



# Analysis of the economic impact of environmental biosafety works projects in healthcare centres in Extremadura (Spain)

Justo García Sanz-Calcedo <sup>a</sup> & Pedro Monzón-González <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Centro Universitario de Mérida, Universidad de Extremadura, Mérida, España. [jgsanz@unex.es](mailto:jgsanz@unex.es)

<sup>b</sup> Escuela Politécnica de Cáceres, Universidad de Extremadura, Cáceres, España. [pmonzon@sas.juntaex.es](mailto:pmonzon@sas.juntaex.es)

Received: December 2th, 2013. Received in revised form: July 14th, 2013. Accepted: October 31th, 2014.

## Abstract

The aim of this paper is to analyze the results obtained in the methodological application of techniques aimed at the maintenance of environmental biosafety in works of reform and expansion of healthcare centres in Extremadura, Spain during 2004-2010, assessing the costs of its implementation and contrasting if the use of a BSA project in phase of works affects the probability of nosocomial infection and the conditions of health and safety. The average investment accounted for a cost of 5.5 €/m<sup>2</sup> under construction in critical areas and 0.9 €/m<sup>2</sup> in the rest works. The impact of biosafety on the work budget draft was a 1.07% at hospitals and a 0.57% at healthcare centers. In critical areas, the sectorization was an average investment of the 26.89%, while in other areas it was the 29.48%. The largest investment in classification corresponds to small venues in critical areas involving the 40.64%.

**Keywords:** biosafety; public works; project management; health management; nosocomial infection.

# Análisis del impacto económico de la bioseguridad ambiental en proyectos de obras en centros sanitarios de Extremadura (España)

## Resumen

Se analizan los resultados obtenidos en la aplicación metodológica de técnicas destinadas al mantenimiento de la bioseguridad ambiental en obras de reforma y ampliación de centros sanitarios en Extremadura (España) durante 2004-2010, evaluando los costes derivados de su implantación y contrastando si la utilización de un proyecto de BSA en fase de obras afecta a la probabilidad de infección nosocomial y a las condiciones de seguridad y salud. La inversión media fue de 5,5 €/m<sup>2</sup> en obras en zonas críticas y 0,9 €/m<sup>2</sup> en el resto. La repercusión media del proyecto de bioseguridad sobre el presupuesto de obra, fue de un 1,07% en hospitales y de un 0,57% en Centros de Salud. En zonas críticas la sectorización supuso una inversión media del 26,89%, mientras que en el resto de zonas fue del 29,48%. La mayor inversión en sectorización corresponde a pequeñas actuaciones en zonas críticas (40,64%).

**Palabras clave:** bioseguridad; obras públicas; gestión de proyectos; gestión sanitaria; infección nosocomial.

## 1. Introducción

Los principales agentes causantes de las infecciones asociados a obras en centros sanitarios son los hongos, siendo el *Aspergillus* (*Fumigatus*, *Flavus*, *Niger*, *Terreus*...) el más frecuente, así como las bacterias, entre las que destaca la *Legionella* (*Pneumophila* y *Bozemanii*) [1]. Los primeros se encuentran presentes en el suelo, el agua y la vegetación en descomposición, presentando esporas que pueden permanecer suspendidas en el aire durante periodos prolongados de tiempo, aumentando la probabilidad de inhalación o de contaminación de las superficies expuestas [2]. Estas esporas pueden dispersarse en las partículas de

polvo que se generan en los procesos de construcción o a través de la suciedad que se produce y se acumula en los suelos, paredes y techos [3].

La *Legionella* se encuentra presente en torres de refrigeración, redes hídricas y equipos de producción de agua caliente sanitaria, fundamentalmente en los depósitos de acumulación, donde las condiciones de estratificación del agua favorecen su proliferación [4]. Durante las obras de reforma o ampliación de un centro sanitario se producen cortes e interrupciones en el suministro que provocan que en algún tramo de las redes hídricas se den las condiciones de temperatura y estratificación requeridas por la bacteria, contaminando el agua al restablecerse el suministro [5].

Además, la tierra y el polvo, que contienen formas inactivas de *Legionella*, pueden desplazarse por el aire durante las excavaciones y movimientos de tierra en obras próximas, depositándose y contaminando las bandejas de condensados de las torres de refrigeración [6].

