

# Evaluación del impacto económico, organizativo y de la seguridad de la dispensación robotizada de fármacos en hospitales en España

Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias

**INFORMES, ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN**



MINISTERIO  
DE SANIDAD, CONSUMO  
Y BIENESTAR SOCIAL



RED ESPAÑOLA DE AGENCIAS DE EVALUACIÓN  
de Tecnologías y Productos en Salud



Generalitat de Catalunya  
**Departament  
de Salut**



Agència de Qualitat  
i Avaluació Sanitàries  
de Catalunya



# Evaluación del impacto económico, organizativo y de la seguridad de la dispensación robotizada de fármacos en hospitales en España

Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias

**INFORMES, ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN**

Evaluación del impacto económico, organizativo y de la seguridad de la dispensación robotizada de fármacos en hospitales en España / Emmanuel Giménez, Jillian Reynolds y Mireia Espallargues.— Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya. Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. 2019.- 134 p; 24 cm.- (Colección: Informes, estudios e investigación / Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias)

1. Medicamentos 2. Atención farmacéutica 3. Robots

I. España. Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social

II. Cataluña. Departament de Salut. Generalitat de Catalunya

III. Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya

Para citar este informe:

Giménez E, Reynolds J, Espallargues M. Evaluación del impacto económico, organizativo y de la seguridad de la dispensación robotizada de fármacos en hospitales en España. Barcelona: Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya. Departament de Salut. Generalitat de Catalunya; 2019 (Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias).

© 2019 Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social

© 2019 Generalitat de Catalunya. Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya

Editan:

Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social.

Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya. Departament de Salut. Generalitat de Catalunya

Corrección: Rosa Farré

Maquetación: Joana López

Diseño: Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social.

Nipo: 731-19-010-2

Este documento puede ser reproducido parcial o totalmente para su uso no comercial, siempre que se cite explícitamente su procedencia

# Evaluación del impacto económico, organizativo y de la seguridad de la dispensación robotizada de fármacos en hospitales en España

## Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias

Este documento se ha realizado por la Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya en el marco de la financiación del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad para el desarrollo de las actividades del Plan anual de trabajo de la Red Española de Agencias de Evaluación de Tecnologías Sanitarias y Prestaciones del SNS, aprobado en el Pleno del Consejo Interterritorial de 1 de diciembre de 2017 (conforme al Acuerdo del Consejo de Ministros de 8 de noviembre de 2017).



MINISTERIO  
DE SANIDAD, CONSUMO  
Y BIENESTAR SOCIAL



RED ESPAÑOLA DE AGENCIAS DE EVALUACIÓN  
de Tecnologías y Prestaciones del Sistema Nacional de Salud



Generalitat de Catalunya  
**Departament  
de Salut**



Agència de Qualitat  
i Avaluació Sanitàries  
de Catalunya



# Información preliminar

## Autoría

**Emmanuel Giménez.** Autor.

Licenciado en estadística, y en Investigación en Técnicas de Mercado. Máster en salud pública. Redacción y ejecución del proyecto y de la revisión sistemática. Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya (AQuAS).

**Jillian Reynolds.** Autora.

Licenciada en Ciencias Políticas y de la Administración. Master en Políticas Públicas y Sociales. Apoyo en la revisión sistemática como segunda revisora y coordinación de la redacción del documento. Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya (AQuAS)

**Mireia Espallargues.** Autora.

Doctora en Medicina y Cirugía, especialista en Medicina Preventiva y Salud Pública. Coordinación y supervisión general. Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya (AQuAS), Departament de Salut. Generalitat de Catalunya; Red de Investigación en Servicios de Salud en Enfermedades Crónicas (REDISSEC)

## Otros participantes

**Marta Millaret.**

Documentalista, Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya (AQuAS), Departament de Salut. Generalitat de Catalunya

**Laura Vivo Vivancos.**

Apoyo en obtención de la documentación, Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya (AQuAS), Departament de Salut. Generalitat de Catalunya.

## Coordinacion

Coordinación técnica:

**Mireia Espallargues y Jillian Reynolds**

Coordinación administrativa:

**Arantxa Romero.**

Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya (AQuAS)

## Declaración de conflictos de interés

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés que puedan competir con el interés primario y los objetivos de este informe e influir en su juicio profesional al respecto.

## Agradecimientos

Este informe de evaluación ha sido sometido a un proceso de revisión externa. Esta colaboración se ha asociado a un compromiso escrito de ausencia de conflicto de intereses. La Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya agradece a la Dra. Pilar Salvador (Servicio de Farmacia de Hospital Universitari Sant Joan de Reus), a la Dra. Maria José Otero (Servicio de Farmacia de Complejo Asistencial Universitario de Salamanca) y Montserrat Gasol (Servei Català de Salut) su colaboración y los comentarios aportados. Se dio un plazo de dos semanas que acabaron completándose en un período alrededor de un mes y medio para ejecutar los comentarios o sugerencias al borrador final del informe.

Se hace también un agradecimiento explícito a los siguientes profesionales que participaron en el proyecto a través de una entrevista presencial o telefónica de acuerdo al guión incluido en el Anexo 1 de este informe en que reflejaron su experiencia como usuarios de la tecnología evaluada.

