

# Características estructurales y tecnológicas del riesgo laboral emergente en entornos de fabricación

*Francisco Brocal Fernández<sup>1</sup>*  
*Miguel Ángel Sebastián Pérez<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Universidad de Alicante, España.*

*Universidad Nacional de Educación a Distancia, España.*  
*francisco.brocal@ua.es*

*<sup>2</sup>Universidad Nacional de Educación a Distancia, España.*  
*msebastian@ind.uned.es*

## Resumen

En los entornos de fabricación pueden existir riesgos denominados por la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo como riesgos nuevos y emergentes. Con el presente trabajo se han analizado las características estructurales y tecnológicas de dichos riesgos aplicando recientes modelos. De los resultados obtenidos se desprende como principal conclusión que las descripciones de estos riesgos no permiten comprender sus cualidades nuevas y emergentes. No obstante, ha sido posible identificar entre dichos riesgos un conjunto de aspectos tecnológicos con el que establecer un punto de partida en materia de riesgos nuevos y emergentes en entornos de fabricación.

**Palabras clave:** Riesgo nuevo, riesgo emergente, seguridad laboral, fabricación, modelo de riesgo.

# Structural and Technological Features of the Emerging Occupational Hazard in Manufacturing Environments

## Abstract

In manufacturing environments there can be risks described by the European Agency for Safety and Health at Work as “new and emerging risks”. In this paper, structural and technological characteristics of these risks have been analyzed by applying new models. The main apparent conclusion from the results is that from the descriptions of those risks it is not possible to understand its new and emerging qualities. However, it has been possible to identify among those risks a set of technological aspects with which a starting point in the field of new and emerging risks in manufacturing environments can be established.

**Keywords:** New risk, emerging risk, occupational safety, manufacturing, risk model.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los entornos laborales con carácter general y en los de fabricación de forma particular, además de generarse riesgos laborales tradicionales pueden generar otros denominados por la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (European Agency for Safety and Health at Work, EU-OSHA) como riesgos nuevos y emergentes (New and Emerging Risks, NER), siendo su definición básica la de “cualquier riesgo nuevo que va en aumento”, dándose los primeros pasos por dicho organismo para la identificación de NER específicos con la publicación de cuatro informes, siendo los que configuran el marco de referencia del presente trabajo, cubriendo los riesgos físicos (Flaspöler *et al.*, 2005), biológicos (Brun *et al.*, 2007a), psicosociales (Brun *et al.*, 2007b) y químicos (Brun *et al.*, 2009).

La Organización Internacional en el Trabajo (ILO, 2010) señala la necesidad de investigar en el campo de los NER, contemplando entre otros escenarios cuando los mismos son el resultado de las nuevas tecnologías, procesos de trabajo o sustancias. En esta línea, en el estudio prospectivo sobre los NER asociados a las nuevas tecnologías en 2020, pu-

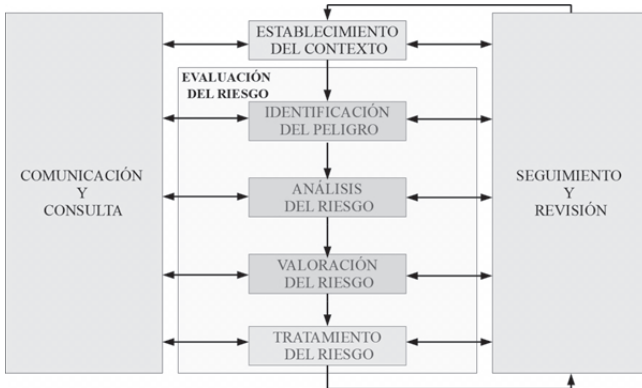
blicado por la EU-OSHA (Ellwood *et al.*, 2014) se seleccionaron las “Tecnologías y procesos de fabricación verdes, incluida la robótica y la automatización” entre las ocho nuevas tecnologías que podrían contribuir a crear NER en empleos verdes para el año 2020.

En este contexto, Brocal (2014) ha desarrollado su Tesis Doctoral donde se pone de manifiesto que la utilización directa de dichos NER en los procedimientos de evaluación de riesgos laborales aplicados a los nuevos entornos de fabricación, puede dar como resultado la identificación de riesgos laborales tradicionales en lugar de NER, debido principalmente a que los mismos se han definido sin seguir un modelo de riesgo de referencia.

Para corregir dicho problema de carácter estructural, con la citada Tesis Doctoral y publicaciones derivadas (Brocal, 2015; Brocal y Sebastián, 2015a, 2015b, 2015c), se ha desarrollado y aplicado un modelo de riesgo que resuelve la necesidad actual de un modelo de riesgo de referencia. Sin embargo, para la integración de dicho modelo en los entornos de fabricación, es necesario diseñar mecanismos que permitan ampliar el conocimiento científico-tecnológico de los NER en base a dicho modelo. Entre dichos mecanismos se encuentran los de divulgación científica, especialmente orientados hacia la comprensión multidisciplinar de las características estructurales y tecnológicas de los actuales NER, empleando para ello el nuevo modelo de riesgo propuesto como principal estrategia integradora, siendo este aspecto divulgativo el principal objetivo del presente trabajo.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El proceso general de evaluación de riesgos puede resumirse como un proceso global de identificación del peligro, análisis del riesgo y valoración del riesgo (adaptado de p.ej. HSE, 2008), formando parte dicho proceso de una estructura de gestión del riesgo, tal y como se muestra en la Figura 1. El proceso de identificación del riesgo incluye la identificación de las causas y del origen del riesgo, esto es, del peligro en el contexto de los daños físicos (EN 31010:2010). Así, se puede observar que para la correcta identificación de los riesgos laborales con carácter general, y de los NER de forma particular, es necesario distinguir adecuadamente entre los conceptos de “peligro” y “riesgo”, ya que no siempre tienen el mismo significado en todos los países ni en las distintas disciplinas científicas (EC, 1996), incluso en muchos casos, incluyendo el campo de la PRL se confunden o se consideran sinónimos (p.ej. CCOHS, 2013).



**Figura 1. Proceso general de gestión del riesgo laboral** (adaptado de EN 31010:2010; Głównczyńska-Woelke *et al.*, 2010; HSE, 2008; Gómez-Cano, 1996).

