos estos que, a menudo, causan accidentes. Por otra parte, el logro de un buen HMI no termina con un diseño adecuado (proceso en el que las opiniones de los usuarios resultan esenciales). La implementación de la nueva tecnología y su combinación con las máquinas e instalaciones ya existentes en el lugar de trabajo es vital, y este aspecto, a menudo, pasa por alto (Flaspöler et al, 2009).

Incomodidad térmica: el interés por la valoración del grado de confort térmico surgió como una consecuencia de la aparición de las técnicas de acondicionamiento de aire, cuyo fin era, justamente, lograr que las personas se sintieran cómodas, precisándose, por tanto, métodos que permitieran evaluar en qué medida se alcanzaban sus objetivos (Castejón, 1983). La metodología de valoración del ambiente térmico se basa en la respuesta humana a las diferentes situaciones generadas por la combinación de las seis variables que definen el ambiente térmico, cuatro ambientales y dos ligadas al individuo, que son: la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la humedad relativa, la velocidad del aire, la actividad metabólica y el aislamiento del vestido (Hernández, 2008a). El impacto del confort térmico sobre el estrés y el bienestar de los trabajadores todavía no se ha evaluado como corresponde. La incomodidad térmica puede llegar a disminuir el rendimiento y minar una conducta que respete los preceptos de seguridad, aumentando, por tanto, la

probabilidad de que se produzcan accidentes laborales (EU-OSHA, 2005).

En los puestos de trabajo industriales se ha identificado la falta de medidas contra la incomodidad térmica, donde, hasta el momento, solo se ha actuado contra el estrés térmico (Flaspöler et al, 2005). Una combinación desfavorable de las seis variables indicadas anteriormente puede darse en cualquier proceso de fabricación. No obstante, existen procesos *per se* que podrán influir especialmente en las condiciones ambientales, como aquellos con fuentes importantes de calor radiante (p. ej. extrusión e inyección, tratamiento térmico de metales, tecnologías de fundición, etcétera) o procesos que utilizan fluidos de corte (como ciertos procesos de mecanizado, corte de piedras y demás).

Radiación ultravioleta (UV): la radiación UV es una radiación electromagnética no ionizante, cuya longitud de onda está comprendida entre 100 y 400 nm (EU-OSHA, 2009a). La región ultravioleta se divide en UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) y UVC (100-280 nm) (RD 486/2010). La exposición excesiva a esta radiación puede ser peligrosa, dependiendo de la gravedad del riesgo de la longitud de onda, de la intensidad y de la duración de la exposición (EU-OSHA, 2009a).

La exposición a la radiación UV es acumulativa, de forma que cuanto más tiempo estén expuestos los trabajadores a la misma durante el horario laboral y fuera del mismo, tanto más sensibles serán a dicha radiación en el trabajo. Esto implica, por tanto, la necesidad de tomar

medidas preventivas en el lugar de trabajo (EU-OSHA, 2005).

Se estima que los trabajadores que desarrollan su actividad en interiores están expuestos a una dosis anual de radiación UV solar de cerca de 40-160 veces la DME (dosis mínima eritema), en función de las actividades al aire libre que lleven a cabo durante el tiempo libre (IARC, 1997). De esta forma, las fuentes de radiación UV artificiales pueden contribuir de manera significativa a la dosis de exposición personal total (NRPB, 2002), que tiene importantes consecuencias en términos de resultados para la salud (Diepgen y Drexler, 2004).

Existen numerosos PF en los que pueden existir radiaciones UV artificiales que supongan un riesgo para los trabajadores, como: vidrio, cerámica, azulejos, molinos de laminación (Pérez-Gómez et al, 2004), soldadura por arco (IARC, 1997; NRPB, 2002), etcétera. Además de los propios PF, ciertas luminarias industriales también pueden ser un riesgo por emisión de radiación UV: las lámparas de tungsteno sin apantallar pueden emitir niveles que conducen al eritema. Igualmente, resultan peligrosas las lámparas de *descarga de alta intensidad* (HID) si se utilizan sin la envolvente secundaria de vidrio exterior (NRPB, 2002).

RNE químicos

Nanopartículas (NP) y partículas ultrafinas (PUF): recientemente (octubre de 2011) se ha definido de manera oficial el término nanomaterial de la

siguiente forma (Diario Oficial de la Unión Europea, 2011): “un material natural, secundario o fabricado que contenga partículas, sueltas o formando un agregado o aglomerado y en el que el 50% o más de las partículas en la granulometría numérica presente una o más dimensiones externas en el intervalo de tamaños comprendido entre 1 nm y 100 nm”. Aunque no hay distinción formal entre las PUF y NP, el término ultrafino se utiliza con frecuencia para partículas con diámetros de nanómetros, que no hayan sido producidos de forma intencional, pero son subproductos de los procesos que implican combustión (por ejemplo, gases de escape diésel) o PF con alta energía (por ejemplo, soldadura o procesos abrasivos) (Brun et al, 2009).