## Profesionales participantes en las entrevistas sobre robotización en Farmacia Hospitalaria

N	Profesional del servicio de farmacia hospitalaria	Centro asistencial donde ejerce
1	Santiago Grau	Hospital del Mar de Barcelona
2	Carlos José Lamela	Hospital Vital Álvarez-Buylla de Mieres
	Jose Miguel Brea	Hospital Vital Álvarez-Buylla de Mieres
3	Carlos Gustavo García-Collado	Hospital Virgen de las Nieves de Granada
	Alberto Jiménez	Hospital Virgen de las Nieves de Granada
4	Pilar Salvador	Hospital Universitario Sant Joan de Reus
5	Ana Herranz	Complejo Hospitalario Universitario Gregorio Marañón
6	MaAntònia Mangués María Gámez	Hospital de la Santa Creu i de Sant Pau de Barcelona
7	Jose Luis Poveda	Hospital Universitario La Fe de Valencia
8	Adolfo Paradela	Hospital Xeral Cíes/ Hospital Álvaro Cunqueiro de Vigo
9	Carles Codina	Hospital Clínic i Provincial de Barcelona

Se hace un agradecimiento explícito adicional a:

- Maria Giner (IDIAP Jordi Gol (anteriormente usuaria de dispensación robotizada en el Hospital del Mar de Barcelona)) que ayudó, a través de una entrevista adicional, a conocer mejor el funcionamiento de los robots.
- Consuelo Climent (Hospital Clínic de Barcelona) que ayudó, a través de entrevista adicional, con aportaciones de conocimiento e información sobre seguridad y errores de medicación en el entorno hospitalario.

Este documento se ha realizado por la Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya en el marco de la financiación del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad para el desarrollo de las actividades del Plan anual de trabajo de la Red Española de Agencias de Evaluación de Tecnologías Sanitarias y Prestaciones del SNS, aprobado en el Pleno del Consejo Interterritorial de 1 de diciembre de 2017 (conforme al Acuerdo del Consejo de Ministros de 8 de noviembre de 2017).



# Abreviaturas

<b>AA(M)</b>	Acontecimientos Adversos (de Medicación)
<b>AAP</b>	Acontecimientos Adversos por medicamentos Prevenibles
<b>ADA</b>	Armarios de Dispensación Automatizada
<b>ADD</b>	Automated Dispensing Devices
<b>AE</b>	Auxiliares de Enfermería
<b>AE/IE/OE/PE</b>	Análisis/Intervención/Outcome/Población erróneos
<b>AGV</b>	Vehículos Guiados de forma Automática
<b>AQuAS</b>	Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya
<b>BCMA</b>	Bar Code Medication Administration
<b>CADTH</b>	Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health
<b>CH</b>	Complejo Hospitalario
<b>CNH</b>	Catálogo Nacional de Hospitales
<b>CPOE</b>	Computerized Prescriber Order Entry
<b>CRD</b>	Centre of Reviews and Dissemination
<b>DAFO</b>	Debilidades-Amenazas-Fortalezas-Oportunidades
<b>EJHP</b>	European Journal of Hospital Pharmacy
<b>ENEAS</b>	Estudio Nacional sobre los Efectos Adversos ligados a la Hospitalización
<b>EM</b>	Errores de Medicación
<b>EMOPEM</b>	Estudio Multicéntrico español para la Prevención de Errores de Medicación
<b>F</b>	Farmacéutico
<b>FH</b>	Farmacia Hospitalaria
<b>MCDA</b>	Multiple Criteria Decision Analysis
<b>ND</b>	No Disponible
<b>NICE</b>	National Institute for Health Care and Excellence
<b>PEA</b>	Prescripción electrónica asistida
<b>PICOTS</b>	Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Timing, Setting
<b>PRISMA</b>	Proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analysis
<b>PNT</b>	Procedimiento Normalizado de Trabajo
<b>PsE</b>	Personal sin experiencia
<b>RAM</b>	Reacciones Adversas a Medicamentos
<b>RRHH</b>	Recursos Humanos

<b>RFID</b>	Radio Frequency Identification
<b>ROI</b>	Return of Investment (Retorno de la Inversión)
<b>RS</b>	Rotura de stock
<b>SAA</b>	Sistema Automático de Almacenamiento
<b>SAD</b>	Sistema Automático de Dispensación
<b>SADME</b>	Sistema Automático de Dispensación de Medicamentos
<b>SDMU</b>	Sistema de distribución de medicamentos en dosis unitaria
<b>SEFH</b>	Sociedad Española de Farmacia Hospitalaria
<b>SF(H)</b>	Servicio de Farmacia (Hospitalaria)
<b>TF</b>	Técnico Farmacéutico
<b>SISCAT</b>	Sistema Sanitari Integral d'Utilització Pública de Catalunya
<b>SNS</b>	Sistema Nacional de Salud
<b>UAP</b>	Unidad de Atención al Paciente
<b>UCE</b>	Unidad de Corta Estancia
<b>UCI</b>	Unidad de Cuidados Intensivos
<b>URV</b>	Unidades Relativas de Valor
<b>VA</b>	Valor Aproximado

# Índice

<b>ABREVIATURAS</b>	<b>11</b>
<b>RESUMEN ESTRUCTURADO</b>	<b>15</b>
<b>ENGLISH SUMMARY</b>	<b>19</b>
<b>RESUM</b>	<b>23</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>27</b>
1.1. La automatización en la farmacia hospitalaria	27
1.2. Impacto de la automatización de la dispensación	33
1.3. La automatización robotizada de la dispensación	36
1.4. Justificación	43
<b>2. OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>45</b>
2.1 Objetivos	45
2.2 Alcance	45
<b>3. METODOLOGÍA</b>	<b>47</b>
3.1 Revisión sistemática de la literatura	47
3.2. Entrevistas en profundidad a expertos	50
3.3. Análisis económico de retorno de la inversión	51
3.3.1 Generalidades del caso base	51
3.3.2. Escenarios del análisis	53
3.3.3. Costes unitarios	53
3.3.4. Fuentes de información y partidas para el análisis económico	54
3.3.5 Análisis de sensibilidad	58
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>59</b>
4.1. Revisión sistemática de la literatura	59
4.2. Resultados de las entrevistas	65
4.3. Resultados del análisis económico	75
4.3.1. Ahorros potenciales por partida en el caso base	75
4.3.2. Retorno de la inversión en el caso base	75
4.3.3 Análisis de sensibilidad	78
<b>5. DISCUSIÓN</b>	<b>81</b>
5.1. Discusión del método	81
5.2. Discusión de los resultados	87
5.3. Interpretación de los resultados	89