En un análisis realizado por Aven (2012) sobre el concepto del riesgo, se indica que es imposible presentar y discutir todas las definiciones sobre dicho concepto sugerido y usado en los campos de la ciencia del riesgo, por ello, en el presente trabajo, se toma como referencia no exhaustiva, un conjunto representativo de las definiciones de “peligro laboral” y “riesgo laboral”, utilizando para ello las normas internacionales OHSAS 18001:2007, ISO Guía 73:2009, ISO 31000:2009 y EN 31010:2010, así como aquellas otras definiciones dadas por la EC (1996), y por los siguientes organismos de prestigio internacional en el campo de la PRL, concretamente: CCOHS (2013), EU-OSHA (2013), HSE (2011) y NIOSH (Clemens *et al.*, 1998).

### 2.1. Modelo de riesgo laboral

Brocal y Sebastian (2015a), a partir del análisis de las normas y criterios de los organismos citados anteriormente, han desarrollado el siguiente modelo de riesgo, necesario para la modelización del NER:

**Definición 1.** *Modelo de riesgo (R):* un riesgo (R) es una estructura formada por cinco componentes, siendo: la fuente del riesgo (FR), las causas (C), los sucesos (S), las consecuencias (CO) y la probabilidad (P); pudiéndose expresar el conjunto según (1).

$$R = (FR, C, S, CO, P) \quad (1)$$

donde cada uno de dichos componentes, queda definido como sigue:

**Definición 1.1.** *Fuente del riesgo (FR):* peligro que da lugar a una fuente de daño potencial (adaptado de ISO Guía 73:2009); pudiendo ser la fuente: materiales, equipos, métodos o prácticas de trabajo (EU-OSHA, 2013). Y se entenderá como daño: el daño humano o deterioro de la salud, o una combinación de éstos (ISO Guía 73:2009), que además de poder recaer sobre alguien, también podrá hacerlo sobre algo (CCOHS, 2013).

**Definición 1.2.** *Causa (C):* acto o condición responsable de una acción o resultado (Clemens et al., 1998). O los hechos que informan sobre por qué ocurren o pueden ocurrir, tanto los accidentes como los incidentes (adaptado de Rodríguez de Prada, 1998).

**Definición 1.3.** *Suceso (S):* ocurrencia o cambio de un conjunto particular de circunstancias laborales que originan o pueden originar daños personales, a través accidentes de trabajo, incidentes y exposiciones a situaciones adversas (adaptado de Bestratén, 1995; RD 1/1994; Bernal, 1996; ISO Guía 73:2009).

**Definición 1.4.** *Consecuencias (CO):* daños personales: lesiones por accidentes de trabajo; enfermedades profesionales; fatiga; insatisfacción, estrés; patologías inespecíficas (Bestratén, 2004). Y las consecuencias derivadas de un incidente: resultado de cualquier suceso no esperado ni deseado que puede ocasionar daños a la propiedad, equipos, productos o al medio ambiente, pérdidas de producción o aumento de las responsabilidades legales (Rodríguez de Prada, 1998).

**Definición 1.5.** *Probabilidad (P):* indica la posibilidad de que algún hecho se produzca, que esta posibilidad está definida, medida o determinada objetiva o subjetivamente, cualitativa o cuantitativamente, y descrita utilizando términos generales o de forma matemática (tales como probabilidad o una frecuencia sobre un periodo de tiempo dado (ISO 31000:2009).

## 2.2. Modelo de NER

Como paso previo hacia a la explicación del modelo de NER, es necesario mostrar la definición de NER dada por la EU-OSHA, siendo la siguiente (Flaspöler *et al.*, 2005; Brun *et al.*, 2007a, 2007b, 2009):

**Definición 2.** *NER:* cualquier riesgo nuevo que va en aumento:

**Por «nuevo» se entiende que:**

- C1. el riesgo no existía anteriormente y está causado por nuevos procesos, nuevas tecnologías, nuevos tipos de lugar de trabajo, o por cambios sociales u organizativos; o que

- C2. se trata de un problema persistente que pasa a considerarse como un riesgo debido a un cambio en las percepciones sociales o públicas; o que
- C3. un nuevo conocimiento científico da lugar a que una cuestión no novedosa se identifique como riesgo.

**El riesgo «va en aumento» cuando:**

- C4. aumenta el número de peligros que dan lugar al mismo, o
- C5. la probabilidad de exposición al peligro que da lugar al riesgo aumenta (nivel de exposición y número de personas expuestas), o
- C6. el efecto del peligro sobre la salud de los trabajadores empeora (gravedad de los efectos sobre la salud y número de personas afectadas).

Según indican Brocal y Sebastián (2015a), dado que la definición de NER es la de “cualquier riesgo nuevo que va en aumento”, se desprende que para la configuración de un determinado NER, debe cumplirse al menos una de las condiciones que determinan un riesgo nuevo (codificadas del C1 al C3) y otra -al menos- de las condiciones relativas a cuando un riesgo va en aumento (codificadas del C4 al C6). Nótese que dichas codificaciones (Ci) no constan en la definición original de la EU-OSHA. Así, los citados autores determinan que siendo N el conjunto de las condiciones que definen un riesgo nuevo ( $N = \{C1, C2, C3\}$ ) y A el conjunto de las condiciones que definen un riesgo en aumento ( $A = \{C4, C5, C6\}$ ), el producto cartesiano de los conjuntos N y A será igual al conjunto de todos los pares ordenados (n, a) que se pueden formar con las condiciones que cumplen con la definición de NER, pudiéndose expresar según (2):

$$N \times A = \{(n, a): n \in N, a \in A\}$$

Por lo tanto, un determinado riesgo laboral (R) pertenecerá al conjunto de los NER si y solo si sus componentes satisfacen al menos un par ordenado (n, a) de los 9 posibles (3 x 3), tal y como se recoge en el ejemplo 1.