La acción preventiva frente a los riesgos derivados de las NP aborda dos aspectos: la prevención de incendios y explosiones, que se deriva de su condición de partículas materiales en el ambiente de trabajo y la vinculada a su posible toxicidad (Rosell y Pujol, 2008).

A continuación, se enumeran varios ejemplos de PF en los que se pueden generar PUF y NP (Instituto Riojano de Salud Laboral, 2011):

– Procesos cuyo objetivo no es la producción de nanoobjetos ni la aplicación de estos, pero que durante dichos procesos se pueden generar involuntariamente PUF:

- Procesos térmicos: entre otros, fundición y refinado de metales, soldadura, humos de vulcanización, tratamientos térmicos de superficies (láser, proyección térmica, etcétera).

- Procesos de mecánicos: mecanizado, lijado, perforación, pulido y demás.

- Procesos que impliquen combustión: emisión de motor diésel, gasolina o gas, calefacción de gas.

- Otros: polvo generado en los procesos de manipulación de pinturas, pigmentos, fabricación de cemento, etcétera.

– Procesos en los que existe exposición durante la fabricación y el uso intencional de nanoobjetos y nanomateriales (generación deliberada de NP mediante nanotecnologías). En este caso, la exposición se puede dar en todas las etapas de producción, por ejemplo en distintos PF de los sectores de la automoción, electrónica, industria de semiconductores y demás.

Resinas epoxi: las resinas epoxi son uno de los sistemas poliméricos más importantes y ampliamente utilizados, y son una causa importante de dermatitis alérgica por contacto de carácter profesional. La sensibilización de la piel⁹, la irritación de los ojos y del tracto respi-

torio, la urticaria de contacto, la rinitis y el asma también entran dentro de las enfermedades consideradas (Brun et al, 2009). La epichlorhidrina, utilizada para obtener resinas epoxi, está clasificada como un carcinógeno del grupo 2A (probablemente cancerígeno para los seres humanos) por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y como “un carcinógeno de categoría 2” en la clasificación de la UE (Brun et al, 2009; EU-OSHA, 2009b).

Las resinas epoxi se usan en muchos PF. Pintores, trabajadores de la industria eléctrica y electrónica, y los empleados en la fabricación de productos compuestos (p. ej. las palas de los aerogeneradores, cabinas de grandes aviones, etcétera) forman los grupos de mayor riesgo (Brun et al, 2009).

Isocianatos: los isocianatos son compuestos muy reactivos y de uso frecuente en el ámbito industrial. Principalmente, se usan en industrias de pinturas y recubrimientos, fabricación de poliuretanos y como adhesivos. Los poliuretanos se forman como resultado de una reacción química entre el grupo isocianato (CNO) y el grupo hidroxilo (OH) de los poliésteres y poliéteres (Santolaya, 1999). La principal aplicación del poliuretano es en espumas (Groover, 2007). Se trata de fuertes sensibilizadores asociados al asma e irritantes de las membranas mucosas. El contacto directo con la piel⁹ puede causar graves inflamaciones y dermatitis (EU-OSHA, 2009b).

La vía principal de exposición laboral a los isocianatos es la inhalación de vapores o aerosoles, aunque también puede ocurrir la exposición por contacto con la piel durante el manejo de isocianatos líquidos. Normalmente ocurre la exposición laboral durante la producción y uso de isocianatos, en particular durante los procesos de mezcla y espumación en la industria de espumas de poliuretano. También puede presentarse la exposición a los isocianatos suspendidos en el aire debido al derretimiento o incineración de espumas de poliuretano cuando se apagan incendios (NIOSH, 1996).

La exposición a los isocianatos tiene lugar no solo durante la fase de fabricación de los mismos, sino también al usar los productos de poliuretano que contienen isocianatos en procesos como (Guasch y Mendaza, 1985; Groover, 2007; EU-OSHA, 2009b): procesos de unión (soldadura, adhesivos), industria del automóvil y de los electrodomésticos, tecnologías de fundición (moldes) y procesos abrasivos, entre otros.

Fibras minerales artificiales: la Organización Mundial de la Salud ha dado la siguiente definición de fibra respirable: “Partícula elongada de longitud > 5 µm, diámetro < 3 µm y relación longitud/diámetro igual o mayor de 3 (OMS, 1997; Arroyo, 2003).

Las fibras minerales artificiales (FMA) son las fibras manufacturadas más importantes por su volumen de fabricación y consumo. Se crean diferentes tipos de FMA con diferentes materias primas y distintos procesos de *fibrización*. Las FMA más comunes tienen estructura vítrea, por lo que también son conocidas bajo la denominación de fibras vítreas artificiales (FVA), pero también se fabrican FMA con estructura monocristalina y policristalina (Arroyo, 2003; EU-OSHA, 2009b).

La inhalación de estructuras fibrosas incrementa el potencial inflamatorio, citotóxico y cancerígeno: cuanto mayor y más delgada sea la fibra, más peligrosa es. Aunque algunas FMA constan en la clasificación de la Unión Europea como agentes cancerígenos de la categoría 2 (por ejemplo, la lana de aluminio silicato / fibras cerámicas refractarias y fibras de vidrio de finalidad específica de tipo E), es necesario recopilar información sobre la toxicidad de las FMA aún sin clasificar (EU-OSHA, 2009b).