<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>95</b>
6.1. Conclusiones	95
6.2. Recomendaciones	96
<b>ANEXOS</b>	<b>99</b>
ANEXO 1. GUIÓN DE LAS ENTREVISTAS	99
ANEXO 2. TERMINOLOGÍA SOBRE ERRORES DE MEDICACIÓN <sup>65</sup> ,	105
ANEXO 3. VALORACIÓN DE LA EFECTIVIDAD CLÍNICA DE LA ROBOTIZACIÓN	107
ANEXO 4. ESTUDIOS SELECCIONADOS	109
ANEXO 5. CALIDAD DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS Y DE LA REVISIÓN SISTEMÁTICA	111
ANEXO 6. EXCLUSIÓN DE ESTUDIOS DE LA REVISIÓN SISTEMÁTICA	117
ANEXO 7. ALGORITMOS DE BÚSQUEDA	123
ANEXO 8. PRE-POST EN LAS NECESIDADES DE RECURSOS HUMANOS DE FARMACIA HOSPITALARIA	125
REFERENCIAS	127

# Resumen estructurado

## Introducción

La implantación de robots para automatizar las tareas relacionadas con la dispensación de la farmacia hospitalaria es un proceso estimable como de alto coste. En 2017 más de 20 hospitales en España ya la han implementado. No existe ningún estudio actualizado que revise la seguridad o el impacto en el proceso de dispensación de su implementación bajo la perspectiva del Sistema Nacional de Salud.

## Objetivo

Evaluar el impacto de la implantación de la dispensación robotizada de fármacos en hospitales en sustitución de la dispensación no robotizada en el Sistema Nacional de Salud español en términos de seguridad, impacto organizativo y retorno económico de la inversión.

## Metodología

Se realizó una revisión sistemática de la literatura sobre la seguridad y cambios en el proceso de dispensación (cambio organizativo) en farmacia hospitalaria asociados a la implantación de robotización. La recogida de información se complementó con 9 entrevistas en profundidad a responsables de farmacia hospitalaria de centros situados en España que contaran con experiencia en la implementación de la robotización en la dispensación, con quienes se discutieron los resultados preliminares de la revisión sistemática para valorar su grado de acuerdo y detectar posibles vacíos o imprecisiones. Finalmente, se realizó un análisis económico de retorno de la inversión diferenciando implementar el proceso en cuatro hospitales hipotéticos de 300, 600, 900 y 1200 camas en pacientes ingresados (proceso integral de unidosis) y externos.

## Resultados

Se encontraron 33 documentos elegibles para una lectura completa y se incluyó información de 15 documentos que cumplieron criterios PICOTs (Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Timing, Setting) y de inclusión para la revisión sistemática. El principal resultado de **cambio en la seguridad** encontrado sobre el proceso pre-post robotización en pacientes **ingresados** fue una reducción en los errores de dispensación, pasando de una oscilación entre 0,8-1% (pre) a una variación entre 0,08-0,13% (post). Asimismo, los errores de dispensación encontrados para pacientes **externos** oscilaron en general entre 0,64%-1,3% (pre), y entre 0,27%-0,6% (post).

Por otro lado, los errores de administración pasarían de un 10,6% previo a la dispensación robotizada en pacientes **ingresados** a un 5% de forma posterior.

El principal resultado de **cambio organizativo** en pacientes **ingresados** fue la constatación de que se reducen tanto las necesidades de recursos de enfermería, como el tiempo de selección de stock y el valor anual del inventario. Asimismo, se observa que el efecto de la dispensación robotizada en pacientes externos es tal que se reduce la necesidad de técnicos farmacéuticos y/o auxiliares de enfermería, administrativos y profesionales de almacén. También se observan mejoras en este ámbito asociados a la gestión de stock e inventario. En resumen, se da respuesta a la enorme carga y complejidad que tiene en el momento actual el almacenamiento, dispensación y control de los medicamentos en los hospitales, permitiendo reorganizar y optimizar este circuito.

A raíz de las entrevistas en profundidad realizadas, se puede constatar que:

- los datos de seguridad clínica de los pacientes publicados en artículos científicos podrían tener un sesgo de publicación (a favor de publicar resultados más óptimos), si bien también las ventajas en errores de administración podrían llegar a ser mayores;
- hechos estos matices, los profesionales entrevistados estuvieron en general de acuerdo con los resultados clínicos de la revisión sistemática;
- los datos de recursos humanos publicados en la literatura científica podrían no ser aplicables al contexto español dado que las dotaciones en los servicios de farmacia hospitalaria españoles son inferiores a la de otros países;
- la implantación de robots implica una reducción de necesidad de profesionales en actividades de distribución. No obstante, a la práctica, esto no implicó reducciones de plantilla ya que se compensó premiando la calidad de la dispensación, la mejora de la atención farmacéutica redundando en mejores resultados en salud, y la adaptación a la creciente demanda (más pacientes crónicos, más tratamientos dispensados en el hospital...);
- se valoró con un ocho o más sobre diez la decisión de llevar a cabo la inversión en dispensación robotizada en farmacias hospitalarias

El estudio económico complementario muestra que la robotización para el proceso de dispensación en pacientes externos tendría un retorno de la inversión de más de 10 años, 7, 6 y 5 años asociados a hospitales de unas 300,

600, 900 y 1.200 camas respectivamente. Estos valores corresponderían a 8, 4, 4 y 3 si se consideraran unos casos base con una reducción del precio del robot del 50%. Recordando que estos robots no se desarrollaron como estrategia de mejora de la seguridad sino para mejorar la eficiencia del sistema de dispensación, las partidas más importantes asociadas al impacto económico y beneficio corresponden al inventario y a los recursos humanos.