Ejemplo 1: “Complejidad de nuevas tecnologías, nuevos procesos e interfaces hombre-máquina que llevan a un incremento de la tensión mental y emocional (Flaspöler et al., 2005). Con este ejemplo se muestra un NER original, donde se observa directamente que se cumple con C1

debido a la existencia de nuevas fuentes de riesgo, así como con C6 debido a un incremento de la tensión mental y emocional. De este modo se deduce que los componentes del NER satisfacen el par ordenado (C1, C6). Sin embargo, este ejemplo representa una de las excepciones con las que se puede concluir mediante el único análisis de la propia descripción del NER, que efectivamente se trata de un NER. En otros muchos casos no es posible, tal y como fácilmente se desprende del ejemplo 2.

Ejemplo 2: “*Procesamiento y usos de nuevas sustancias*” (Brun et al., 2009).

La relación algebraica existente entre el conjunto de componentes del riesgo (1) y el conjunto de las condiciones (Ci) que definen un NER, Brocal y Sebastian (2015a) la expresan como sigue: siendo R el conjunto de componentes que configuran el riesgo (FR, C, S, CO, P), y siendo C el conjunto de condiciones que definen un NER (C1, C2, C3, C4, C5, C6), el producto cartesiano de los conjuntos R y C será igual al conjunto de todos los pares ordenados (r, c) que se pueden formar relacionando los componentes del riesgo y las condiciones, pudiéndose expresar según (3):

$$R \times C = \{(r, c) : r \in R, c \in C\} \quad (3)$$

Tras el análisis llevado a cabo por Brocal y Sebastián (2015a) de todos los pares ordenados algebraicamente posibles que resultan de aplicar (3), establecen que solo interesan aquellos subconjuntos compatibles entre sí en el marco de la definición de NER. Así, siendo N ( $N \subset R \times C$ ) el subconjunto de todos los pares ordenados que cumplen las condiciones que pueden definir un riesgo nuevo y siendo A ( $A \subset R \times C$ ) el subconjunto de todos los pares ordenados que cumplen las condiciones que pueden definir un riesgo que va en aumento, el modelo de NER queda definido como sigue:

**Definición 8.** *Modelo de NER:* un determinado riesgo laboral (R) pertenecerá al conjunto de los NER si y solo si, sus componentes configuran al menos un par ordenado (r, c) perteneciente al subconjunto de condiciones que pueden definir un riesgo nuevo (N) y al menos otro par ordenado (r, c) relativo al subconjunto de condiciones que pueden definir un riesgo en aumento (A), lo cual puede expresarse según (4).

$$R \in NER \text{ si } \exists (r, c) \in N \text{ y } \exists (r, c) \in A \quad (4)$$

donde los subconjuntos compatibles N y A están formados por los siguientes pares ordenados:

$$N = \{(FR, C1), (FR, C2), (FR, C3), (C, C1), (C, C2), (C, C3), (S, C2), (S, C3), (CO, C2), (CO, C3)\} \quad A = \{(FR, C4), (CO, C6), (P, C5)\}$$

### 2.3. Modelo de descomposición del NER

Brocal y Sebastian (2015a) han desarrollado el modelo de descomposición del NER que se expone a continuación con el objetivo de comprobar tanto la validez del modelo de NER (4) como de analizar la estructura y composición de todo NER, siendo:

**Definición 9.** *Modelo de descomposición del NER:* la descripción completa de todo NER identificado se puede descomponer en dos grupos de variables: (i) componentes según el modelo de riesgo (1); (ii) información complementaria (IC), que a su vez está formada por: ejemplos (E) y contexto productivo característico (CPC), pudiéndose expresar según (5).

$$NER \text{ descompuesto} = (R, IC) \quad (5)$$

Así, toda información contenida en la descripción completa del NER queda asignada a alguna de las variables de (5), pudiendo quedar variables sin asignar, tal y como se muestra con los ejemplos 3 y 4 (Tabla 1), obtenidos de Brocal y Sebastián (2015a, 2015b, 2015c).

## 3. METODOLOGÍA

Siendo el principal objetivo del presente trabajo la divulgación de las características estructurales y tecnológicas de los actuales NER a través de los nuevos modelos de riesgos desarrollados (1), (4) y (5), la metodología que se ha empleado para ello se compone de dos etapas específicas para cada conjunto características, siendo las que se desarrollan a continuación y se muestran esquemáticamente en la Figura 2.



**Tabla 1. Ejemplo 3 y 4. Descomposición del NER.**

NER (Descripción completa)	Componentes del riesgo					Información Compl.		
	FR	C	S	CO	P	E	CPC	
Pobre diseño ergonómico de los interfaces hombre-máquina (complejidad del interface hombre-máquina; elevados requerimientos de fuerza para trabajar con la máquina) (Flaspöler <i>et al.</i> , 2005)	Interfaces hombre-máquina	Pobre diseño ergonómico (complejidad del interface hombre-máquina; elevados requerimientos de fuerza para trabajar con la máquina)	-	-	-	-	-	
Industria de los semiconductores: exposición a humos de metal y polvo conduce a enfermedades respiratorias y de sensibilización dérmica (Brun <i>et al.</i> , 2009)	Humos de metal y polvo	-	-	Enfermedades respiratorias y de sensibilización dérmica	-	-	Industria de los semiconductores	

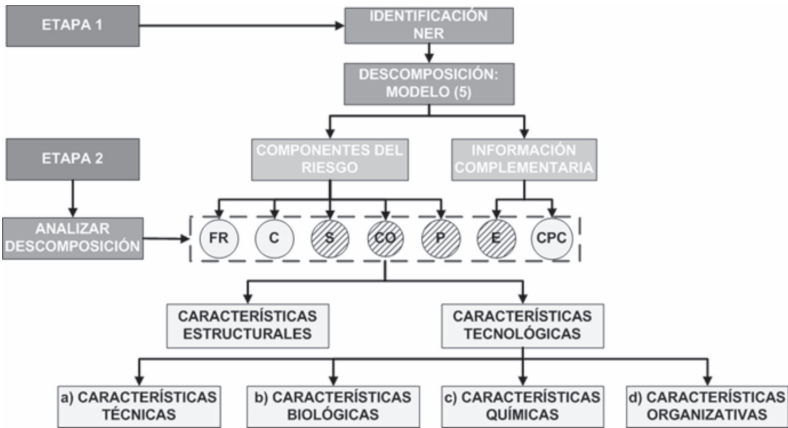


Figura 2. Metodología (adaptado de Brocal y Sebastián, 2015c).