Los PF y aplicaciones de las FMA son numerosos. A continuación, se citan algunos ejemplos: fibras cerámicas refractarias (FCR): aislamiento térmico a altas temperaturas en hornos o altos hornos y moldes de fundición; lanas minerales: aislamiento térmico y acústico en la edificación; fibra de vidrio: aplicaciones de filtrado y en la industria aeroespacial y aeronáutica como aislante térmico; fibras de carbono: en aeronáutica; fibras de titanio de potasio: para reforzar materiales compuestos a alta temperatura; fibras de alúmina: aislamiento térmico a alta temperatura, etcétera (Brun et al, 2009). La exposición durante la producción de estas fibras es generalmente baja (Brun et al, 2009). Sin embargo, los trabajadores que manipulan productos basados en estas fibras, especialmente durante la instalación, mantenimiento y operaciones de desmontaje, pueden estar muy expuestos (AFSSET, 2007; Guimon y Roos, 2001). Por ejemplo, el Instituto Nacional de Investigación de Seguridad (INRS) francés y ocho laboratorios de las Cajas Regionales del Seguro de Enfermedad (CRAM) llevaron a cabo un estudio sobre la exposición laboral a fibras cerámicas refractarias (FCR), y se identificaron las exposiciones más altas de FCR en los tra-

Sustrato	Hongos/bacterias	Proceso de fabricación
Materias plásticas	<i>Aspergillus, Aureobasidium, Penicillium</i>	Conformado de plásticos
Aluminio y acero	<i>Aspergillus, Trichoderma</i>	Fundición
Pinturas y adhesivos	<i>Aireobasidium, Phoma, Cladosporium, Alternaria, Fusarium, Trichoderma, Gliomastix, Penicillium</i>	Procesos con unión de adhesivos
Fluidos de corte	<i>Fusarium. Bacterias: Pseudomonas</i>	Mecanizado

Tabla 7. Ejemplos de PF asociados a sustratos que pueden dar lugar a hongos/bacterias (a partir de Hernández, 2008b).

bajos que implicaban el desmontaje e instalación de materiales compuestos de FCR, así como durante el acabado de piezas fabricadas con dichas fibras (INRS, 2003, 2008; Brun et al, 2009).

RNE biológicos

Mantenimiento de aire acondicionado y sistemas de agua y mohos interiores: el mantenimiento inadecuado de los sistemas de acondicionamiento del aire y abastecimiento de agua da lugar al crecimiento y propagación de agentes biológicos en los interiores (Brun et al, 2007b). De entre estos agentes biológicos, destacan la legionela (bacteria) y los hongos (Martí et al, 1998, 1999; EU-OSHA, 2003; Brun et al, 2007b;). En cuanto a las concentraciones de hongos en interiores dependen de varios factores, entre los que se encuentran: temperatura, alta humedad interior (más del 60%), condensación en ventanas y superficies frías, ventilación insuficiente, mantenimiento inadecuado y presencia de algunos reservorios específicos de contaminación (Brun et al, 2007b).

El término legionelosis hace referencia a las enfermedades causadas por la bacteria de la legionela. Básicamente, estas enfermedades son dos: la enfermedad del legionario y la fiebre de Pontiac (Martí et al, 1999). Los hongos pueden causar diferentes tipos de enfermedades o alteraciones de la salud, por ejemplo: enfermedades infecciosas, alergias, síndrome del edificio enfermo y cáncer debido a micotoxinas carcinogénicas (Martí et al, 1998).

En cuanto a ejemplos de PF en los que pueden surgir focos de contaminantes biológicos, especialmente legionela, destacan desde una perspectiva general los sistemas de aire acondicionado, las torres de refrigeración y equipos de enfriamiento evaporativos. Y desde un punto de vista más específico, es decir, más centrado en el proceso en sí mismo, se pueden enumerar, por ejemplo, el mecanizado con fluidos de corte (Skerlos et

al, 2003), otros sistemas que contengan agua ($T^a > 20^{\circ}\text{C}$) y que puedan liberar aerosoles (EU-OSHA, 2011), operaciones de colada (OIT, 2003), operaciones de limpieza, desengrase, etcétera, mediante máquinas de vapor por ultrasonidos (Guerrant et al, 2002) y agua a presión (EU-OSHA, 2011).

En cuanto a ejemplos de PF asociados a sustratos susceptibles de generar mohos (hongos pluricelulares o filamentosos) interiores, se muestran en la tabla 7.