Los resultados obtenidos en la aplicación de medidas de bioseguridad ambiental en obras de reforma de centros sanitarios, los costes invertidos en su aplicación y las pautas seguidas en su desarrollo no están suficientemente explicitados en la literatura científica [7]. Aunque la relación entre brotes de infecciones nosocomiales y la ejecución de obras de reforma en centros sanitarios es un hecho bien documentado desde hace más de 25 años [8-11], no está cuantificada la magnitud real del problema por motivos de infra-diagnóstico y sesgo de no publicación [12]. Sin embargo, las consecuencias de una infección fúngica o bacteriana asociadas a contaminación ambiental derivada del proceso de obras en los hospitales están perfectamente documentadas [13].

La concentración media admisible de *Aspergillus* dentro de un hospital varía entre 3-105 UFC/m<sup>3</sup>, según la bibliografía [14-17]. Curtis et al realizaron durante un año el control en un hospital terciario y observaron numerosos picos en la concentración aérea de hongos filamentosos, como consecuencia de intervenciones o incidentes en los sistemas de filtración del aire [18].

Ante la complejidad organizativa de los hospitales y centros sanitarios en general, es necesario elaborar una estrategia común, para conseguir un nivel de prevención que resulte suficiente para evitar las infecciones durante la realización de obras [19]. Dicha estrategia se inicia en la fase de elaboración del proyecto, donde los profesionales sanitarios deben colaborar estrechamente con el equipo técnico redactor, identificando los grupos de riesgo y/o la criticidad de las zonas de actuación [20]. El mantenimiento de un sistema de registro continuo de los niveles de bioseguridad ambiental es básico, ya que en la mayor parte de las ocasiones en las que se detectan recuentos fúngicos elevados, no se puede identificar la causa que los ha producido [21].

Se han editado distintas guías, manuales e instrucciones técnicas, encaminados a la gestión de la bioseguridad ambiental (BSA) en fase de ejecución de obras. En 2000, el Instituto Nacional de la Salud de España, en colaboración con la Sociedad Española de Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene, editó la guía "Recomendaciones para la vigilancia, prevención y control de infecciones en hospitales en obras" [22].

La Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica editó en 2010 el documento "Recomendaciones sobre la prevención de la infección fúngica invasora por hongos filamentosos" [23], que presenta un conjunto de pautas de actuación y organización, basadas en evitar que se produzcan los factores de riesgo asociados a las infecciones nosocomiales. No obstante, en ninguna de las anteriores guías, ni en la literatura científica se han encontrado precedentes sobre los resultados prácticos de su aplicación en muestras homogéneas de edificios [24].

Algunos autores han manifestado la idoneidad de incluir dentro del Estudio de Seguridad y Salud, los documentos referidos a la Bioseguridad Ambiental [25] que, entre otras ventajas, puede agilizar la redacción, facilitar la comprensión y reducir la extensa documentación de un proyecto.

Otros autores consideran que el ambiente inanimado es un factor que contribuye en una pequeña proporción al desarrollo de infecciones nosocomiales, sobre todo cuando se compara con otros factores tales como la adhesión del personal sanitario a las medidas habituales de prevención de la infección [26].

El Servicio Extremeño de Salud ha realizado durante el periodo 2004-2010, la reforma y ampliación de gran parte de su parque inmobiliario, utilizando en el desarrollo de las obras de reforma y ampliación la metodología citada.

El objetivo de este trabajo es analizar los resultados obtenidos en la aplicación de una metodología de gestión del mantenimiento de la bioseguridad ambiental en obras de reforma y ampliación de hospitales y otros centros socio-sanitarios, cuantificando el impacto económico de la gestión de la bioseguridad ambiental.

## 2. Materiales y métodos

En el desarrollo de este trabajo, relacionado con otros previos de los autores [27-29], se analizaron 42 obras de reforma y ampliación de centros sanitarios, realizadas por el Servicio Extremeño de Salud, desarrolladas entre 2004 y 2010 en Extremadura (España), 30 realizadas en hospitales (71%) y 12 en centros de salud (29%), con un presupuesto total superior a 58.000.000 € y se evaluaron las incidencias que en materia de bioseguridad fueron detectadas

Para determinar la repercusión de la bioseguridad en el desarrollo de cada una de las obras, se revisó el expediente técnico de la misma, el proyecto de ejecución, así como las incidencias que fueron documentadas en materia de bioseguridad ambiental en la Subdirección de Obras, Instalaciones y Equipamiento del Servicio Extremeño de Salud.