El estudio económico muestra que el retorno de la inversión de la robotización del proceso en pacientes **ingresados** correspondería en el caso base para cualquier número de camas a más de 10 años. Este valor se reduciría a 9-8 años en los centros con 900-1.200 camas si el coste del robot considerado en el caso base se redujera en un 50% y se fuera más laxo en la hipótesis de equiparar el porcentaje de errores con potencial daño en administración y dispensación. Las partidas más importantes asociadas al impacto económico y beneficio corresponden a los recursos humanos y a la seguridad.

### **Recomendaciones:**

Los resultados sugieren que, en general, en centros con unas

- 300 camas, sólo se plantearía la robotización en pacientes externos, y sólo en el caso que el valor del inventario fuera muy superior a los 5.700€ por cama considerados.
- 600 o 900 camas, se debe valorar la robotización en
  - pacientes **externos** si un retorno de la inversión a 6 o 7 años y el gasto del robot son prioritarios y asumibles para un centro. En este sentido, (1) la reducción del precio del robot considerado en el modelo al 50% implicaría un retorno de inversión mucho más asumible, (2) la prioridad podría venir impulsada por una ausencia de políticas de recursos humanos para reajustar las crecientes necesidades de los servicios de farmacia (ver ejemplos en Anexo 8) o (3) la prioridad podría venir impulsada por porcentajes pre-errores de seguridad muy superiores a los anteriormente anotados o (4) la prioridad podría venir impulsada por una gestión de inventario mejorable (baja rotación de stock).
  - pacientes **ingresados**, si fueran hospitales de 900 camas y, de nuevo, si: (a) el gasto es asumible por el centro, (b) se tiene una mentalidad de inversión con potenciales ahorros a largo plazo (10 años o más), (c) se garantiza el porcentaje de dosis que entran en el robot, (d) se parte de una hipótesis de errores de dispensación con potencial daño similar al de los de administración, y/o

(e) como se ha descrito, hubiera una reducción considerable del precio considerado en el caso base del modelo. Adicionalmente, sería de especial valor añadido para la decisión de la robotización la convergencia con los puntos (2), (3) y (4) del punto anterior.

- 1.200 camas, se debe valorar la robotización en
  - pacientes **externos** ya que tiene un retorno de la inversión en un plazo estimable como razonable (5 años), y especialmente si hay una baja rotación de stock. Asimismo, puede resultar prioritario si el gasto es asumible en el centro y en los supuestos 1 al 4 presentados anteriormente (en el apartado de 600-900 camas en pacientes externos).
  - pacientes **ingresados** en los supuestos del punto anterior sobre pacientes ingresados, así como se puede considerar de valor añadido para la decisión el hecho de dispensarse muchas más de 3.600 dosis unitarias al año por cama, generándose posibles sinergias de valor añadido.

Es relevante anotar, en paralelo, que las inversiones en robotización en la dispensación hospitalaria tienen sentido siempre que se busque un modelo prioritariamente (que no tiene porqué ser exclusivamente) centralizado en la farmacia. Asimismo, los resultados del estudio económico están sujetos a la gran variabilidad de los perfiles de hospitales del Sistema Nacional de Salud. Resulta notable aprovechar la inversión en caso de traslado o fusión hospitalaria en hospitales de 900/1.200 camas. También debería considerarse la asignación presupuestaria necesaria para la robotización en comparación con otras oportunidades de inversión similares, en función de las líneas estratégicas de priorización del centro, y siempre considerando el potencial en salud que se ganaría asignando a los farmacéuticos hospitalarios funciones terapéuticas en vez de realizando tareas de distribución.

Finalmente, la intervención en forma de robotización de la dispensación farmacéutica hospitalaria debería de venir acompañada de una planificación general con objetivos definidos y una recogida protocolizada de resultados mínimos pre-post de proceso, y a poder ser, de resultados en salud, para poder facilitar la toma de decisiones futura en este campo, así como para evaluar la decisión tomada.

# English summary

## Economic, organization and safety impact of drug robotic dispensing in Spanish hospitals

### **Introduction**

Introducing robotization in hospitals to automate drug dispensing systems is a process of high costs. More than 20 Spanish hospitals have already implemented it in 2017. Up to now, there are not any updated studies that have reviewed drug dispensing process safety or impact of implementation under the prospect of the Spanish National Health System.

### **Objective**

Estimate the impact of the implantation of drug robotic dispensing systems in Spanish hospitals for replacing non-robotic dispensing systems in the Spanish National Health System. This analysis will focus on safety and economic return of the investment.

### **Methods:**

A systematic review of the literature on safety and organizational changes when introducing robotization in the drug dispensing process in hospitals was carried out. Preliminary results of this review were discussed with nine pharmacy heads who had experience in introducing robotization. The aim of these interviews was to find coincidence points, gaps or imprecisions taking into account their opinions and the results of the literature review. An economic analysis was eventually conducted to know the investment return with four hypothetical models for hospitals of 300, 600, 900 and 1,200 beds (unidose integral process) and outpatients.

### **Results:**

Thirty three documents were selected for a comprehensive reading. Fifteen accomplished with the criteria of the PICOTs question (Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Timing, Setting) as well as criteria to be included in this systematic review. The main result on safety changes found about the pre and post robotization process in hospitalized patients was a decrease in errors dispensation from 0.8-1% (pre) to a variation between 0.08-0.13% (post). Likewise, dispensation errors in outpatients were from 0.64%-1.3% (pre), and between 0.27%-0.6% (post). On the other hand, the

administration errors would go from a 10.6% previous to the automated robotic dispensing in hospitalized patients to 5% in a posterior way.

The main result in organizational changes for hospitalized patients was that there is a reduction in nursing human resources as well as in time for stock selection and the annual value of the inventory. Moreover, automated robotic drugs dispensing systems for outpatients decrease the needs of pharmacy technicians, nursing assistants, administration staff and warehouse professionals. Improvements in managing stocks and inventory are observed too. In summary, reorganizing and optimizing circuits around the huge load and complexity that implies drugs storage, dispensation and control in hospitals seems to be a positive system.