Endotoxinas: las endotoxinas son un componente de la membrana exterior de las bacterias gramnegativas. Se trata de agregados macromoleculares de alrededor de 1 millón de daltons (endotoxina libre). Las bacterias gramnegativas se presentan en el medio ambiente, principalmente contaminando los vegetales, y se detectan muy a menudo en las plantas de algodón. Estas bacterias se multiplican rápidamente en el agua estancada ya que requieren muy

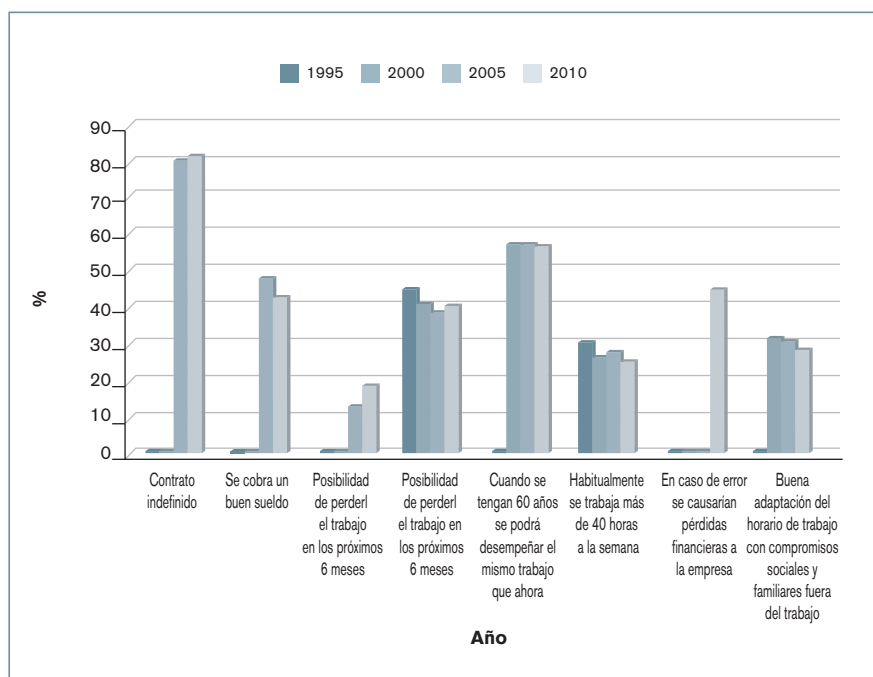
pocos nutrientes (Martí et al, 1996).

Los efectos clínicos van desde fiebre, enfermedades infecciosas, efectos tóxicos agudos, alergias, STPO, bronquitis crónica y síndromes asmáticos, hasta shock séptico, fallo orgánico e incluso la muerte (EU-OSHA, 2007a). La respuesta de los seres humanos a las endotoxinas varía en función de la dosis, la vía de exposición y la rapidez de su liberación en la circulación sanguínea (Brun et al, 2007b).

Se han identificado distintos PF en los que puede identificarse el riesgo por exposición a endotoxinas, por ejemplo los relacionados con las siguientes industrias: textil, del papel y la del metal (Brun et al, 2007b) (incluyendo el reciclado de metal, como aluminio, cobre y cinc [HSE, 2003]).

Bioaerosoles más productos químicos: bioaerosol es el nombre con que se denomina la mezcla compleja de los distintos componentes de los agentes biológicos que se encuentra suspendida en

Figura 2. Distribución en la industria de la Unión Europea-15 de determinados factores de riesgo asociados a los RNE psicosociales enumerados en la tabla 4. Elaboración propia. (EWCS, 2010.)



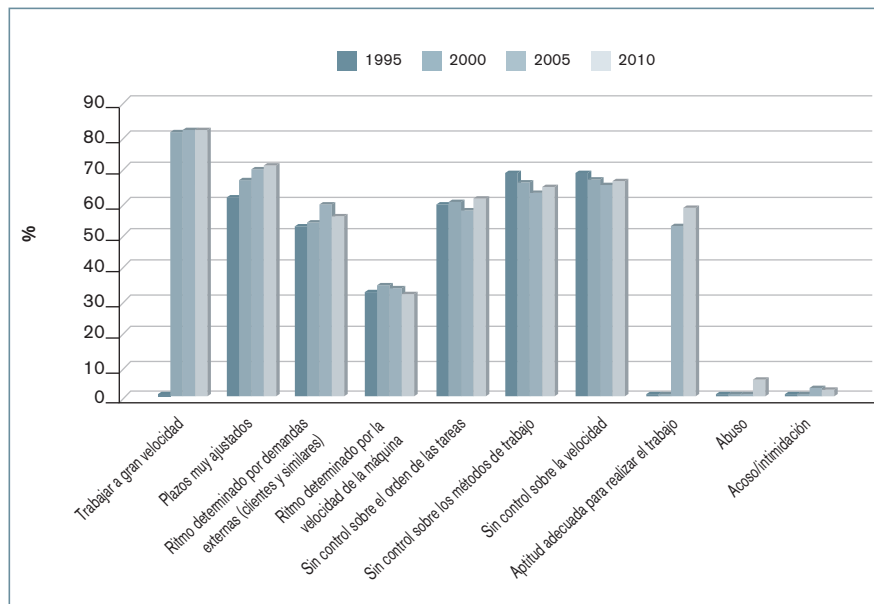


Figura 3. Distribución en la industria de determinados factores de riesgo del estrés relacionado con el trabajo en la Unión Europea-15. Elaboración propia. (EWCS, 2010.)

el aire. En los bioaerosoles se pueden encontrar los microorganismos (cultivables, contables y los muertos) y los fragmentos, toxinas y partículas producto de los desechos de todo tipo, cuyo origen es la materia viva (Hernández, 2001).