Para determinar la incidencia del Plan de Bioseguridad en las condiciones de Seguridad y Salud de la obra, se realizaron encuestas y entrevistas personales a los coordinadores de Seguridad y Salud de cada una de las obras analizadas.

Para realizar el análisis cuantitativo las obras se clasificaron según la producción de polvo, en cuatro grupos, en base al documento "Construction-related Nosocomial Infections in Patients in Health Care Facilities[30]. Los grupos fueron los siguientes:

- 1º Trabajos de inspección y actividades no invasivas.
- 2º Trabajos a pequeña escala o con un nivel mínimo de generación de polvo.
- 3º Trabajos que generan un nivel considerable de polvo o que conllevan la demolición de algún elemento.
- 4º Trabajos de demolición, construcción o reforma.

Las áreas afectadas por las obras se clasificaron en cinco zonas según su ubicación, el área afectada y su nivel de criticidad, utilizando como base lo establecido en el documento "Recomendaciones para la vigilancia, prevención y control de Infecciones en Hospitales en Obras" [22] e incluyendo modificaciones para extenderlo a otros edificios asistenciales:

- Z1: zonas interiores críticas
- Z1a: grandes actuaciones en Z1
- Z1b: actuaciones menores en Z1



Figura 1. Diagrama de bloques de la metodología utilizada.  
Fuente: Elaboración propia.

Z2: zonas interiores contiguas a las críticas  
 Z3: zonas interiores no incluidas en Z1 y Z2  
 Z4: zonas exteriores  
 CS: centros de salud

En cada una de las obras analizadas, se examinaron los siguientes documentos:

- Plan de Bioseguridad.
- Documento de aprobación del Plan de Bioseguridad.
- Anexos al Plan de Bioseguridad.
- Modificaciones del Plan de BSA y sus aprobaciones.
- Informe de las inspecciones periódicas realizadas por técnicos del Servicio de Obras.
- Incidencias de Bioseguridad Ambiental producidas en el desarrollo de la obra.
- Informe de inspección final de las obras.
- En la Fig. 1 se puede observar el proceso que se siguió durante el desarrollo y ejecución de las obras.

Para el mantenimiento de la bioseguridad en fase de obras se exigió un Proyecto de Bioseguridad Ambiental redactado por el equipo redactor del proyecto de obras, que a modo de documento independiente del proyecto pero inseparable de este, contenía toda la información necesaria para su comprensión, desarrollo y puesta en obra y que estaba compuesto por los siguientes documentos:

- Memoria
- Pliego de Condiciones
- Planos
- Mediciones y Presupuesto

El primer documento, la Memoria, describía de forma detallada la obra justificando pormenorizadamente las soluciones adoptadas, clasificando las áreas hospitalarias y pacientes de riesgo afectados, para determinar las áreas interiores y el nivel de criticidad de las mismas y definiendo el factor de riesgo de los pacientes. Para determinar las medidas de prevención a adoptar, se utilizó la Tabla 1, en la

Tabla 1.  
Medidas de prevención en función del grupo de riesgo y el tipo de obra.

CLASIFICACIÓN DE ÁREAS HOSPITALARIAS	INSPECCION Y ACTIVIDADES NO INVASIVAS	BAJA EMISIÓN DE POLVO	NIVEL MODERADO O ALTO DE POLVO	DEMOLICIÓN, CONTRUCCIÓN Y REFORMA
zonas comunes, oficinas, salas de baja ocupación,...	I	II	II	II-III
Z3 atención al paciente, zonas pacientes ambulantes, admisión,...	I	II	III	III
Z2 zonas contiguas a zonas críticas	II	IV	IV	IV
quirófanos alto riesgo, pacientes neutropénicos, UCI, REA,...				
Z1 resto quirófanos, REA, quemados, aislados,...	V	V	V	V
CS todas las zonas asistenciales del centro de salud	I	II	III	III

Fuente: Elaboración propia a partir de Public Health Agency of Canada, [30]

Tabla 2.  
Medidas de prevención a adoptar en función del nivel de riesgo.

Nivel	Riesgo	Medidas
I	Muy bajo	Mínimas
II	Bajo	Simples
III	Moderado	Medias
IV	Alto	Elevadas
V	Muy alto	Extremas

Fuente: Elaboración propia

que se representa mediante doble entrada, la elección de las medidas de prevención.

