

DETERMINATION OF THE EFFECTIVENESS OF FUME CUPBOARD ON TEACHING LABORATORIES

Sánchez Murillo, Pablo; Varó Galvañ, Pedro
Universidad de Alicante

The handling chemicals in teaching laboratories is common and necessary part regardless of the field of study. Exposure to chemicals is characterized by small and hardly reach the allowable limit value. As a precautionary principle, once you have that exposure can not be eliminated or decreased, the implementation of collective protection measures (fume) is the first preventive action. In a glass case you are required laboratory contaminant drag any operation off gases or vapors. Using the EN 14175-4 a study of the methodology to perform on-site analysis and determine the effectiveness of the extraction system was performed. Fume various chemical laboratories of the University of Alicante by the abovementioned rule were evaluated. The methodology has proved suitable for the study of extraction systems under study. Suction efficiency presenting systems selected for use of corrosive and toxic extraction was determined, and highly toxic substances. There have been proposals for improving the systems studied.

Keywords: Exhaust laboratory; EN 14175-4; collective protection

DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA DE LAS VITRINAS DE GASES EN LABORATORIOS DOCENTES

La manipulación de productos químicos en los laboratorios docentes es habitual y necesaria sin importar el campo de estudio. Como principio preventivo, una vez se tiene que la exposición no se puede eliminar o disminuir, la implantación de medidas de protección colectiva (vitrinas de gases) es la acción preventiva primera. A una vitrina de laboratorio se le exige el arrastre del contaminante en cualquier operación de desprendimiento de gases o vapores. Haciendo uso de la Norma Europea EN 14175-4 se realizó un estudio de la metodología a seguir para realizar el análisis in situ y determinar la eficacia del sistema de extracción. Se han evaluado distintas vitrinas de gases de los laboratorios químicos de la Universidad de Alicante mediante la norma indicada. La metodología utilizada ha resultado adecuada para el estudio de los sistemas de extracción objeto de estudio. Se ha determinado la eficacia de aspiración que presentan los sistemas de extracción seleccionados para el uso de sustancias corrosivas y tóxicas, y para sustancias muy tóxicas. Se han presentado las propuestas de mejorar para los sistemas estudiados.

Palabras clave: Vitrinas de laboratorio; Norma EN 14175-4; Protección colectiva

1. Introducción

Se introduce el concepto de eficacia de una vitrina como la capacidad de contener y extraer los contaminantes emitidos por una fuente en la zona de trabajo, así como la capacidad de minimizar la influencia de posibles perturbaciones tales como corrientes de aire, movimiento del operario o el desplazamiento del personal. Las vitrinas de extracción de un laboratorio, se caracterizan por tener un cerramiento. La parte frontal de la vitrina es de un material transparente, con el fin de la observación del desarrollo del proceso sin obstaculizar el trabajo en el interior de la misma. A una vitrina de laboratorio se le exige el arrastre del contaminante en cualquier operación de desprendimiento de gases o vapores. También hay que tener en cuenta que la presencia del operador frente a la vitrina genera una zona de depresión que disminuye la eficacia de la extracción.

1.1. Antecedentes y estado de la técnica

En cuanto al estudio de la eficacia de las vitrinas de extracción hay diversa documentación técnica, como son la Norma UNE-EN 14175 y las Notas Técnicas de Prevención 646, 672, 677 y 990. Entre los estudios encontrados sobre vitrinas de extracción, merece especial atención el realizado en el CSIC en Madrid (CSIC, 2010). En el estudio se investigaron 193 vitrinas, y entre las conclusiones se indicaba que el mantenimiento preventivo permite el control de la exposición a agentes químicos, y con ello se garantiza su adecuado funcionamiento. Además se indicaba que las vitrinas del tipo VAV (volumen de aire variable) permiten un control más eficiente del caudal de aspiración independientemente de la abertura de la guillotina.