Aunque los posibles efectos sobre la salud de la exposición combinada a bioaerosoles y productos químicos son numerosos, es difícil saber qué componentes producen qué efectos concretos (EU-OSHA, 2007a). Dichos efectos combinados han sido muy poco estudiados, pero se sabe que dan lugar a alergias: un mejor conocimiento puede desvelar las causas multifactoriales de síntomas respecto a los que se han dado hasta la fecha explicaciones monocausales (Savolainen y Sas, 2006; Brun et al, 2007b). Si los riesgos asociados a los agentes biológicos son difíciles de evaluar, los derivados de la exposición combinada a esos agentes y a productos químicos plantean todavía más problemas (EU-OSHA, 2007a).

En la tabla 7, se muestran ejemplos de PF asociados a sustratos susceptibles de generar determinados agentes biológicos y que a su vez se pueden combinar con productos químicos propios de cada proceso considerado.

RNE psicosociales

En la actualidad, los factores psicosociales se han reconocido, en general, como cuestiones mundiales que afectan a todos los países, profesiones y trabajadores (OIT, 2010). Los riesgos psicosociales guardan relación con la manera en que se planifica, organiza y gestiona el trabajo, así como con el contexto socioe-

conómico del mismo, y sus efectos son un mayor nivel de estrés y un riesgo de deterioro grave de la salud física y mental (EU-OSHA, 2010). Si bien es necesario realizar más investigaciones para comprender plenamente sus consecuencias, también está aceptado que dichos factores pueden tener efectos considerables en la salud, el absentismo y el rendimiento de los trabajadores (OIT, 2010).

En la figura 2 se muestran ejemplos sobre la distribución en la industria¹⁰ de la Unión Europea-15 de determinados factores de riesgo asociados a los RNE psicosociales enumerados en la tabla 4, según se desprende de la 5ª Encuesta Europea sobre Condiciones de Trabajo, efectuada en 2010 (EWCS, 2010).

En cuanto a los factores que favorecen los riesgos psicosociales que más preocupan a los directivos son el apremio de tiempo (52%) y los contactos conflictivos con clientes, pacientes, etcétera (50%) (EU-OSHA, 2010).

Entre los factores de riesgo del estrés en el trabajo cabe citar el trabajo a una elevada velocidad y con plazos muy justos, el ritmo de trabajo determinado por la demanda externa o por la velocidad de la maquinaria, interrupciones imprevistas en el trabajo, la falta de correspondencia entre la capacitación y las exigencias del puesto de trabajo y la intimidación y el acoso sexual (EU-OSHA, 2009a). Al respecto, se muestra en la figura 3 un ejemplo de los resultados aplicados a la industria en general¹⁰ (EWCS, 2010).

Conclusiones

Uno de los aspectos más significativos considerados en el presente trabajo radica en la relación existente entre varios RNE y los PF que utilizan nuevas tecnologías, incluyendo nuevos procesos de trabajo o nuevas sustancias (también denominados procesos de fabricación avanzada), como aquellos que tienen integradas tecnologías de control numérico, robótica o nanotecnologías.

Evidentemente, resulta incuestionable que dichas tecnologías aportan innumerables ventajas y beneficios a todos los niveles, incluyendo las condiciones en materia de PRL, pero también son susceptibles de generar RNE, es decir, en muchos casos se reducen o eliminan los riesgos más tradicionales, pero al mismo tiempo es posible que se estén generando otros nuevos.

Los RNE también están relacionados con otras variables no menos importantes cambiantes en el trabajo, como la globalización y el mercado de trabajo. No obstante, no deben relacionarse los RNE únicamente con nuevas variables laborales, ya que atendiendo a su definición, existen otras circunstancias que pueden dar lugar a RNE, como un cambio en la percepción social o un nuevo conocimiento científico.

Otro aspecto importante destacable es el relativo a los RNE que implican una exposición combinada, que tal como pueden observarse en las tablas de la 1 a la 5, son varios los casos: vibraciones y posturas forzadas, bioaerosoles y productos químicos, trastornos musculoesqueléticos y factores de riesgo psicosocial, etcétera. Dichas exposiciones son frecuentes en numerosos PF. No obstante, el resultado de la necesaria evaluación de riesgos en cada situación concreta determinará en su caso la necesidad de llevar a cabo acciones preventivas/correctivas, así como las características de las mismas.

Finalmente, resulta necesario continuar investigando en materia de RNE, tanto en su identificación como en su prevención, incluyendo entre otros aspectos el desarrollo de herramientas de evaluación verdaderamente eficaces, que faciliten su empleo y que se traduzcan en resultados positivos para la PRL que redunden en el incremento de la competitividad y la productividad de las empresas.