Según la zona de obras, en función del riesgo de los pacientes y la tipología de las mismas, se determinaron un paquete de medidas que detallaban todas las disposiciones de prevención, especialmente aquellas medidas destinadas a minimizar la generación de polvo, los procedimientos, la tipología y las características principales de la sectorización previa al comienzo de cada fase de obra [31]. En la Tabla 2 se exponen el tipo de medidas adoptadas en función del nivel de riesgo intrínseco de cada obra.

Se realizó una división por fases y sectorización de las obras definiendo las fases en las que se divide la obra, consensuadas previamente con los equipos asistenciales, evitando dejar al azar el orden en la realización de los trabajos de construcción y buscando el equilibrio entre la protección y la funcionalidad del hospital.

En el documento *Pliego de Condiciones*, se expresaban los procedimientos constructivos para sectorizar, el

protocolo de realización de los trabajos, los medios, herramientas, maquinaria y mano de obra necesaria para conseguir que se realicen en condiciones que minimicen la generación de polvo, los criterios de medición de las partidas abonables, así como otras cuestiones.

Otro de los documentos que conforman el proyecto de Bioseguridad, es el denominado *Mediciones y Presupuestos*, que incluía las partidas necesarias para realizar las medidas preventivas, la sectorización y el sellado de la zona de obras, la mano de obra precisa para el mantenimiento de dichas medidas, así como el desmontaje de las mismas, la limpieza y la desinfección necesaria.

El último documento, los *Planos*, aportaba la documentación gráfica necesaria para definir las zonas afectadas y su nivel de riesgo, el estado actual, el estado reformado, la división por fases y la programación, la sectorización, los sellados y los detalles que definen además las actuaciones necesarias para garantizar la bioseguridad de las zonas expuestas, indicando los espacios destinados a acopios, escombros y accesos de obra.

La Comisión de Obras [32] estaba formada por el Hospital (Dirección, Servicios de Ingeniería y Mantenimiento, Medicina Preventiva y responsables asistenciales de las áreas afectadas), la Dirección Facultativa de las obras, la Empresa Constructora y los Técnicos del Servicio de Salud, en representación del Órgano de Contratación. Elaboraba el documento: "Condiciones de Bioseguridad en la Programación de las Obras", en el que se analizaban pormenorizadamente las obras a realizar, la prioridad en el orden de ejecución, los traslados de pacientes y el mantenimiento o paro de la actividad asistencial. Este documento se utilizó como base para la elaboración del proyecto de bioseguridad ambiental.

El Proyecto de BSA, una vez supervisado con el resto del proyecto por la Oficina de Supervisión, era revisado por la Comisión de Obras al objeto de determinar su validez. En caso de que surgiese algún cambio asistencial no contemplado en los documentos previos, se remitía al Director del proyecto para adaptar el mismo a las nuevas necesidades asistenciales. Una vez realizadas y comprobadas las correcciones, la Comisión de Obras informaba favorablemente el Plan para que la dirección del centro sanitario procediese a su aprobación.

### 3. Resultados

Se ha analizado la distribución porcentual de las actuaciones realizadas en función de la actividad del área de intervención, observándose que las zonas críticas (Z1) representan el 17% de la muestra, las zonas colindantes con las críticas (Z2) el 33% y las zonas no incluidas en los anteriores apartados, denominadas Z3, el 50% de la muestra.

En la Tabla 3 se refleja las actuaciones realizadas durante el periodo 2004-2010, indicando el tipo de edificio, la criticidad del área afectada, la inversión en BSA realizada, el costo en medidas de BSA, el coste en medidas de sectorización y de ejecución, así como la repercusión de la BSA por unidad de superficie y la repercusión porcentual sobre el presupuesto de la obra.

Tabla 3. Inversión en BSA en obras sanitarias del Servicio Extremeño de Salud (2004-2010).