• *Etapa 1: Características estructurales:*

a) Siguiendo el criterio de Brocal (2014) se han identificado los NER en los estudios de la EU-OSHA (Flaspöler *et al.*, 2005; Brun *et al.*, 2007a, 2007b, 2009).

b) Los NER identificados en el apartado anterior se han descompuesto aplicando el modelo de descomposición (3) propuesto por Brocal y Sebastián (2015a).

• *Etapa 2: Características tecnológicas:* a partir de los criterios de Brocal y Sebastián (2015c) se han analizado los componentes del NER denominados FR, C y CPC. Por características tecnológicas se entenderán aquellos aspectos técnicos, biológicos, químicos y organizativos aportados directamente por los componentes indicados que puedan considerarse elementos de aplicación general en el ámbito de los procesos de fabricación. Los demás componentes (S, CO, P), no se han considerado debido a que no aportan información relevante respecto a las características tecnológicas asociadas a los entornos de fabricación. En el caso específico del componente ejemplos (E), tampoco se ha considerado debido precisamente a su cualidad muestral. Para ello se han seguido los siguientes criterios:

a) Características técnicas: se han identificado entre los NER físicos y se clasifican en tres tipologías: (1) procesos y tecnologías; (2) sistemas de protección (colectiva e individual); (3) fuentes de radiación (ionizante y no ionizante). Dicha clasificación se ha llevado a cabo aten-

diendo a criterios de homogeneidad preventiva (en los casos de características clasificables en más de una tipología, se ha escogido aquella más afín desde un punto de vista preventivo).

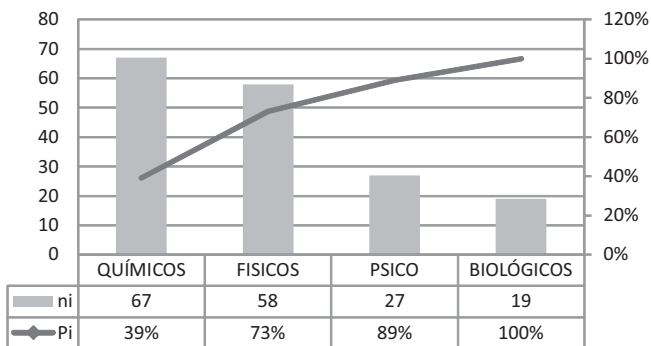
b) Características biológicas: se han identificado entre los NER biológicos y se clasifican en dos tipologías: (1) agentes biológicos infecciosos; (2) agentes biológicos no infecciosos. Dicha clasificación se ha desarrollado atendiendo a los criterios expuestos en el apéndice 3 de la Guía Técnica del RD 664/1997 (INSHT, 2014).

c) Características químicas: se han identificado entre los NER químicos y se han clasificado en dos tipologías: (1) agentes químicos de aplicación general; (2) agentes químicos de aplicación específica. La distinción entre una y otra tipología, se ha efectuado en función de la información que se desprende directamente de los componentes del NER considerados. Por ejemplo, de la característica “disolventes orgánicos” no se desprende ninguna aplicación específica, ocurriendo lo contrario con la característica “aerosoles de soldadura”. No se considerarán denominaciones muy genéricas, como por ejemplo: “sustancias peligrosas”, “productos químicos”, etc.

d) Características organizativas: se han identificado entre los cuatro grupos de NER (físicos, químicos, psicosociales y biológicos) y se han clasificado en tres tipologías, siendo: aspectos generales (G), aspectos formativos e informativos (F) y aspectos técnicos (T). Para ello, a partir del criterio propuesto por Brocal (2015) y Brocal y Sebastián (2015c), se ha analizado el componente causas (C) entre los cuatro grupos de NER considerados. Al respecto, cuando un determinado número de causas es susceptible de agruparse, se recogen como conjunto y no de forma unitaria. Se consideran aspectos F, aquellos que están vinculados con las actividades preventivas propias de los artículos 18 y 19 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales (PRL). Los aspectos G, están asociados con el sistema general de gestión de la empresa, en los términos previstos en el artículo 16 de la Ley 31/1995 de PRL. En cuanto a los aspectos T, son aquellos que forman parte de las funciones de las entidades especializadas que actúen como servicios de prevención, según el artículo 19 del RD 39/1997 por el que se aprueba el reglamento que regula dichas entidades.

#### 4. RESULTADOS

En relación a las características estructurales, se han identificado 171 NER, distribuidos por grupo con las frecuencias absolutas que se muestran en la Figura 3, donde se observa que los grupos químicos y físicos representan el 73% del total.

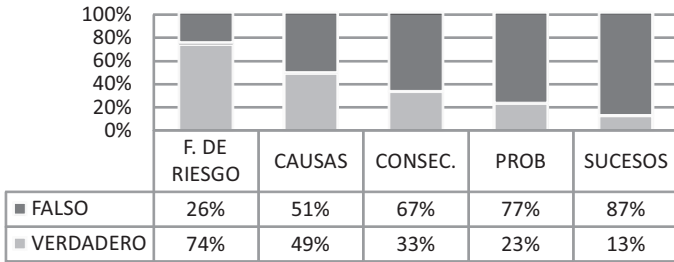


**Figura 3. Diagramas de Pareto (ni: frecuencia absoluta; Pi: porcentaje acumulado) de la distribución de NER por cada grupo considerado (químicos, físicos, psicosociales y biológicos) (adaptado de Brocal, 2014).**

Identificado dicho conjunto de NER, se ha descompuesto cada uno de ellos a nivel individual según el modelo de descomposición (5), tal y como se ha mostrado con los ejemplos 3 y 4. A continuación se ha llevado a cabo sobre los resultados obtenidos un análisis estadístico descriptivo, sobre variables cualitativas de carácter dicotómico, en función de si el componente (CTE) del riesgo se ha identificado (verdadero) o no se ha identificado (falso) en cada NER descompuesto, empleándose la siguiente codificación: verdadero = CTE; falso =  $\overline{CTE}$ . De esta forma, son de interés las frecuencias asociadas a los cinco componentes del riesgo que configuran el NER propiamente dicho (FR, C, S, CO y P). Para ello se han estudiado sus frecuencias de primer y quinto orden.