Agradecimientos

El autor agradece al profesor Miguel Ángel Sebastián Pérez, del Departamento de Ingeniería de Construcción y Fabricación de la UNED, el apoyo recibido para la elaboración del presente trabajo.

Notas

1. En el presente trabajo se utilizarán los términos *manufactura* y *fabricación* indistintamente.
2. Datos calculados a partir de la información disponible para el año 2007 en las bases de datos estadísticas de Eurostat, correspondientes a la Unión Europea-15 y a la Industria Manufacturera según Nomenclatura de Actividades Económicas de la Comunidad Europea (NACE) 2007. (Consultado en diciembre de 2011.)
3. En la fase 2 del proyecto *Previsión de riesgos nuevos y emergentes para la seguridad y la salud relacionados con las nuevas tecnologías en empleos verdes para el año 2020*, encargado por el Observatorio Europeo de Riesgos (ERO) de la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (EU-OSHA), se identificaron las tecnologías de fabricación como una de las nuevas tecnologías que podrían contribuir a crear riesgos nuevos y emergentes en empleos verdes para el año 2020. Este informe (fase 2) sirve como provisional a la totalidad del proyecto, que consta de tres fases (Ellwood et al, 2011). (La fase 3 está sin publicar a fecha de 19 diciembre de 2011.)
4. Tasa de incidencia estandarizada: número de accidentes de trabajo (con más de 3 días de baja -4 días de ausencia o más-) por cada 100.000 trabajadores (Eurostat, 2011).
5. Se trata de los primeros pasos llevados a cabo por EU-OSHA para la identificación de RNE (Flaspöler et al, 2005; Brun et al, 2007a, 2007b, 2009). Dichos informes son el resultado de una serie de consultas realizadas a expertos siguiendo la metodología Delphi, y han ido seguidos de numerosas revisiones bibliográficas e informes pomenorizados destinados a explorar los principales RNE identificados. Los resultados de carácter público de dichas revisiones e informes han sido consultados a lo largo del presente trabajo (véanse las referencias).
6. Valor medio (MV) de los puntos atribuidos por los expertos a cada RNE, según la escala Likert de cinco puntos (Flaspöler et al 2005; Brun et al, 2007a, 2007b, 2009).
7. Los criterios adoptados para considerar ciertos RNE como especialmente característicos de otros sectores o procesos distintos de los de fabricación no deben entenderse como exhaustivos o excluyentes (dada la especial dificultad de establecer líneas divisorias exactas), sino simplemente orientativos a los efectos de alcanzar los objetivos del presente trabajo de aplicación general a los PF.
8. Se trata de una distinción meramente práctica a efectos del presente trabajo que no pretende adjudicar mayor o menor importancia a los RNE considerados más cercanos a las características tecnológicas específicas de los PF.
9. Aunque no ha sido objeto de análisis en el presente trabajo el RNE por exposición dérmica, debe tenerse en cuenta que la misma es una vía importante de exposición en el trabajo a sustancias peligrosas. Los trastornos de la piel son la segunda enfermedad profesional más habitual en la Unión Europea, y los productos químicos son responsables de entre el 80% y el 90% de estas enfermedades (EU-OSHA, 2009b).
10. La herramienta de presentación gráfica de resultados utilizada (EWCS, 2010) permite el desglose de *actividad de la empresa u organización* únicamente en industria/servicios.

Bibliografía

Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET) (2007). *Les fibres minérales artificielles siliceuses. Fibres céramiques réfractaires. Fibres de verre à usage spécial.- Évaluation de l'exposition de la population générale et des travailleurs*, Afsset. Disponible en:



Foto: Pictelia

http://www.afssa.fr/ET/DocumentsET/fibres_minerales_artificielles_siliceuses_2007.pdf. (Consultado en diciembre de 2011.)

*Arroyo Buezo MC (2003). *NTP 641: Fibras minerales artificiales y otras fibras diferentes del amianto (I): toxicología y clasificación*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.

**Brun E, Milczarek M, Roskams N et al (2007a). *Expert forecast on emerging psychosocial risks related occupational safety and health*. European Agency for Safety and Health at Work. European Risk Observatory, Bélgica.

**Brun E, Van Herpe S, Laamanen I et al (2007b). *Expert forecast on Emerging Biological Risks related to occupational safety and health*. European Agency for Safety and Health at Work. European Risk Observatory, Bélgica.

**Brun E, Beeck RO, Van Herpe S et al (2009). *Expert forecast on Emerging Chemical Risks related to occupational safety and health*. European Agency for Safety and Health at Work. European Risk Observatory Bélgica.

*Castejón E (1983). *NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.

Diario Oficial de la Unión Europea (2011). *Recomendación de la Comisión de 18 de octubre de 2011 relativa a la definición de nanomaterial (2011/696/UE)*. Disponible en: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:ES:PDF>. (Consultado en noviembre de 2011.)

Diepgen TL, Drexler H (2004). Skin cancer and occupational disease. *Hautarzt* 55(1):7-22.