1.2. Cultura de la seguridad y salud en las instituciones académicas

Este trabajo se puede incluir dentro del marco de la cultura de seguridad y salud en las instituciones académicas. La creación de la cultura de la seguridad en las instituciones académicas en Estados Unidos viene motivada por los incidentes en los laboratorios docentes de universidades y colegios de graduados (ACS, 2012). La cultura de la prevención en instituciones académicas es un reflejo de las acciones, actitudes y comportamientos de sus miembros con respecto a la seguridad. Los incidentes graves en laboratorios de instituciones de educación superior coinciden en USA con una débil cultura de la seguridad de las mismas (University of California, 2009; Kemsley y Baum, 2010; Van Noorden, 2011). El primer informe conocido sobre incidente en un laboratorio de un centro de educación superior se elaboró por el U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board en 2011.

La enseñanza de la seguridad y salud en el trabajo de forma continua durante toda la etapa formativa en la universidad puede construir actitudes positivas y una ética de la seguridad en la mayor parte de los estudiantes. La Universidad de Wittenberg, la Universidad de Seattle en Washigton y la Universidad de California utilizan este procedimiento (Alaimo et al., 2010).

En España la prevención de riesgos laborales está presente en el Estatuto del Estudiante Universitario como un derecho común de los estudiantes universitarios (art 7.1n), “los estudiantes universitarios tiene derecho a recibir formación sobre prevención de riesgos y a disponer de los medios que garanticen su salud y seguridad en el desarrollo de sus actividades de aprendizaje”. (RD 1791/2000, p.109357).

La Estrategia Española de Salud y Seguridad en el Trabajo 2015-20 propone en su objetivo específico número 2: “Potenciar actuaciones de las Administraciones Públicas en materia de análisis, investigación, promoción, apoyo, asesoramiento técnico, vigilancia y control de la prevención de riesgos laborales” (INSHT, 2015, p.18).

2. Objetivos

En el presente trabajo se pretende realizar un estudio de la eficacia de las vitrinas de gases en los laboratorios docentes. El alcance del proyecto abarca una serie de vitrinas de gases localizadas en distintos laboratorios del departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Alicante. Utilizando la metodología de análisis in situ de medida de la velocidad frontal, se pretende evaluar la eficacia de las vitrinas de gases utilizadas por los alumnos y el personal docente e investigador. En total se han estudiado 12 instalaciones, 8 de uso docente y 4 de uso tanto docente como de investigación.

3. Metodología

La Norma Europea EN 14175-4 detalla la metodología a seguir para realizar el ensayo de velocidad frontal. Una descripción detallada de la aplicación de la metodología se puede consultar en Sánchez y Varó (2013).

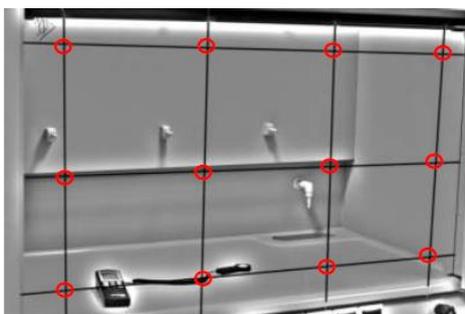
3.1 Medida de la velocidad

Para las mediciones se utilizó un termo anemómetro Testo Modelo 415. La sonda del anemómetro se sitúa en los puntos determinados por la intersección de las siguientes líneas en el plano interior de medida:

1. Una serie de, al menos, tres líneas equidistantes situadas entre los límites laterales del plano interior de medida. Las dos líneas exteriores de la serie estarán situadas a (100 ± 5) mm de los límites laterales. Las líneas intermedias están a una distancia menor o igual a 400 mm, entre sí y respecto a las líneas exteriores.
2. Una serie de, al menos, tres líneas equidistantes situadas entre los límites horizontales del plano interior de medida. Las dos líneas exteriores de la serie están situadas a (100 ± 5) mm de los límites horizontales. Las líneas intermedias están a una distancia menor o igual a 400 mm, entre sí y respecto a las líneas exteriores.

Las medidas se realizan situando la sonda del anemómetro en cada punto de medida (Figura 1). La medida se hace perpendicular al plano interior de medida ajustando para ello la orientación del sensor.