As a result of the interviews carried out some aspects could be highlighted:

- published data on papers on clinical safety could be biased (in favour of published positive results), although the advantages in administration errors could be higher;
- in addition to the previous statement, those professionals interviewed agreed with the clinical results of the systematic review;
- data on human resources published in the scientific literature could not be applicable for Spanish hospitals where the number of personnel in hospital pharmacy services is lower than other countries;
- the implantation of robotic in hospital pharmacy services usually implies a need reduction of professionals dedicated to tasks of delivery and distribution. However, in practice, this aspect did not mean staff cutbacks since people were worth awarding the quality of the dispensing system, the improvement in pharmaceutical care, the achievement of better health results, and the adaptation to the increasing demand (chronic patients, treatments dispensed in the hospital...);
- the obtained score on opinions interviews was 8 out of 10 in satisfaction regarding to the decision of making of investing in automated robotic drugs dispensing systems for hospital pharmacy services.

The complementary economic study shows that the robotization for the drugs dispensing process in outpatients would have an investment return of more than 10 years, 7, 6 and 5 years associated with hospitals of about 300, 600, 900 and 1,200 beds respectively. These values would correspond to 8, 4, 4 and 3 if some cases were considered with a reduction about 50% in the

price of the robot. It is important to remind that robots were not introduced like a strategy to improve safety but to get better results associated to the dispensing system, economic impact and benefits especially linked to a better management of the inventory and human resources.

The economic study also shows that the investment return for the drug dispensing automated system in hospitalized patients would correspond to more than 10 years in the basis case for any number of beds. This value would be reduced to 9-8 years in those centres with 900-1,200 beds if the costs of the robot considered in the basis case were reduced in 50% and was more laxe with the hypothesis of comparing the errors rate with potential damages in administration and dispensation process. The most important batches associated with the economic impact and benefits correspond to human resources and safety.

The results suggest that those hospitals with:

- 300 beds, only the robotization would be brought up in outpatients, and only in case the value of the inventory was very superior to 5,700€ for bed.
- 600 or 900 beds, the robotization has to be appraised in
  - outpatients if an investment return in 6 or 7 years and the expenditure are preferential and assumable for a hospital. In this sense (1) a price reduction of the robotic system considered as a model at 50% would imply a return much more assumable, (2) the prioritization could be boasted by the lack of a human resources policy to readjust the increasing needs of the pharmacy services, (3) the priority could also be promoted by percentages pre- in very higher figures of errors in safety to those formerly noted down or (4) the priority could be promoted by the need of improving the managing fo the inventory (due to the low stock rotation).
  - hospitalized patients, if they were hospitals of 900 beds and, again, if: (a) the expense could be assumable for the center, (b) there is a mentality of investment with potential long-term savings (10 years or more), (c) the percentage of dose that is entered into the robot is guaranteed, (d) there is a first hypothesis of dispensing errors with potential damages similar to those ones of administration,

and/or (e) as it has been described, there was a considerable reduction in the basis price of the model considered as basis case. Additionally, the convergence with the previous points (2), (3) and (4) would be of special added value for making the decision robotization.

- 1,200 beds, the robotization has to be appraised in:
  - outpatients since it has a return of the investment in a reasonable estimated deadline (5 years), and especially if there is a low stock rotation. Likewise, it can be preferential if the expense is assumable in the centre and in the cases 1 and 4th shown formerly (in the section of 600-900 beds in outpatients).
  - patients hospitalized in the cases of the former point on hospitalized patients, as well as considering the added value of decision making when dispensing more than 3,600 unit doses year/bed, generating potential synergies of added value.

It is relevant to pay attention that the investments in robotization in hospitals drugs dispensing systems have sense whenever a model is searched preferentially (it has not to be exclusively focused on the pharmacy service). Moreover, the results of the economic study are linked to the great variability of hospitals profiles of the Spanish National Health System. It is also remarkable to make a benefit of the investment in case of transferring or mixing up hospitals of 900/1,200 beds.

The budgetary assignment needed for the robotization, in comparison with other similar opportunities of investment -depending on the strategic lines of prioritized by the hospital-, should also be considered as well as the potential in gained health when hospital pharmacists could be released for therapeutics tasks instead of working on drugs distribution.

Finally, the robotization of the hospital drugs dispensing system should go accompanied of a general planning with defined objectives and the data collection -under protocol- of minimum health results of the pre-post process, to facilitate the future decision making process in this area, as well as setting up mechanisms to assess the final decision made.

# Resum

## Avaluació de l'impacte econòmic, organitzatiu i de la seguretat de la dispensació robotitzada de fàrmacs en hospitals a Espanya

### **Introducció**

La implantació de robots per automatitzar les tasques relacionades amb la dispensació de la farmàcia hospitalària és un procés estimat com d'alt cost. El 2017 més de 20 hospitals a l'Estat espanyol ja l'han implementat. No hi ha cap estudi actualitzat que revisi la seguretat o l'impacte en el procés de dispensació de la seva implementació sota la perspectiva del Sistema Nacional de Salut.

### **Objectiu**

Avaluar l'impacte de la implantació de la dispensació robotitzada de fàrmacs en hospitals en substitució de la dispensació no robotitzada en el Sistema Nacional de Salut espanyol en termes de seguretat, impacte organitzatiu i retorn econòmic de la inversió.

### **Metodologia**

Es va realitzar una revisió sistemàtica de la literatura sobre la seguretat i canvis en el procés de dispensació (canvi organitzatiu) en farmàcia hospitalària associats a la implantació de robotització. La recollida d'informació es va complementar amb 9 entrevistes en profunditat amb responsables de farmàcia hospitalària de centres situats a Espanya que comptessin amb experiència en la implementació de la robotització en la dispensació, amb els qui es van discutir els resultats preliminars de la revisió sistemàtica per valorar el seu grau d'acord i detectar possibles buits o imprecisions. Finalment, es va realitzar una anàlisi econòmica de retorn de la inversió diferenciant implementar el procés a quatre hospitals hipotètics de 300, 600, 900 i 1200 llits en pacients ingressats (procés integral d'unidosis) i externs.