**Ellwood P, Bradbrook S, Reynolds J, Duckworth M (2011). *Foresight of New and Emerging Risks to Occupational Safety and Health Associated with New Technologies in Green Jobs by 2020. Phase II - Key Technologies*. European Agency for Safety

and Health at Work. European Risk Observatory, Bélgica.

Eurofound. *Quinta Encuesta Europea sobre las Condiciones de Trabajo (EWCS-2010)* (2010). Disponible en: http://www.eurofound.europa.eu/surveys/ewcs/2010/index_es.htm. (Consultado en diciembre de 2011).

**European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA) (2003). *Agentes biológicos*. FACTS nº 41, Bélgica.

**European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA) (2005). *Previsiones de los expertos sobre riesgos físicos emergentes relacionados con la seguridad y salud en el trabajo*. FACTS nº 60, Bélgica.

**European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA) (2007a). *Previsiones de los expertos sobre riesgos biológicos emergentes relacionados con la seguridad y salud en el trabajo*. FACTS nº 68, Bélgica.

**European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA) (2007b). *Previsiones de los expertos sobre la aparición de riesgos psicosociales en relación con la seguridad y la salud en el trabajo*. FACTS nº 74, Bélgica.

**European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). *New and emerging risks in occupational safety and health*. Bélgica.

**European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA) (2009b). *Previsiones de los expertos sobre riesgos químicos emergentes relacionados con la seguridad y salud en el trabajo*. FACTS nº 84, Bélgica.

**European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA) (2010). *Encuesta europea de empresas sobre riesgos nuevos y emergentes (resumen)*.

**European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA) (2011). *Legionella and legionnaires' disease: European policies and good practices*. FACTS nº 100, Bélgica.

Eurostat (2007). *Gobernanza estadística, calidad y evaluación*. NACE Rev. 2. Estructura y notas expli-