Figura 1: Detalle de la malla de nodos



El anemómetro se dispone en los puntos de medida mediante un trípode que debe situarse de forma que provoque la menor perturbación posible en el flujo de aire (Figura 2). Medir y registrar la velocidad perpendicular al plano de la guillotina durante un periodo de, al menos, 60 segundos.

Figura 2: Detalle del trípode con el anemómetro



3.2 Medida de caudal de extracción

Una vez calculada la velocidad media en el plano de la guillotina se calcula el caudal aplicando la ecuación (1).

$$Q = V \cdot S \quad (1)$$

Donde: Q = Caudal de aspiración (m³/s). V = Velocidad media en el plano máximo de entrada de la vitrina (m/s). S = Superficie del plano máximo de entrada de la vitrina (m²).

3.3 Homogeneidad de la velocidad en el plano de la guillotina

Otro aspecto a comprobar, de cara al buen funcionamiento de la vitrina es la homogeneidad en las velocidades medidas en el plano de la vitrina, recomendándose unos valores mínimos que se indican en la tabla 1.

Para comprobar el cumplimiento de la homogeneidad de la velocidad en el plano de guillotina, se utiliza el calculador de parámetros de ventilación en cabinas de laboratorio (INSHT, 2012), que muestra la eficacia con un código de colores. Dicho código de colores representa: Verde, la velocidad media en cada punto es suficientemente homogénea. Ámbar, la velocidad media en cada punto no es suficientemente homogénea. Rojo, la velocidad media en cada punto no es homogénea.

Tabla 1: Requisitos de homogeneidad en la velocidad de aire de la vitrina (fuente NTP 677)

Parámetro	Valor límite
Velocidad media global	>80% del valor fijado como estándar
Velocidad media en cualquier punto	>85% del valor medio global
Relación valor mayor/valor menor de la velocidad en dos puntos correspondientes a ambos lados de la fila central	<1,3

3.4 Criterios de valoración

Paralela a la norma UNE ya mencionada, se presentan una serie de criterios utilizados por diversas entidades (Tabla 2).

Tabla 1: Resumen de los distintos criterios (Fuente NTP 646)

Fuente	Caudal	Velocidad frontal	Comentarios
ACGIH	Corrosivos: 1300 m ³ /h m ² abertura	-	-
	Tóxicos: 1300 m ³ /h m ² abertura	0.36 m/s m ²	1m ² abertura
	Muy tóxicos: 2300 m ³ /h m ² abertura	0.64 m/s m ²	1m ² abertura
Ljungquist		0.5 m/s	Abertura 0,28 m
Maupins & Hitchins		0.4 – 0.6 m/s	Totalmente abierta

Los criterios establecidos en el presente trabajo son:

Criterio I: Caudal de aspiración frontal (ACGIH).

Criterio II: Velocidad frontal de aspiración (ACGIH, Ljungquist, B., Maupins & Hitchins).

4. Resultados

El informe completo se puede consultar en Sánchez (2015).

4.1 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos para las distintas vitrinas según el criterio de homogeneidad en el plano de aspiración usando el calculador de parámetros de ventilación en cabinas de laboratorio (INSHT, 2012) se presentan en la tabla 3. Un 25% de las vitrinas estudiadas cumplen el criterio de homogeneidad en el plano de aspiración con la guillotina completamente abierta.

Tabla 3: Evaluación de las vitrinas según el criterio de homogeneidad de aspiración

Nº	Código Vitrina	Evaluación
1	03S001	Ámbar
2	03S002	Ámbar
3	03S003	Ámbar
4	10S001	Ámbar
5	10S002	Ámbar
6	10S003	Ámbar
7	13PB001	Verde
8	13PB002	Ámbar
9	50S006	Ámbar
10	50S007	Ámbar
11	54PB001	Verde
12	54PB002	Verde

Para los criterios I y II (tabla 4) se obtiene que solo un 16% de las vitrinas son aptas para su uso con sustancias corrosivas o tóxicas, y en ningún caso se cumple para sustancias muy tóxicas.