### **Resultats**

Es van trobar 33 documents elegibles per a una lectura completa i es va incloure informació de 15 documents que van complir criteris PICOTs (Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Timing, Setting) i d'inclusió per a la revisió sistemàtica. El principal resultat de canvi en la seguretat trobat

sobre el procés pre-postrobotització en pacients ingressats va ser una reducció en els errors de dispensació, passant d'una oscil·lació entre 0,8-1% (pre) a una variació entre 0,08-0,13% (post). Així mateix, els errors de dispensació trobats per a pacients externs van oscil·lar en general entre 0,64%-1,3% (pre), i entre 0,27%-0,6% (post). D'altra banda, els errors d'administració passarien d'un 10,6% previ a la dispensació robotitzada en pacients ingressats a un 5% de forma posterior.

El principal resultat de canvi organitzatiu en pacients ingressats va ser la constatació que es redueixen tant les necessitats de recursos d'infermeria, com el temps de selecció d'estoc i el valor anual de l'inventari. Així mateix, s'observa que l'efecte de la dispensació robotitzada en pacients externs és tal que es redueix la necessitat de tècnics farmacèutics i/o auxiliars d'infermeria, administratius i professionals de magatzem. També s'observen millores en aquest àmbit associats a la gestió d'estoc i inventari. En resum, es dona resposta a l'enorme càrrega i complexitat que té en el moment actual l'emmagatzemament, dispensació i control dels medicaments als hospitals, permetent reorganitzar i optimitzar aquest circuit.

Arran de les entrevistes realitzades en profunditat es pot constatar que:

- les dades de seguretat clínica dels pacients publicats en articles científics podrien tenir un biaix de publicació (a favor de publicar resultats més òptims), si bé també els avantatges en errors d'administració podrien arribar a ser més grans;
- fets aquests matisos, els professionals entrevistats van estar en general d'acord amb els resultats clínics de la revisió sistemàtica;
- les dades de recursos humans publicats en la literatura científica podrien no ser aplicables al context espanyol ja que les dotacions en els serveis de farmàcia hospitalària espanyols són inferiors a la d'altres països;
- la implantació de robots implica una reducció de necessitat de professionals en activitats de distribució. No obstant això, a la pràctica, això no va implicar reduccions de plantilla atès que es va compensar premiant la qualitat de la dispensació, la millora de l'atenció farmacèutica redundant en millors resultats en salut, i l'adaptació a la creixent demanda (més pacients crònics, més tractaments dispensats a l'hospital...);
- es va valorar amb un vuit o més sobre deu la decisió de dur a terme la inversió en dispensació robotitzada en farmàcies hospitalàries.

El estudio económico complementario muestra que la robotización para el proceso de dispensación en pacientes externos tendría un retorno de la inversión de más de 10 años, 7, 6 y 5 años asociados a hospitales de unas 300, 600, 900 y 1.200 camas respectivamente. Estos valores corresponderían a 8, 4, 4 y 3 si se consideraran unos casos base con una reducción del precio del robot del 50%. Recordando que estos robots no se desarrollaron como estrategia de mejora de la seguridad sino para mejorar la eficiencia del sistema de dispensación, las partidas más importantes asociadas al impacto económico y beneficio corresponden al inventario y a los recursos humanos.

L'estudi econòmic complementari mostra que la robotització per al procés de dispensació en pacients externs tindria un retorn de la inversió de més de 10 anys, 7, 6 i 5 anys associats a hospitals d'unes 300, 600, 900 i 1.200 llits respectivament. Aquests valors correspondrien a 8, 4, 4 i 3 si es consideressin uns casos base amb una reducció del preu del robot del 50%. Recordant que aquests robots no es van desenvolupar com a estratègia de millora de la seguretat sinó per millorar l'eficiència del sistema de dispensació, les partides més importants associades a l'impacte econòmic i benefici corresponen a l'inventari i als recursos humans.

### **Recomanacions**

Els resultats suggereixen que, en general, en centres amb unes

- 300 llits, només es plantejaria la robotització en pacients externs, i només en el cas que el valor de l'inventari fos molt superior als 5.70€ per llit considerats.
- 600 o 900 llits, s'ha de valorar la robotització en
  - pacients externs si un retorn de la inversió a 6 o 7 anys i la despesa del robot són prioritaris i assumibles per a un centre. En aquest sentit, (1) la reducció del preu del robot considerat en el model al 50% implicaria un retorn d'inversió molt més assumible, (2) la prioritat podria venir impulsada per una absència de polítiques de recursos humans per reajustar les creixents necessitats dels serveis de farmàcia (veure exemples en Annex 8) o (3) la prioritat podria venir impulsada per percentatges pre- en errors de seguretat molt superiors als anteriorment anotats o (4) la prioritat podria venir impulsada per una gestió d'inventari millorable (baixa rotació d'estoc).

- pacients ingressats, si fossin hospitals de 900 llits i, de nou, si: (a) la despesa és assumible pel centre, (b) es té una mentalitat d'inversió amb potencials estalvis a llarg termini (10 anys o més), (c) es garanteix el percentatge de dosi que entren al robot, (d) es parteix d'una hipòtesi d'errors de dispensació amb potencial mal<A[malldany]> similar al dels d'administració, i/o (i) com s'ha descrit, hi hagués una reducció considerable del preu considerat en el cas base del model. Addicionalment, seria d'especial valor afegit per a la decisió de la robotització la convergència amb els punts (2), (3) i (4) del punt anterior.
- 1.200 llits, s'ha de valorar la robotització en
  - pacients externs ja que té un retorn de la inversió en un termini estimable com a raonable (5 anys), i especialment si hi ha una baixa rotació d'estoc. Així mateix, pot resultar prioritari si la despesa és assumible en el centre i en els supòsits 1 al 4 presentats anteriorment (en l'apartat de 600-900 llits en pacients externs).
  - pacients ingressats en els supòsits del punt anterior sobre pacients ingressats, així com es pot considerar de valor afegit per a la decisió el fet de dispensar-se moltes més de 3.600 dosis unitàries a l'any per llit, generant-se possibles sinergies de valor afegit.