- cativas. Disponible en: <http://www.ine.es/daco/daco42/clasificaciones/cnae09/notas.pdf>. (Consultado en diciembre de 2011.)
- Eurostat (2011). Comisión Europea. Disponible en: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/themes>. (Consultado en diciembre de 2011.)
- **Flaspöler E, Reinert D, Brun E (2005). *Expert forecast on Emerging Physical Risks related to occupational safety and health*. European Agency for Safety and Health at Work. European Risk Observatory, Bélgica.
- **Flaspöler E, Hauke A, Pappachan P et al (2009). *The human machine interface as an emerging risk*. European Agency for Safety and Health at Work. European Risk Observatory, Bélgica.
- *Gracia E, Martínez IM, Salanova M (2006). *NTP 720: El trabajo emocional: concepto y prevención*. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España.
- Griffin MJ, Seidel H, Bovenzi M, Benson AJ (2001). *Vibraciones*. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Organización Internacional del Trabajo. Vol. II, cap. 50, Ginebra. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/50.pdf>. (Consultado en septiembre de 2011.)
- Groover MP (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. McGraw-Hill, México. ISBN-13: 978-0-471-74485-6.
- Guimon M, Roos F (2001). *Les laines minérales d'isolation. Fiche Pratique de Securite, ED 93*. Institute National de Recherche et de Securite (INRS). Disponible en: <http://www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/publications.html?refINRS=ED%2093>. (Consultado en diciembre de 2011.)
- *Guasch Farrás J, Luna Mendaza P (1985). *NTP 148: Riesgos higiénicos por isocianatos*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.
- Guerrant RL, Walker DH, Weller PF (2002). *Enfermedades infecciosas tropicales*. Elsevier Science, Madrid. ISBN-13-84-8174-618-5.
- Health and Safety Executive (HSE) (2003). *How to reduce exposure to dioxins in aluminium recycling*. Health and Safety Executive (HSE). INDG 377-05/03-C20, United Kingdom. Disponible en: <http://www.hse.gov.uk/pubns/indg377.pdf>. (Consultado en diciembre de 2011.)
- *Hernández Calleja A. (2001). *NTP 608: Agentes biológicos: planificación de la medición*. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.
- *Hernández Calleja A (2008a). *NTP 779: Bienestar térmico: criterios de diseño para ambientes térmicos confortables*. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.
- *Hernández Calleja A (2008b). *NTP 802: Agentes biológicos no infecciosos: enfermedades respiratorias*. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.
- International Agency for Research on Cancer (IARC) (1997). *Solar and ultraviolet radiation. Summary of data reported and evaluation*. IARC Monographs, vol. 55. Disponible en: <http://www.cie.iaarc.fr/htdocs/monographs/vol55/solar-and-uv-radiation.htm>. (Consultado en diciembre de 2011.)
- Institute National de Recherche et de Securite (INRS) (2003). *Exposition professionnelle aux fibres céramiques réfractaires. Mesures de prévention lors de l'utilisation*. N° 191, 2°T: 5-28. Disponible en: [http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/inrs01_catalog_view/26455355F794B848C1256DC10049C631/\\$File/nd2189.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/inrs01_catalog_view/26455355F794B848C1256DC10049C631/$File/nd2189.pdf). (Consultado en diciembre de 2011.)
- Institute National de Recherche et de Securite (INRS) (2008). *Les fibres (dossier)*. Disponible en: [http://www.inrs.fr/INRS-PUB/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/Dossier%20Fibres/\\$File/Visu.html](http://www.inrs.fr/INRS-PUB/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/Dossier%20Fibres/$File/Visu.html). (Consultado en diciembre de 2011.)
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) (2011). *Base de datos de vibraciones mecánicas (valores de exposición)*. Centro Nacional de Verificación de Maquinaria (INSHT). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. Disponible en: <http://vibraciones.insht.es:86/> (Consultado en diciembre de 2011.)
- Instituto Riojano de Salud Laboral (2011). *La seguridad y salud en la exposición a nanopartículas. Por un desarrollo seguro de las nanotecnologías*. Disponible en http://www.larioja.org/upload/documentos/557016_NANOPARTICULAS.pdf?dtab=431806. (Consultado en septiembre de 2011.)
- Kalpakjian S, Schmid S (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educación, México. ISBN-13: 978-970-26-1026-7.
- *Martí M, Alonso RM, Constans A. (1996). *NTP 422: Endotoxinas en ambientes laborales*. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo (INSHT). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.
- *Martí MC, Alonso RM, Constans A (1998). *NTP 488: Calidad de aire interior: identificación de hongos*. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.
- *Martí MC, Alonso RM, Constans A (1999). *NTP 538 Legionelosis: medidas de prevención y control en instalaciones de suministro de agua*. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.
- National Radiological Protection Board (NRPB) (2002). *Health effects from ultraviolet radiation: report of an advisory group on non-ionising radiation*. Documents of the NRPB, vol. 13(1). Disponible en: http://www.hpa.org.uk/webc/HPAwebFile/HPAweb_C/1194947340456. (Consultado en diciembre de 2011.)
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (1996). *Prevención de asma y muertes por exposición a disocianatos*. Publicación de NIOSH núm. 96-111. Disponible en: <http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/96-111sp.html>. (Consultado en diciembre de 2011.)
- Organización Internacional del Trabajo (OIT) (2003). *La seguridad y la salud en las industrias de los metales no ferrosos*. Oficina Internacional del Trabajo, Ginebra. Disponible en: http://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/2003/103B09_34_span.pdf. (Consultado en diciembre de 2011.)
- Organización Internacional del Trabajo (OIT) (2010). *Riesgos emergentes y nuevos modelos de prevención en un mundo de trabajo en transformación*, Suiza. Disponible en: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-ed_protect/-protrav/-safework/documents/publication/wcms_124341.pdf. (Consultado en diciembre de 2011.)
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (1997). *Determination of airborne fibre number concentrations - a recommended method, by phase contrast optical microscopy (membrane filter method)*. Organización Internacional del Trabajo, Ginebra. Disponible en: http://www.who.int/occupational_health/publications/en/oehairbornefibre1.pdf. (Consultado en diciembre de 2011.)
- Pérez-Gómez B, Pollan M, Gustavsson P et al (2004). *Cutaneous melanoma: hints from occupational risks by anatomic cite in Swedish men*. *Occupational Environmental Medicine* 61:1:17-26.
- Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales. Ministerio de Trabajo e Inmigración. Gobierno de España. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/2010/486_2010Opticas/PDFs/realdecreto4862010de23deabrilsobrelaprotecciondelasal.pdf. (Consultado en septiembre de 2011.)
- *Rosell MG, Pujol L (2008). *NTP 797: Riesgos asociados a la nanotecnología*. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo (INSHT). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.
- *Santolaya C (1999). *NTP 535: Isocianatos: control ambiental de la exposición*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.
- **Savolainen K, Sas K (2006). *Promoción de la investigación sobre seguridad y salud en el trabajo en la Unión Europea: riesgo nuevo y emergente en SST; anticipación y tratamiento del cambio en el lugar de trabajo mediante la coordinación de la investigación sobre SST*. European Agency for Safety and Health at Work. FACTS n° 15, Bélgica.
- Skerlos SJ, Skerlos LA, Aguilar CA, Zhao F (2003). *Expeditive Identification and Quantification of Mycobacteria Species in Metalworking Fluids Using Peptide Nucleic Acid Probes*. *Journal of Manufacturing Systems* 22-2:136-47.
- * Las notas técnicas de prevención (NTP) publicadas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) están disponibles en: <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.a82abc159115c8090128ca10060961ca?vgnextoid=db2c46a815c83110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>. (Consultado en diciembre de 2011.)
- ** Los documentos publicados por la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (EU-OSHA) se encuentran disponibles en: <http://osha.europa.eu/en/publications>. (Consultado en diciembre de 2011.)

Francisco Brocal Fernández

francisco.brocal@ua.es

Ingeniero técnico industrial e ingeniero de Organización Industrial (Universidad Politécnica de Valencia). Máster Universitario en Ingeniería Avanzada de Fabricación (UNED). Trabaja en el campo de la prevención de riesgos laborales desde 1998 y desde 2001 hasta la actualidad es técnico de Higiene Industrial del Servicio de Prevención de la Universidad de Alicante.