ÁREA	PRESUPUESTO		SECTORIZACIÓN		EJECUCIÓN TRABAJOS	
	€	€	%	€	%	
Z1a	28.633	24.868	86,85%	3.765	13,15%	
Z1b	4.173	2.477	59,36%	1.696	40,64%	
Z2	27.922	17.993	64,44%	9.929	35,56%	
Z3	2.223	1.703	76,61%	520	23,39%	
CS	1.816	1.568	86,34%	248	13,66%	

Fuente: Elaboración propia

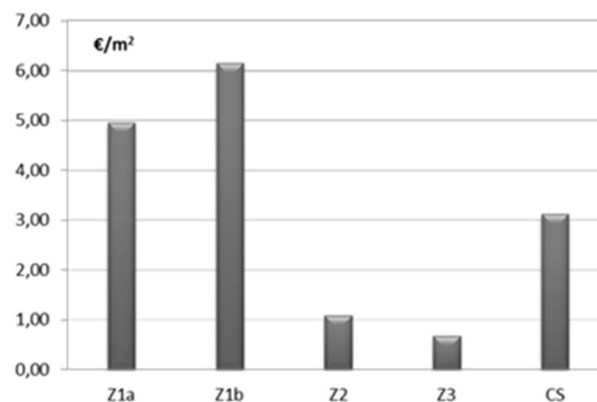


Figura 2. Inversión en BSA por unidad de superficie construida y zona de actuación.

Fuente: Elaboración propia.

Se contrastó que en ninguna de las actuaciones analizadas se produjeron brotes de infección nosocomial por *Aspergillus* o *Legionella* en pacientes ingresados en el centro sanitario, por causa de la ejecución de obras de reforma y/o ampliación en el mismo.

En la Fig. 2 se ha representado la inversión por unidad de superficie construida en bioseguridad, en función de la zona donde se ha producido la intervención. Se observa que la inversión en BSA en obras de centros sanitarios osciló entre los 0,67 y los 6,15 €/m<sup>2</sup>, teniendo una mayor repercusión porcentual en las obras de menor escala que se realizan en las áreas críticas (Z1) de centros hospitalarios.

Por otro lado se detectó que en actuaciones realizadas en unidades críticas de bajo volumen de obra, la repercusión por unidad de superficie es de 6,15 €/m<sup>2</sup> mayor que en actuaciones de mayor envergadura, cuya media es de 4,95 €/m<sup>2</sup>. También se apreció que conforme es menos trascendente la zona de intervención, y está más alejada de las zonas críticas, zonas Z2 y Z3, la repercusión por unidad de superficie disminuye proporcionalmente, obteniéndose valores de 1,08€/m<sup>2</sup> y 0,67 €/m<sup>2</sup> respectivamente.

En la Fig. 3 se ha representado la relación entre la inversión en BSA y el presupuesto de la obra expresado porcentualmente, en función de la zona donde se ha producido la intervención. La repercusión porcentual media del proyecto de bioseguridad sobre el presupuesto de ejecución material de la obra, fue de un 1,07% en obras de reforma y ampliación de hospitales y de un 0,57% en obras de reforma de Centros de Salud.

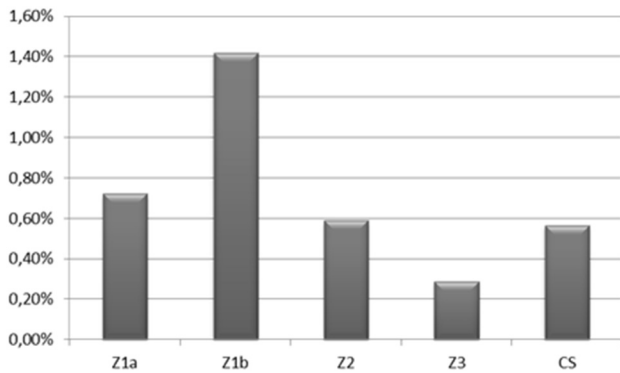


Figura 3. Relación entre inversión en BSA y presupuesto de obra por zonas de actuación.

Fuente: Elaboración propia.

La mayor parte de la inversión en bioseguridad se realiza en tareas de sectorización. En zonas críticas la sectorización supuso el 26,89% del presupuesto, mientras que en el resto de zonas el porcentaje fue del 29,48%. La inversión mayor en sectorización corresponde a pequeñas actuaciones en zonas críticas, cuya sectorización consumió el 40,64% del presupuesto de la obra.

Los técnicos redactores de los proyectos incrementaron su volumen de trabajo en la fase de redacción del proyecto, aunque durante la ejecución de la obra, en su faceta de directores de ejecución, vieron como disminuía su responsabilidad directa, según entrevistas realizadas tras la finalización de las obras.