Con las frecuencias de primer orden se ha analizado la composición del conjunto de NER (para los cuatro grupos de riesgos) mediante el recuento de cada componente identificado individualmente (verdadero), obteniéndose las frecuencias absolutas que se muestran en la Figura 4, donde se observa que los componentes mayoritarios son FR y C, representando el 64% del porcentaje acumulado. En cuanto al to-

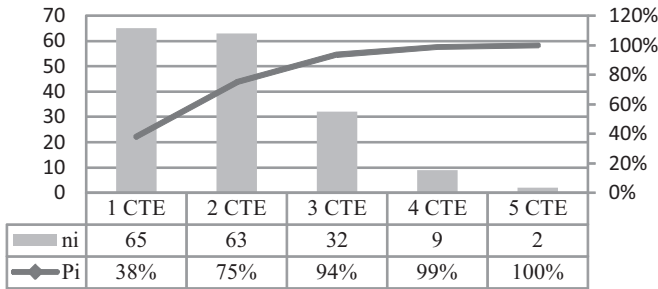
tal de componentes identificados, representa el 39% frente al 61% de aquellos no identificados (“idealmente”, si todo NER estuviera descrito con los cinco componentes del riesgo, los componentes identificados representarían el 100%).



**Figura 4. Diagrama de distribución de las frecuencias de primer orden asociadas a los componentes identificados del conjunto de NER (adaptado de Brocal, 2014).**

En cuanto a las frecuencias de quinto orden, se han analizado las frecuencias absolutas asociadas a cada combinación identificada configurada por los cinco componentes del riesgo, es decir,  $n(FR_i C_i S_i CO_i P_i)$ . Así, siendo 32 las posibles combinaciones posibles, para  $i=0$  la combinación correspondiente es  $n(\overline{FR}_0 \overline{C}_0 \overline{S}_0 \overline{CO}_0 \overline{P}_0)$ ; para  $i=31$  la combinación es  $n(FR_{31} C_{31} S_{31} CO_{31} P_{31})$ . De este modo, de las 32 frecuencias posibles se han identificado 23 en total, de forma que con 5 de estas frecuencias (para  $i=8, 16, 18, 19, 24$ ) se explica la configuración del 72% del total de los NER identificados, siendo las mismas las siguientes, ordenadas de mayor a menor frecuencia absoluta:  $FR_{16} \overline{C}_{16} \overline{S}_{16} \overline{CO}_{16} \overline{P}_{16}$  (21%);  $FR_8 C_8 \overline{S}_8 \overline{CO}_8 \overline{P}_8$  (17%);  $FR_{18} \overline{C}_{18} \overline{S}_{18} \overline{CO}_{18} \overline{P}_{18}$  (15%);  $FR_{24} C_{24} \overline{S}_{24} \overline{CO}_{24} \overline{P}_{24}$  (13%) y  $FR_{19} \overline{C}_{19} \overline{S}_{19} \overline{CO}_{19} \overline{P}_{19}$  (6%).

En relación a los conjuntos de frecuencias de quinto orden formados atendiendo al número de componentes identificados para cada combinación, el 75% del total de frecuencias identificadas están compuestas por uno o dos componentes (como por ejemplo ocurre con  $i=16$  e  $i=24$  respectivamente), ampliándose hasta el 94% si se consideran tres componentes (como por ejemplo ocurre con  $i=19$ ), de forma que las frecuencias formadas por cuatro y cinco componentes son residuales, tal y como se observa en la Figura 5.



**Figura 5. Diagramas de Pareto (ni: frecuencia absoluta; Pi: porcentaje acumulado) de los conjuntos de frecuencias de quinto orden formados atendiendo al número de componentes de cada combinación (adaptado de Brocal, 2014).**

En lo que se refiere a las características tecnológicas identificadas, se recogen las mismas en Tabla 2, siguiendo el esquema incluido en la metodología del presente trabajo.

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El modelo de NER (4) permite relacionar las condiciones ( $C_i$ ) que definen las cualidades nuevas y emergentes de un riesgo laboral con sus componentes según se han definido a través del modelo (1). Dichos modelos han permitido desarrollar el modelo de descomposición (5), con el que se puede explicar la estructura de todo NER identificado en la etapa 1.

De este modo, se han obtenido dos características estructurales especialmente relevantes. En primer lugar, destaca la falta de uniformidad de la distribución de los componentes del riesgo, ya que FR se ha identificado en el 74% de los NER, C en el 49%, y los demás componentes en porcentajes entre el 13% y el 33%. Además, según se desprende del análisis de las frecuencias de quinto orden, el 38% de los NER están configurados por un solo componente y el 37% por dos componentes. Los NER formados por 3, 4 y 5 componentes representan el 28% del total, aglutinando 18 de las 23 combinaciones identificadas, observándose que cuanto mayor número de componentes configuran la estructura de un NER, menor es el número de NER asociados a dicha estructura, de forma que aquellos configurados por cinco componentes tan solo representan el 1% de los casos (para  $i=31$ ).

**Tabla 2. Resultados: características tecnológicas**

<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>	
<b>Procesos y Tecnologías</b>	<b>Fuentes de Radiación</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatización</li> <li>• Interfases hombre-máquina</li> <li>• Nuevas tecnologías</li> <li>• Nuevos procesos</li> <li>• Pantallas de Visualización de Datos (PVD)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatibilidad electromagnética</li> <li>• Fuentes de radiación ionizante</li> <li>• Nuevas tecnologías láser</li> <li>• Nuevas tecnologías LED</li> <li>• Radiación UV</li> <li>• Soldadura con alta corriente que genera emisiones de CEM</li> <li>• Vigilancia electrónica de articulaciones (EAS) y recursos similares</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño ergonómico deficiente</li> <li>• Equipos de Protección Individual (EPI)</li> <li>• Propiedades de amortiguación de dispositivos antivibración</li> <li>• Ropa especial de protección</li> <li>• Última generación de los sistemas de seguridad</li> </ul>	
<b>CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS</b>	
<b>Agentes Biológicos no Infecciosos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alérgenos ambientales<sup>1</sup></li> <li>• Endotoxinas<sup>1</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspergillus<sup>2</sup></li> <li>• Bioaerosoles<sup>3</sup> y riesgos químicos</li> <li>• Legionella<sup>2</sup></li> <li>• Mohos<sup>4</sup></li> </ul>
Criterios de clasif.: (1): Apéndice 3 de la Guía Tca. de la RD 664/1997 (INSHT, 2014); (2) RD 664/1997; (3) Hernández (2001); (4) Martí et al. (1999)	