Tabla 4: Evaluación de los criterios I y II

Abertura de Guillotina : Total					
Nº	Código Vitrina	Criterio I		Criterio II	
		Corrosivos y tóxicos	Muy tóxicos	Corrosivos y tóxicos	Muy tóxicos
1	03S001	NO	NO	NO	NO
2	03S002	NO	NO	NO	NO
3	03S003	NO	NO	NO	NO
4	10S001	NO	NO	NO	NO
5	10S002	NO	NO	NO	NO
6	10S003	NO	NO	NO	NO
7	13PB001	SI	NO	SI	NO
8	13PB002	SI	NO	SI	NO
9	50S006	NO	NO	NO	NO
10	50S007	NO	NO	NO	NO
11	54PB001	NO	NO	NO	NO
12	54PB002	NO	NO	NO	NO

Como complemento al estudio, se midieron velocidades de aspiración a distintas alturas de abertura de guillotina con el fin de ver la evolución de la eficiencia de las vitrinas, y el cumplimiento de los criterios I y II. En la tabla 5 se presenta la evolución del rendimiento según el criterio I, y en la tabla 6 la evolución del rendimiento según el criterio II.

Tabla 5: Evolución del rendimiento de las vitrinas utilizando el criterio I

	Totalmente abierta aptas (%)	Abierta 50 cm apta(%)	Abierta 25 cm apta (%)	Abierta 12,5 cm apta %
Tóxicos y corrosivos	16	50	91,66	100
Muy tóxicos	0	0	50	58,33

Tabla 6: Evolución del rendimiento de las vitrinas utilizando el criterio II

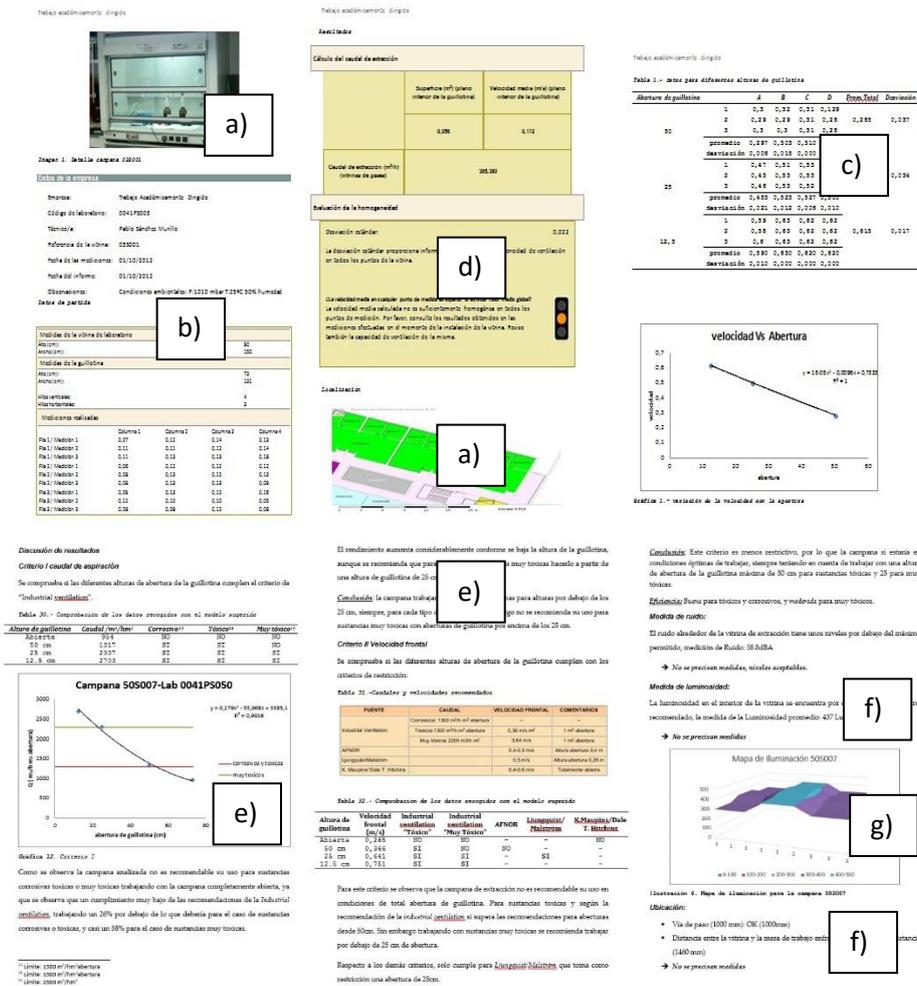
	Totalmente abierta aptas (%)	Abierta 50 cm apta(%)	Abierta 25 cm apta (%)	Abierta 12,5 cm apta %
Tóxicos y corrosivos	16	66,67	100	100
Muy tóxicos	0	0	58,33	66,67