La mejora de las condiciones de seguridad y salud en la obra, mejoraron en el 92,3% de los casos según una encuesta efectuada a cada Coordinador de Seguridad y Salud, debido a la mejora de los aspectos relativos al orden, la limpieza y las circulaciones en la zona afectada por la obra. De esta forma se disminuye proporcionalmente la probabilidad de accidentes durante la fase de ejecución.

#### 4. Discusión

Se ha demostrado que la gestión de la bioseguridad ambiental en obra supone una baja inversión, que implantada previamente a la ejecución de las obras, minimiza la generación y transmisión de polvo y evita la estratificación del aire, disminuyendo la probabilidad de infección nosocomial. La repercusión media del proyecto de bioseguridad sobre el presupuesto de obra en las zonas críticas, ha sido superior en pequeñas obras que en grandes reformas de centros sanitarios. La sectorización en actuaciones menores, requerirán mayor esfuerzo en sectorización que en otras mayores, en las que será necesario clausurar completamente el área, con lo que la sectorización tendrá un peso menor.

En la distribución del presupuesto, las medidas destinadas a sectorizar las zonas afectadas supusieron un peso elevado respecto a otras medias relacionadas con los métodos de trabajo.

El hecho de tener valoradas y presupuestadas previamente las medidas de contención necesarias para garantizar la BSA en la fase de obra permite garantizar la adecuada financiación de las mismas, al preverse con

antelación los recursos necesarios para su ejecución. Además, la mejora de las condiciones de seguridad y salud en fase de obra y la mínima inversión realizada, producen una rápida amortización, eliminando riesgos y sus posibles consecuencias.

Es aconsejable utilizar el Plan de BSA como estudio singular con entidad propia, independiente del Estudio de Seguridad y Salud de la obra, para definir el tipo de medidas a emplear en función del tipo de obra. Aunque a priori puede parecer lógico incluir la BSA dentro del marco de la Seguridad y Salud de las obras, en el transcurso de este trabajo se ha puesto de manifiesto que es preferible separar ambos documentos, pues tienen objetivos distintos, distinta tramitación e intervienen distintos agentes.

Es conveniente dar traslado de la importancia de las medidas de bioseguridad y salud al Órgano de Contratación, para que incluya en los Pliegos de Condiciones cláusulas que obliguen contractualmente a los contratistas de las obras a respetar las medidas y los procedimientos que se adopten, indicando que algunas de estas medidas afectará a los procedimientos constructivos y al orden de ejecución y a la división por fases de los trabajos, disminuyendo posiblemente el rendimiento y por tanto alterando la productividad de los mismos, variables que deberán ser tenidos en cuenta a la hora de ofertar en el proceso de licitación de las obras.

#### 5. Conclusiones

El proyecto de BSA mejora la planificación y el desarrollo de las obras evitando dejar actuaciones al azar o al criterio de las empresas contratistas y su dotación económica permite exigir su ejecución durante las obras.

Con respecto a otros estudios similares, se aportan datos reales que permiten evaluar las medidas de bioseguridad para presupuestar adecuadamente, analizando una muestra muy amplia, que sirve de referencia para evaluar el coste de las medidas de BSA, pues la estrategia de prevención tiene dos fases, la previa o proyectual y la de obras, y las últimas no pueden desarrollarse plenamente si no han sido previamente previstas, planificadas y dotadas presupuestariamente. El estudio presenta las limitaciones propias de estar circunscrito a un territorio concreto, Extremadura, y la posibilidad de infra-notificación de incidencias por los responsables de control y evaluación de las medidas.

#### References

- [1] Centers for Disease Control and Prevention, Prevention and control of nosocomial pulmonary aspergillosis. Guidelines for Prevention of Nosocomial Pneumonia. MMWR 46 pp. 58-62, 1997.
- [2] Astagneau, P. y Gambotti, L., Infecciones nosocomiales. EMC-Tratado de Medicina, 11 (2), pp.1-5, 2007. [http://dx.doi.org/10.1016/S1636-5410\(07\)70640-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1636-5410(07)70640-2)
- [3] Iwen, P.C., Davis, J.C., Reed, E.C. et al., Airborne fungal spore monitoring in a protective environment during hospital construction, and correlation with an outbreak of invasive aspergillosis. Infection Control and Hospital Epidemiology, 15 (5), pp. 303-306, 1994. <http://dx.doi.org/10.2307/30146558> <http://dx.doi.org/10.1086/646916>
- [4] Martínez-Hernández, J., Manual de higiene y medicina preventiva hospitalaria. Madrid: Diaz de Santos, 2006.