Tabla 2. Continuación

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	
<i>Aplicación General</i>	<i>Aplicación Específica</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aleaciones de magnesio (óxido de magnesio)</li> <li>• Anhídridos de ácido orgánico</li> <li>• Biocidas</li> <li>• Combinación de sustancias cancerígenas</li> <li>• Contaminantes orgánicos persistentes (COP)</li> <li>• Disolventes orgánicos</li> <li>• Disruptores endocrinos</li> <li>• Enzimas</li> <li>• Fibras minerales artificiales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aditivos (productos alimenticios y textiles)</li> <li>• Aerosoles de soldadura</li> <li>• Agentes de desinfección y limpieza</li> <li>• Endurecedores (producción con polímeros)</li> <li>• Humos de metal y polvo (fabricación de semiconductores)</li> <li>• Mezclas de polvo, y metales pesados (reciclaje chatarra electrónica)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isocianatos</li> <li>• Materiales bituminosos</li> <li>• Metales (iones de níquel, cobalto, cromo)</li> <li>• Mezclas de hidrocarburos</li> <li>• Monóxido de nitrógeno</li> <li>• Nanopartículas y partículas ultrafinas</li> <li>• Polímeros</li> <li>• Resinas epoxi</li> <li>• Sílice cristalina</li> <li>• Tóxicos para la reproducción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monómeros acrilatos (tintas de secado)</li> <li>• Nieblas de fluidos de corte y aceite mineral</li> <li>• Nuevos productos y nuevas aplicaciones</li> <li>• Pinturas en polvo, de base agua y disolventes</li> <li>• Polvo, pegamentos y recubrimientos superficiales (procesamiento de la madera)</li> <li>• Sustitutos del tricloroetileno (Desengrasado)</li> </ul>



Tabla 2. Continuación

CARACTERÍSTICAS ORGANIZATIVAS		
<i>Aplicación General</i>		<i>Aplicación Específica</i>
	Falta de actividad física <sup>F</sup>	<i>FORMATIVAS / INFORMATIVAS</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conflictos éticos en el trabajo<sup>P</sup></li> <li>• Contextos cambiantes, nuevos roles, habilidades, etc.<sup>P</sup></li> <li>• Demandas emocionales<sup>P</sup></li> <li>• Desempleo, reducción del personal, dificultad para reintegrarse en el mercado laboral/empleabilidad, mercado de trabajo inestable, contratos precarios, etc.<sup>P</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta o deficiente de mantenimiento de los lugares de trabajo<sup>B</sup></li> <li>• Incremento del ritmo de trabajo<sup>F</sup></li> <li>• Inseguridad en el puesto de trabajo<sup>P</sup></li> <li>• Insuficiente protección de los grupos de trabajadores de alto riesgo<sup>F</sup></li> <li>• Intensificación del trabajo, alta carga de trabajo/presión del trabajo<sup>P</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de concienciación entre los trabajadores de bajo estatus ante el riesgo térmico<sup>F</sup></li> <li>• Falta de información sobre riesgos biológicos<sup>B</sup></li> <li>• Falta de comprensión de la higiene<sup>B</sup></li> <li>• Pobre conocimiento de las sustancias peligrosas (en la actividad de subcontratación)<sup>Q</sup></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desequilibrio/problemas de conciliación entre vida laboral y personal<sup>P</sup></li> <li>• Deterioro general de las condiciones psicosociales en el trabajo; deterioro de las relaciones laborales y del diálogo social; conflictos y problemas interpersonales; mayor individualidad en el trabajo<sup>P</sup></li> <li>• Discapacidad<sup>P</sup></li> <li>• Edad avanzada y altas demandas físicas<sup>F</sup></li> <li>• Envejecimiento de la población act./trabajadores de edad avanzada<sup>P</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jornadas de trabajo prolongadas<sup>P</sup></li> <li>• Más horas de trabajo (jornadas laborales más largas)<sup>F</sup></li> <li>• Movilidad en el mercado laboral<sup>P</sup></li> <li>• No cumplimiento de las regulaciones de la UE<sup>Q</sup></li> <li>• Trabajadores de otras culturas; integración de personas de otros entornos culturales<sup>P</sup></li> <li>• Trabajadores migrantes<sup>Q</sup></li> <li>• Violencia y acoso<sup>P</sup></li> <li>• Vulnerabilidad del trabajador<sup>P</sup></li> </ul>	<p><i>TÉCNICAS</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escaso control del riesgo químico (en la PYME)<sup>Q</sup></li> <li>• Evaluación de riesgos biológicos deficiente o con dificultades<sup>B</sup></li> <li>• Falta de eficacia de la Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo<sup>P</sup></li> <li>• Importancia dada a los factores psicosociales (sobre el riesgo químico)<sup>Q</sup></li> <li>• Inadecuado o falta de un plan de emergencias ante riesgos biológicos<sup>B</sup></li> <li>• Inapropiados métodos de medición o equipos de medición/análisis para agentes biológicos<sup>B</sup></li> <li>• Lugares de trabajo pobremente supervisados<sup>Q</sup></li> </ul>

(F: NER Físicos; B: NER Biológicos; P: NER Psicosociales; Q: NER Químicos)

Como segunda característica estructural todavía más relevante que la primera, se ha podido comprobar que con carácter general, las descripciones de los NER no permiten explicar por sí solas el cumplimiento de la definición de NER. Por ejemplo, los NER caracterizados por la estructura  $\overline{FR} \& C \& \overline{S} \& \overline{CO} \& \overline{P}$  (17%), cumplirían en el caso más favorable con la condición de estar asociados a “nuevas” causas, pero al carecer de otros componentes que pudieran relacionarse con alguna de las condiciones que definen un riesgo en “aumento” (obsérvese que dichas condiciones no contemplan causas de riesgo), no puede afirmarse que las descripciones completas de dichos NER expliquen sus cualidades nuevas y emergentes. Igualmente, en los demás casos (83% restante) no se puede concluir a partir de únicamente la descripción de los componentes identificados, que los mismos cumplan con las condiciones necesarias, ya que para ello deberían ir acompañados explícitamente de aquellas descripciones que lo configurasen como nuevos y emergentes.