És rellevant anotar, en paral·lel, que les inversions en robotització en la dispensació hospitalària tenen sentit sempre que es busqui un model prioritàriament (que no té perquè ser exclusivament) centralitzat a la farmàcia. Així mateix, els resultats de l'estudi econòmic estan subjectes a la gran variabilitat dels perfils d'hospitals del Sistema Nacional de Salut. Resulta notable aprofitar la inversió en cas de trasllat o fusió hospitalària en hospitals de 900/1.200 llits. També s'hauria de considerar l'assignació pressupostària necessària per a la robotització en comparació amb altres oportunitats d'inversió similars, en funció de les línies estratègiques de prioritització del centre, i sempre considerant el potencial en salut que es guanyaria assignant als farmacèutics hospitalaris funcions terapèutiques en comptes de realitzant tasques de distribució.

Finalment, la intervenció en forma de robotització de la dispensació farmacèutica hospitalària hauria de venir acompanyada d'una planificació general amb objectius definits i una recollida protocolitzada de resultats mínims prepost de procés, i a poder ser, de resultats en salut, per poder facilitar la presa de decisions futura en aquest camp, així com per avaluar la decisió presa.

# 1. Introducción

## 1.1 La automatización en la farmacia hospitalaria

Los últimos veinte años han significado un antes y un después en la generalización de la automatización de la farmacia hospitalaria, especialmente en los grandes hospitales. Un ejemplo destacado han sido los robots que elaboran mezclas de uso intravenoso y jeringas precargadas. Este sistema, implantado por primera vez en España en 2009, facilita controlar cada fase del proceso de elaboración de medicamentos, y ofrece poder manejar medicamentos en estado líquido, fármacos liofilizados, o realizar el llenado de bolsas, viales, jeringas, etc.

La automatización se puede implementar para dar soporte a la dispensación, diferenciándose su aportación en pacientes externos e ingresados.

### **Pacientes externos**

Los **pacientes externos** son aquellos a los cuales se les dispensa medicación que es administrada en domicilio<sup>1</sup>. La dispensación suele ser para períodos de tratamiento superiores a los de pacientes ingresados. Informalmente, se suele decir que “se dispensan cajas directamente” o en su envase original, siendo un proceso realizado principalmente por farmacéuticos. El proceso de dispensación, simplificado como un proceso de distribución, se muestra en la Figura 1a (ver página siguiente), observándose que este proceso no suele tener un componente automatizado. Se inicia con una entrada manual en almacén de stock, un almacenaje no automatizado en estanterías y una posterior búsqueda manual cuando se requiere medicación por parte del paciente que llega al punto de dispensación.

### **Pacientes ingresados**

El proceso de dispensación en **pacientes ingresados** suele iniciarse con la validación de la prescripción, la preparación de las dosis unitarias (con reenvasado y etiquetado en caso previo cuando el laboratorio farmacéutico no suministre el medicamento en dosis unitarias), la preparación de unidosis<sup>a</sup>,

a Sistema de distribución que forma parte de la dispensación en contraposición con, p.e., sistema por existencias/stock periférico o botiquín. Se preparan las dosis unitarias necesarias para 24 horas por paciente. Se trata de un sistema ampliamente aceptado la última década hasta fechas recientes; si bien, hay circunstancias donde no es el mejor sistema: disposición de stock de seguridad en las plantas, necesidades específicas no planificadas, unidades/servicios/áreas como urgencias, quirófano, semicríticos, rehabilitación, Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), Unidad de Corta Estancia (UCE), así como centros para pacientes crónicos o cuidados intermedios, donde los tratamientos no suelen poderse planificar para un día completo.

Figura 1 a. Flujo habitual relacionado con la dispensación de la medicación hospitalaria en hospitales de unas 300 camas o más en pacientes externos.



En cursiva las 4 partidas destacadas del proceso: gestión de inventario, caducidades, búsqueda manual y seguridad

y un envío con carros a planta para que los profesionales de enfermería los administren. El etiquetado y re-ensado tienen una carga importante de trabajo cuando no están automatizados.

Asimismo, el modelo de distribución del medicamento para los pacientes ingresados hospitalarios (también conocidos en ocasiones como hospitalizados o ingresados) se diferencia en ocasiones entre centralizado y descentralizado. Ambos pueden coexistir con diferente nivel de prioridad en un centro. Así, la automatización en los centros donde se sigue un modelo descentralizado, los **sistemas automatizados de dispensación (SAD)/ o de dispensación de medicación (SADME)** han implicado una simplificación relevante dentro de las tareas de la farmacia hospitalaria.

Los SAD (también conocidos *como aplicaciones del método de dispensación periférica de medicamentos o descentralizada en sala*) más habituales en los hospitales españoles desde inicios de los años 2000 son Pyxis®, Omnicell® o Autodrugs®<sup>b</sup>. Se arbitran como sistemas avanzados de punto de uso que automatizan la distribución, administración y control de medicamentos. Precisan de interrelaciones de uno o más sistemas informáticos.

Frecuentemente los SAD se implementan de forma coordinada con (la incorporación) de la *prescripción electrónica*. Estos, “armarios automatizados”, se encuentran frecuentemente en servicios/unidades/áreas que no dispensan en unidosis, es decir, donde la duración esperada del estadió del paciente es inferior a un día entero o los fármacos que se espera que se le administren son difícilmente pronosticables. Estos servicios/unidades/áreas suelen tener un gran peso de stock de seguridad en planta.