- [5] Albarca, S., Candau, A., Cisneros, J.M. et al., Manual para la prevención y control de la legionelosis, aspergilosis y tuberculosis en instalaciones sanitarias. Junta de Andalucía, España, 2002.
- [6] Generalitat de Catalunya, Prevenció de la infecció nosocomial relacionada amb el desenvolupament d'obres als centres sanitaris. Barcelona: Departament de Salut de Pública, España, 2007.
- [7] Lago, J. and Falcón, D., El taller de hospitales en obras: Una experiencia de participación. Gestión y Evaluación de Costes Sanitarios, 3 (4), pp. 417-421, 2002.
- [8] Gaspar, C., Mariano, A., Cuesta, J. et al., Brote de micosis pulmonar invasiva en pacientes hematológicos neutropénicos en relación con obras de remodelación. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, 17 (3), pp.113-118, 1999.
- [9] Goebes, M.D., Baron, E.J., Mathews, K.L., et al., Effects of buildings constructions in a hospital. Infection Control and Hospital Epidemiology, 29, pp. 462-464, 2008. <http://dx.doi.org/10.1086/587189>
- [10] Bouza, E., Peláez, T., Pérez-Molina, J. et al., Demolition of a hospital building by controlled explosion: The impact on filamentous fungal load in internal and external air. Journal of Hospital Infection, 52, pp. 234-242, 2002. <http://dx.doi.org/10.1053/jhin.2002.1316>
- [11] Dettenkofer, M., Seegers, S., Antes, G. et al., Does the architecture of hospital facilities influence nosocomial infection rates? A systematic review. Infection Control and Hospital Epidemiology, 25, pp. 21-25, 2004. <http://dx.doi.org/10.1086/502286>
- [12] Sánchez-Payá, J., Prevención de la aspergilosis nosocomial. Revista Iberoamericana de Micología, 17, pp. 100-102, 2000.
- [13] Gangneux, J.P., Adjide, C.C., Bernard, L. et al., Quantitative assessment of fungal risk in the case of construction works in healthcare establishments: Proposed indicators for the determination of the impact of management precautions on the risk of fungal infection. Journal of Mycologie Medicale, 22 (1), pp. 64-71, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mycmed.2012.01.003>
- [14] Falvey, D.G. and Streifel, A.J., Ten-year air sample analysis of Aspergillus prevalence in a university hospital. Journal of Hospital Infection, 67, pp. 35-41, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2007.06.008>
- [15] Lee, L., Berkheiser, M., Jiang, Y. et al., Risk of bioaerosol contamination with Aspergillus species before and after cleaning in rooms filtered with high-efficiency particulate air filters that house patients with hematologic malignancy. Infection Control and Hospital Epidemiology, 28, pp. 1066-1070, 2007. <http://dx.doi.org/10.1086/519866>
- [16] Panagopoulou, P., Filioti, J., Petrikos, G. et al., Environmental surveillance of filamentous fungi in three tertiary care hospitals in Greece. Journal of Hospital Infection, 52, pp. 185-191, 2002. <http://dx.doi.org/10.1053/jhin.2002.1298>
- [17] Molina, J., Bolaños, M. y Santandreu, E., Baja incidencia de aspergilosis invasiva en un área hospitalaria en obras. Medicina Clínica, 127 (1), pp. 127-595, 2006.
- [18] Curtis, L., Cali, S., Conroy, L. et al., Aspergillus surveillance project at a large tertiary-care hospital. Journal of Hospital Infection, 59, pp. 188-196, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2004.05.017>
- [19] López, F., Cuadros, F., Segador, C., Ruiz, A., García Sanz-Calcedo, J. et al., Edificio PETER. Un ejemplo de construcción bioclimática y de integración de energías renovables. Dyna Ingeniería e Industria, 86 (2), pp. 212-221, 2011. <http://dx.doi.org/10.6036/3911>
- [20] Simmons, B.P., Guidelines for the prevention and control of nosocomial infections. Guidelines for hospital environmental control. Infection Control and Hospital Epidemiology, 11, pp. 183-199, 1983.
- [21] Robles, M., Dierssen, T., Llorca, F.J. et al., Prevención de la infección nosocomial de origen fúngico: verificación de la bioseguridad ambiental en quirófanos. Revista Clínica Española, 205 (12), pp. 601-606, 2005. [http://dx.doi.org/10.1016/S0014-2565\(05\)72653-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0014-2565(05)72653-9)
- [22] Instituto Nacional de la Salud, Recomendaciones para la vigilancia, prevención y control de Infecciones en Hospitales en Obras. Grupo de trabajo de la Sociedad Española de Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene e Insalud. Madrid: Insalud, 2000.
- [23] Ruiz-Camps, I., Aguado, J.M., Almirante, B. et al., Recomendaciones sobre la prevención de la infección fúngica invasora por hongos filamentosos de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, 28 (3), pp. 28-172, 2010.
- [24] Bradley, V., Watts-Douglas, V.C., Brian, S. and Peter-Mills, D., Developing unique engineering solutions to improve patient safety. Journal of Healthcare Engineering, 3 (3), pp. 431-442, 2012. <http://dx.doi.org/10.1260/2040-2295.3.3.431>
- [25] Mulá, F. and Valeri, J.M., El proyecto y el estudio de seguridad y salud. Control de infecciones por obras en centros sanitarios. Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria. Madrid, España, 2005.
- [26] Morillo-García, A., Bioseguridad ambiental en la ejecución de obras hospitalarias. Anuario. Madrid: Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria, 2013.
- [27] García Sanz-Calcedo, J., López-Rodríguez, F. and Cuadros, F., Quantitative analysis on energy efficiency of health centers according to their size. Energy and Buildings, 73, pp. 7-12, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.01.021>
- [28] García Sanz-Calcedo, J., Trejo, P., Rubio, B. et al., Proyecto y ejecución de obras hospitalarias: protocolos de bioseguridad y salud en zonas en obras. Medicina Preventiva, 13, pp. 159-160, 2007.
- [29] Monzón-González, P., García Sanz-Calcedo, J., Fernández-Tardío, F.D. y Domínguez-Serrano, M.V. Gestión de la bioseguridad ambiental en fase de proyecto de obras en recintos hospitalarios. Todo Hospital, 277, pp. 9-20, 2012.
- [30] Public Health Agency of Canada. Construction-related nosocomial infections in patients in health care facilities. Decreasing the risk of aspergillus, legionella and other infections. Canada Communicable Disease Report, v. 27S2. Ottawa, Canada, 2001.
- [31] Llevot, J., Una introducción a la evaluación de la ventilación en quirófanos. Todo Hospital, 262, pp. 759-763, 2009.
- [32] Benítez, J.M., Bioseguridad ambiental en un hospital con grandes obras: medidas correctoras y organización de control. Todo Hospital, 229, pp. 439-445, 2006.