4.2 Informe de resultados

Los resultados obtenidos se presentan en forma de informe con la siguiente estructura (Sánchez, 2015):

- a) Fotografía de la vitrina de extracción de gases. Y localización sobre plano de la sala.
- b) Datos del laboratorio, fecha de recogida de datos, fecha de redacción del informe, así como las condiciones ambientales de temperatura, presión y humedad.
- c) Datos obtenidos para las distintas aberturas de guillotina.
- d) Evaluación de la homogeneidad con el calculador de parámetros de ventilación en cabinas de laboratorio del INSHT.
- e) Evaluación de los resultados según los distintos criterios explicados.
- f) Evaluación de niveles de ruido y disposición de la vitrina.
- g) Mapa de iluminación en el interior de la vitrina.

Figura 3: Detalle del informe propuesto



4.4 Propuesta de sistema de evaluación

Se propone un sistema de evaluación de la eficacia de aspiración en función de la cantidad de criterios que cumple.

Criterio I se tomará como referencia para la evaluación de la eficacia propuesta por este trabajo, siendo complementaria a la evaluación dada por el calculador del INSHT que solo tiene en cuenta la homogeneidad del caudal de aspiración, pero ambos se basan en el caudal de aspiración.

Criterio II será un criterio no vinculante con dicha evaluación, ya que se trata de un criterio menos restrictivo y en algunos de los casos para unas aperturas determinadas de guillotina. Y que solo tiene en cuenta el valor de la velocidad de aspiración.

Como se explicó en el apartado de metodología los ensayos se llevaron a cabo a distintas alturas de guillotina, por tanto el criterio de evaluación irá encaminado en este mismo sentido, dando una calificación de muy buena a la vitrina que satisface de manera notoria el criterio I a todas las alturas ensayadas. Y una vitrina con calificación muy baja cuando la campana no satisface el criterio I para ninguna de las alturas establecidas. De este modo se presenta en la tabla 7 la propuesta de evaluación.

Tabla 7: Criterio de evaluación de eficacia

Rango de alturas que cumple	Evaluación propuesta
4	Muy buena
3	Buena
2	Moderada
1	Baja
0	Muy baja

Por tanto para una vitrinas en la que para el criterio I se cumpliera que el caudal de aspiración es mayor de $2300 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ abertura (en el caso del uso de agentes tóxicos) a las alturas de 12,5, 25 y 50 cm de altura de guillotina, es decir, se cumplen 3 rangos de altura, la evaluación de dicha vitrina sería de buena. Con este criterio objetivo, se podría completar la evaluación dada sobre la homogeneidad del caudal de aspiración. Los resultados de la aplicación de los criterios indicados en la tabla 7 a la las instalaciones estudiadas se presentan en la tabla 8.

Tabla 8: Valoración de las vitrinas de los distintos laboratorios con el criterio propuesto

Nº	Código de vitrina	Corrosivos y Tóxicos	Muy Tóxicos
1	03S001	Moderada	Muy baja
2	03S002	Baja	Muy baja
3	03S003	Moderada	Muy baja
4	10S001	Moderada	Muy baja
5	10S002	Moderada	Baja
6	10S003	Moderada	Muy baja
7	13PB001	Muy buena	Moderada
8	13PB002	Muy buena	Moderada
9	50S006	Buena	Moderada
10	50S007	Buena	Moderada
11	54PB001	Buena	Moderada
12	54PB002	Buena	Moderada

Se han estudiado un total de 12 vitrinas en distintos laboratorios del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Alicante, los resultados se presentan en las figuras 4 y 5.