En cuanto a las características tecnológicas de los NER identificadas con la etapa 2, permiten definir un marco de referencia de aquellos aspectos técnicos, biológicos, químicos y organizativos que pudieran configurar riesgos con cualidades nuevas y emergentes. Obsérvese que no es posible asegurar que estas características configuren un determinado NER propiamente dicho, ya que considerando su tratamiento aislado del conjunto del NER, así como las limitaciones estructurales identificadas, únicamente es posible señalar con carácter general la posibilidad de que dichas características están asociadas a cualidades nuevas y emergentes.

En cuanto a las relaciones existentes entre las características tecnológicas y los entornos de fabricación, según el caso se desprenden relaciones más generales o específicas. Así, en cuanto a los aspectos técnicos se refiere, es muchos casos se pueden asociar con determinados entornos de fabricación, como por ejemplo ocurre con la automatización, o los interfaces hombre-máquina. Estos dos ejemplos, coinciden con sendos informes específicos en materia de NER desarrollados por la EU-OSHA (Ellwood *et al.*, 2014 y Flaspöler, E. *et al.*, 2009).

En relación a los aspectos biológicos, puede resultar aparentemente más complejo establecer relaciones entre los mismos y los entornos de fabricación, sin embargo, tal y como apuntan Brocal y Sebastián (2015c) existe para ello bibliografía suficiente para establecer un punto de partida. Por ejemplo, los procesos de conformado de plásticos o los procesos

de fundición, a través de materias plásticas y materiales como el aluminio y el acero respectivamente, pueden ser fuente de *Aspergillus* (entre otros organismos) (Hernández, 2008); o los procesos de mecanizado a través de los fluidos de corte pueden generar endotoxinas (HSE, 2013).

En cuanto a los aspectos químicos, al igual que ocurre con los técnicos, se pueden establecer fácilmente relaciones con los entornos de fabricación. Un ejemplo muy actual de ello es el empleo de nanomateriales y/o la generación de nanopartículas, habiendo sido objeto este contaminante, al igual que los interfaces hombre-máquina, de un estudio específico por parte de la EU-OSHA (Kaluza *et al.*, 2009).

En lo que respecta a los aspectos organizativos, aunque se han identificado entre los cuatro grupos de NER, destacan aquellos relacionados con los NER psicosociales con un 47% sobre el total, ya que por sus características precisamente de carácter organizativo, pueden relacionarse con todo entorno de fabricación. Brocal y Sebastián indican a modo de ejemplo de lo indicado, aspectos como la intensificación del trabajo, que podría asociarse con la automatización de los procesos (Théry, 2006), producción Just in Time (Brun *et al.*, 2007b), etc. Además, tal y como apunta Brocal (2015), dichos aspectos no sólo están ligados a las características organizativas propias de cada empresa de fabricación, sino que también podrán depender directamente de las metodologías de evaluación y gestión de la prevención, adoptadas por cada servicio de prevención vinculado a cada una de dichas empresas (según RD 39/1997).

## 6. CONCLUSIONES

Tal y como concluyen Brocal y Sebastián (2015a), la definición 2 de NER dada por la EU-OSHA se puede considerar insuficiente debido a que las diferentes condiciones que la configuran en términos de “nuevo” y “emergente” no siguen un modelo de riesgo con el que poder relacionarlas con los componentes del riesgo afectados.

Dicha limitación puede ser superada con el modelo de NER (4), ya que permite relacionar las condiciones que definen las cualidades nuevas y emergentes con los componentes del riesgo laboral que se han definido a través del modelo (1).

Dichos modelos han permitido desarrollar el modelo de descomposición (5), con el que se ha analizado la estructura de todo NER considerado en el presente trabajo. De ello se desprende que las descripciones de

los NER no permiten explicar por sí solas el cumplimiento de la definición de NER, ya que además de ser muy heterogéneas, no aportan la información necesaria para comprender las cualidades nuevas y emergentes asociadas.

Como consecuencia de lo anterior, se dificulta la diferenciación entre riesgos tradicionales y NER, y por tanto se obstaculiza el diseño de estrategias técnicas y científicas centradas en los aspectos novedosos y emergentes de interés.

De forma similar a los resultados obtenidos por Brocal (2015) y Brocal y Sebastián (2015c), las características tecnológicas identificadas no permiten en la mayoría de los casos establecer vínculos directos con procesos de fabricación específicos. Sin embargo, dicho conjunto de características, permiten establecer un punto de partida estructurado que facilite la identificación de procesos de fabricación potencialmente generadores de NER, ampliando de esta forma el nivel de conocimiento preventivo existente hasta el momento en dichos entornos.

Finalmente, para determinar un conjunto amplio y específico de procesos de fabricación potencialmente generadores de NER, es necesario desarrollar estudios científico-tecnológicos como el planteado por Brocal y Sebastián (2015b), que profundicen en el conocimiento de las cualidades nuevas y emergentes de los riesgos laborales presentes en los entornos de fabricación, considerando para ello los resultados recogidos con la presente investigación.

## **Referencias Bibliográficas**

- AENOR. 2007. **Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo. OHSAS 18001**. Aenor. Madrid (España).
- AVEN, T. 2012. The risk concept—historical and recent development trends. **Reliability Engineering & System Safety**. Vol. 99, No. 0. pp. 33-44.
- BERNAL, F. 1996. **Higiene Industrial. Guía del monitor**. INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). Madrid (España).
- BESTRATÉN, M. 1995. **Seguridad en el trabajo. Guía del monitor**. INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). Madrid (España).
- BESTRATÉN, M. *et al.* 2004. **Evaluación de las condiciones de trabajo en pequeñas y medianas empresas. Metodología Práctica**. 4ªed. Barcelona: INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). Madrid (España).