**J. García Sanz-Calcedo**, es Dr. Ing. Industrial e Ing. Mecánico por la Universidad de Extremadura, España, MSc. en Gestión de Instituciones Sanitarias por la Universidad Autónoma de Madrid, España y Máster en Prevención de Riesgos Laborales. Ha sido alumno del programa de Alta Dirección en Instituciones Sanitarias del IESE. Formado en la empresa privada, se incorpora al área sanitaria pública en el año 1990 como Jefe de Servicio de Obras y Mantenimiento, Subdirector de Gestión y Subdirector General de Obras, Instalaciones y Equipamiento. Actualmente es Profesor Contratado Doctor en la Universidad de Extremadura, España. Como investigador, se ha especializado en infraestructuras sanitarias, participando en proyectos de investigación internacionales y dirigiendo varias tesis relacionadas con la gestión sanitaria. Ha publicado multitud de artículos y libros relacionados con la ingeniería hospitalaria y ha realizado estancias en universidades de Alemania, Polonia, Eslovenia, Rumanía, Francia, Chile y Colombia.

**P. Monzón-González**, es Ing. de la Edificación y Arquitecto Técnico por la Universidad de Extremadura, España. Ha trabajado en la empresa privada y desde 2002 es Jefe de Sección de Obras e Instalaciones del Servicio Extremeño de Salud. Ha investigado en asuntos relacionados con la ingeniería hospitalaria y la bioseguridad.