5. Conclusiones

La metodología propuesta por la Norma UNE-EN 14175-4 para realizar medida in situ en las vitrinas de gases ha resultado útil para el fin propuesto.

La herramienta del INSHT para calcular el caudal de aspiración resulta un instrumento adecuado, que puede servir de complemento al técnico de prevención para evaluar la eficacia del funcionamiento de las vitrinas de laboratorio.

En este trabajo se propone un criterio propio y un sistema de evaluación de dicha eficacia en función de las alturas para las que cumple con el criterio propuesto.

Se ha aplicado el criterio propuesto a las vitrinas de laboratorio existentes en varios laboratorios destinados a uso docente y de investigación.

Figura 4: Resultados obtenidos para agentes corrosivos y tóxicos

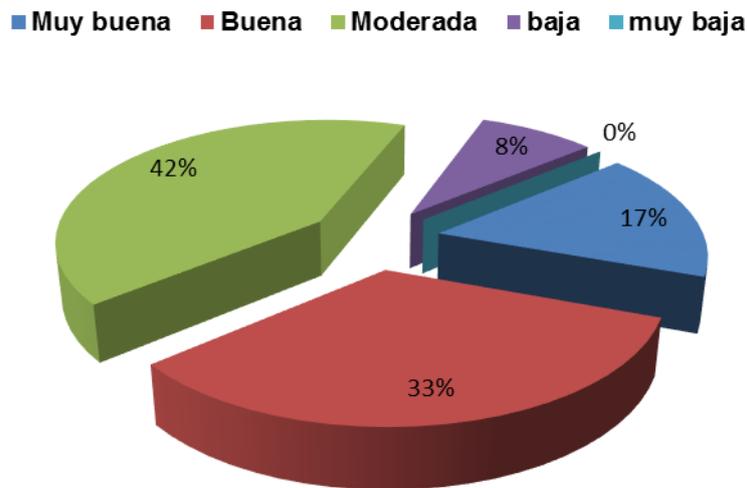
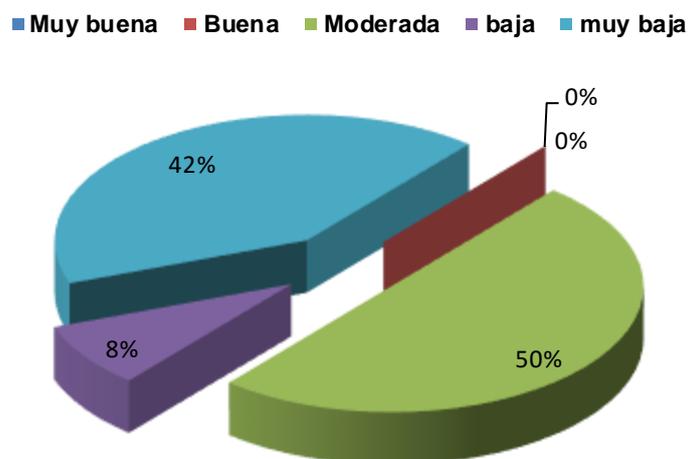


Figura 5: Resultados obtenidos para agentes muy tóxicos



La aplicación del sistema propuesto de evaluación indica, que para sustancias corrosivas y tóxicas las vitrinas estudiadas tienen un comportamiento aceptable, la mayoría tienen una eficiencia buena. Para sustancias muy tóxicas el 50% de las vitrinas obtiene una eficacia moderada, y el 50% restante muy baja.

Se han establecido propuestas de mejora respecto a la eficacia de extracción de las vitrinas para todas las instalaciones evaluadas.

Entre otros aspectos de la instalación, se ha medido el nivel de presión acústica, la iluminación y la idoneidad de la ubicación de las vitrinas de gases estudiadas. Se han propuesto medidas de mejora en los casos que lo requieren.