- BROCAL, F. 2014. **Metodología para la identificación de riesgos laborales nuevos y emergentes en los procesos avanzados de fabricación industrial.** (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Madrid (España).
- BROCAL, F. 2015. Aspectos organizativos de los riesgos laborales nuevos y emergentes susceptibles de estar presentes en entornos de fabricación industrial. **PREVUA: Jornadas de Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad de Alicante.** 18-19 June 2015. Alicante (España).
- BROCAL F, SEBASTIÁN MA. 2015a. Analysis and Modeling of New and Emerging Occupational Risks in the Context of Advanced Manufacturing Processes. **Procedia Engineering.** 100:1150-1159.
- BROCAL, F, SEBASTIÁN, MA. 2015b. Estrategia para el desarrollo y anticipación preventiva ante riesgos nuevos y emergentes en procesos de fabricación avanzada. **20 Congress of Machine Tool and Manufacturing Technologies.** 10-12 June 2015. Donostia – San Sebastián (España).
- BROCAL, F, SEBASTIÁN, MA. 2015c. **Identification and analysis of advanced manufacturing processes susceptible of generating new and emerging occupational risks.** Book of Abstracts MESIC Manufacturing Engineering Society International Conference. Barcelona (España).
- BRUN, E. *et al.* 2007a. **Expert forecast on emerging biological risks related to occupational safety and health.** EU-OSHA (European Agency for Safety and Health at Work). Luxemburgo.
- BRUN, E. *et al.* 2007b. **Expert forecast on emerging psychosocial risks related to occupational safety and health.** EU-OSHA (European Agency for Safety and Health at Work). Luxemburgo.
- BRUN, E. *et al.* 2009. **Expert forecast on emerging chemical risks related to occupational safety and health.** EU-OSHA (European Agency for Safety and Health at Work). Luxemburgo.
- CCOHS (CANADIAN CENTRE FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY). **Hazard and Risk.** [on-line]. [accessed: 5 October 2013]. Available en: <http://www.ccohs.ca/>
- CEN. **Risk management. Risk assessment techniques.** EN 31010:2010. CEN. Bruselas (Bélgica).
- CLEMENS, PL, SIMMONS, RJ y CINCINNATI, O. 1998. **System Safety and Risk Management. A Guide for Engineering Educators.** U.S. Department of Health and Human Services, NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). USA.
- EC (EUROPEAN COMMISSION). 1996. **Guidance on risk assessment at work.** Bruselas (Bélgica).

- ELLWOOD, P, REYNOLDS, J y DUCKWORTH, M. 2014. **Green jobs and occupational safety and health: Foresight on new and emerging risks associated with new technologies by 2020**. EU-OSHA (European Agency for Safety and Health at Work). Luxemburgo.
- EU-OSHA (EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK). **Definitions (Hazard and Risk)**. [on-line]. [accessed: 10 may 2013]. Available en: <https://osha.europa.eu/>
- FLASPÖLER, E. *et al.* 2005. **Expert forecast on emerging physical risks related to occupational safety and health**. EU-OSHA (European Agency for Safety and Health at Work). Luxemburgo.
- FLASPÖLER, E. *et al.* 2009. **The human machine interface as an emerging risk**. EU-OSHA (European Agency for Safety and Health at Work). Luxemburgo.
- GLÓWCZYŃSKA-WOELKE, K. *et al.* 2010. **Evaluación del riesgo – guía de uso general. Detección y valoración de riesgos; determinación de medidas**. Asociación Internacional de la Seguridad Social (ISSA). Alemania.
- GÓMEZ-CANO, M. 1996. **Evaluación de riesgos laborales**. 2ªed. INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). Madrid (España).
- HERNÁNDEZ, A. 2001. **NTP 608: Agentes biológicos: planificación de la medición**. INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). España.
- HERNÁNDEZ, A. 2008. **NTP 802: Agentes biológicos no infecciosos: enfermedades respiratorias**. INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). España.
- HSE (HEALTH SERVICE EXECUTIVE). 2006. **Metalworking fluids: Controlling inhalation exposure to metalworking fluids**. HSE (Health Service Executive). Reino Unido.
- HSE (HEALTH SERVICE EXECUTIVE). 2008. **Risk Assessment Tool and Guidance**. HSE (Health Service Executive). Reino Unido.
- HSE (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE). 2011. **Five steps to risk assessment**. HSE (Health and Safety Executive). Reino Unido.
- ILO (International Labour Organization). 2010. **Emerging risks and new patterns of prevention in a changing world of work**. ILO (International Labour Organization). Ginebra (Suiza).
- INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). 2014. **Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos (Real Decreto 664/1997 – BOE nº 124)**, 2ª ed. INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). España.

- ISO. **Risk management. Vocabulary.** ISO Guide 73:2009. Ginebra (Suiza).
- ISO. **Risk management -Principles and guidelines.** ISO 31000:2009. Ginebra (Suiza).
- KALUZA, S. *et al.* 2009. **Workplace exposure to nanoparticles,** EU-OSHA (European Agency for Safety and Health at Work). Luxemburgo.
- MARTÍ, MC, ALONSO, RM, CONSTANS, A. 1999. **NTP 539: Prevención del riesgo biológico en el laboratorio: trabajo con hongos.** INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). España.
- REINO DE ESPAÑA. **Real Decreto Legislativo 1/1994, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social.** (BOE, núm. 154, 29.06.1994, pp. 20658 - 20708). España.
- REINO DE ESPAÑA. **Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales.** (BOE, núm. 269, 10.11.1995).
- REINO DE ESPAÑA. **Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.** (BOE, núm. 27, 31.01.1997).
- RODRÍGUEZ DE PRADA, A. 1998. **Investigación de accidentes por el método del árbol de causas.** 2ªed. INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). Madrid (España).
- THÉRY, L. 2006. **Le travail intenable—Résister collectivement à l'intensification du travail,** La Découverte. París (Francia).