Se ha elaborado un modelo de informe propio que refleja los distintos aspectos que se deben considerarse en una vitrina de gases de laboratorio. Y se ha aplicado el mismo a las instalaciones estudiadas.

6. Referencias

- AENOR. (2005). *Norma UNE-EN 14175-4:2005. Vitrinas de Gases. Parte 4: Métodos de ensayo in situ*. Madrid: AENOR.
- Alaimo, P., Langenhan, J., Tanner, M. & Ferrenberg, S. (2010). Safety Teams: An Approach to Engage Students in Laboratory Safety. Division of Chemical Education, 2010, *Journal of Chemical Education*, 87, 8, pp 856–861.
- American Chemical Society. (2012). *Creating Safety cultures in Academic Institutions: A report of the Safety cultures Task Force of the ACS Committee on Chemical Safety*. Washington, DC. : ACS.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). (1992). *Ventilación Industrial*. 1ª edición en español. Valencia: Generalitat Valenciana.
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas. (2010). Mantenimiento preventivo de las vitrinas de gases: procedimiento para la comprobación de la eficacia. *Seguridad y Salud en el Trabajo*, 59, 6-12.
- España. Real Decreto 1791/2010, de 30 de diciembre, por el que se aprueba el Estatuto del Estudiante Universitario. *Boletín Oficial del Estado*, 30 de diciembre de 2010, núm. 318, pp. 109353-109380.
- Guardino, X & Heras, C. (2004). *Notas Técnicas de Prevención núm. 672. Extracción localizada en el laboratorio*. Madrid: INSHT.
- Kemsley, J. & Baum, R. (2010, Aug 23). *Chemical & Engineering News.*, 88 (34)34–37.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2012). *Parámetros de ventilación en cabinas de laboratorio*. Obtenido de: <http://calculadores.insht.es:86/Ventilaci%C3%B3ncabinaslaboratorio/Introducci%C3%B3n.aspx>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2015). *Estrategia Española de salud y seguridad en el trabajo 2015-20*. Madrid: INSHT. Obtenido de: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/ESTRATEGIA%20SST%2015_20.pdf
- Ljungqvist, B. (1991). Aerodynamic Desing of Fume Cupboards. *Safety and Health Practitioner* 9, (8), 36-39.
- Maupins, K. & Hitchins, D. (1998). Reducing Employee Exposure Potencial Using the ANSI/ASHRAE 110 Method of Testing Performance of Laboratory Fume Hoods as a Diagnostic Tool. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 59, 123-138.
- Rosell, M. & Itube, A. (2004). *Notas Técnicas de Prevención núm. 677. Seguridad en el laboratorio. Vitrinas de gases de laboratorio: utilización y mantenimiento*. Madrid: INSHT.
- Rosell, M. & Aldamizetxebarria, I. (2013). *Notas Técnicas de Prevención núm. 990. Seguridad en el laboratorio: medición de la contención de las vitrinas de gases*. Madrid: INSHT.
- Sánchez, P. & Varó, P. (2013). *Determinación de la eficacia de las vitrinas de laboratorio* [Vídeo]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10045/28503>
- Sánchez, P. (2015). *Determinación de la eficacia de las vitrinas de gases en laboratorios docentes*. (Tesis de máster en prevención de riesgos laborales, Universidad de Alicante, 2015). Disponible en: <http://hdl.handle.net/10045/48230>
- Sola, X. & Rosell, M. (2004). *Notas Técnicas de Prevención núm. 646. Seguridad en el laboratorio: selección y ubicación de vitrinas*. Madrid: INSHT.
- University of California, Los Angeles. (2011). *Report to the Chancellor on UCLA Laboratory Safety, July 2009*. Disponible en: <http://www.ovcr.ucla.edu/labsafety/july2009report.pdf>
- U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board. (2011). *Chemical Safety Board*. Disponible en: <http://www.csb.gov>
- Van Noorden, R. (2011). Death in the Lab: Fatality Adds Momentum to Calls for a Shakeup in Academic Safety Culture. *Nature*. 472, 270-271