Los SAD<sup>c</sup> pueden utilizarse en otros tipos de unidades y también en los servicios de farmacia, por ejemplo, para la gestión de stock de seguridad.

Por otro lado, en los centros que siguen un **modelo de distribución centralizado** (en el servicio de farmacia), también se observa un importante cambio a través de la automatización: aparecen los Sistemas de Automatización de Almacenaje (**SAA**). Los principales son los Kardex® de contenedores (carruseles) de rotación vertical<sup>2</sup>. En alguna referencia, puesto que forman en cierta manera del proceso de dispensación, se incluyen los SAA bajo el concepto de SAD.

<sup>b</sup> Los precios de los SAD pueden ser muy variables según las opciones y tamaño que incluyan. Un posible rango orientativo sería entre 35.000 y 60.000€ (basado en presupuestos o adjudicaciones públicas)

<sup>c</sup> SAD/SADME (Sistema automatizado de dispensación/de dispensación de medicamentos) habitualmente en unidades que no dispensan en unidosis (también puede haber en el servicio de farmacia) (proceso no robotizado)

La Figura 1b muestra, con un diagrama, los flujos habituales que afectan el proceso de dispensación y que co-existen en los hospitales de unas 300 camas o más para pacientes ingresados desde el momento de entrada en el almacén principal del hospital. Se observa que el proceso:

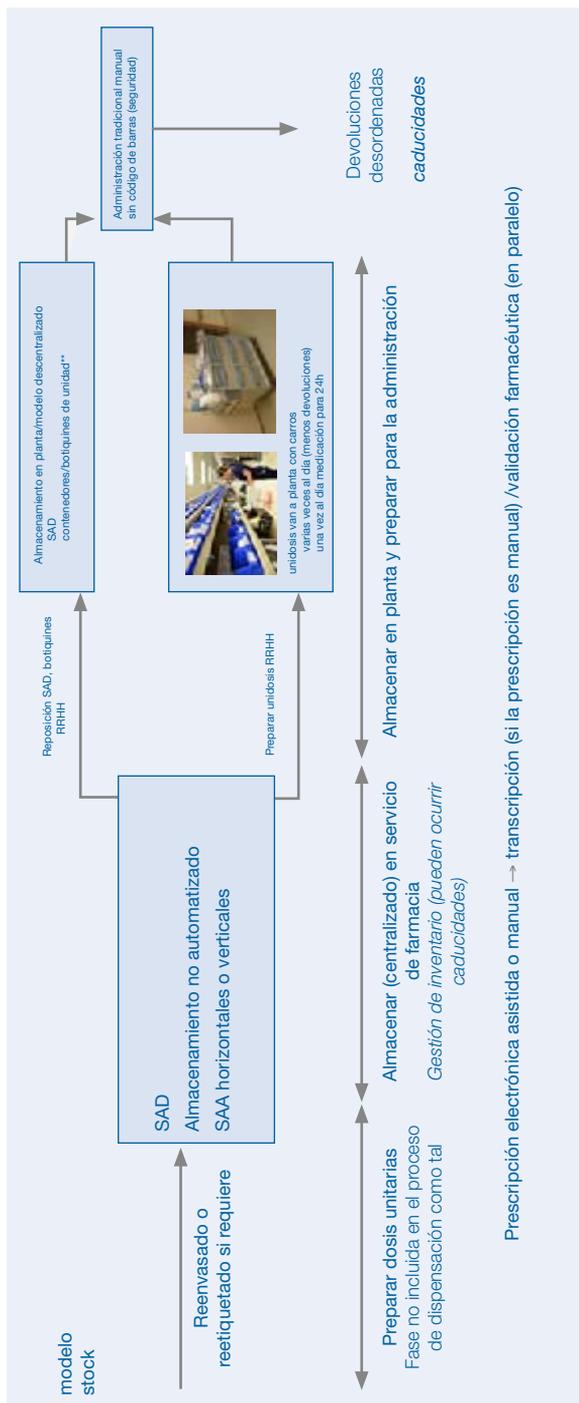
- se inicia con una entrada de stock que puede requerir re-embalado para disponer del stock en dosis unitarias,
- sigue con un almacenaje que puede estar
  - principalmente centralizado en farmacia, más o menos automatizado (en SAD o SAA, que no robotizado) y
  - posteriormente se redistribuye a planta en unidosis con carros;
  - principalmente centrado en “planta” (con/sin SAD) no trabajando en unidosis.

Los dos métodos anteriores conviven con distintos pesos en los hospitales.

La automatización de las tareas de dispensación es una necesidad cuanto más grande es el centro; es decir, en gran medida, pero no exclusivamente, en centros hospitalarios terciarios o generales. En estos centros, donde el volumen de dispensación es más alto, podría resultar más eficiente aplicar estos sistemas superando posibles riesgos por dispensación inadecuada y mejorando el proceso. Así, incluso el objetivo de mejorar la dispensación con la automatización podría acabar impactando en mejorar no sólo la dispensación, sino también el almacenaje y la administración.

Los elementos que definen el modelo de gestión de la dispensación -con SAD o no, robotizado o no, con unidosis o no, con prescripción electrónica o no...-, pueden -tal y como se ha comentado-, y suelen coexistir a la práctica en un centro, condicionando las tasas y tipos de error, tal y como se puede observar en el siguiente análisis realizado para pacientes ingresados en el Hospital Ramón y Cajal de Madrid<sup>3</sup> (Tabla 1).

Figura 1b. Flujos habituales principales relacionados con la fase de dispensación de la medicación hospitalaria en hospitales de unas 300 camas o más en pacientes ingresados sin implantación de robotización en la dispensación. Los flujos coexisten



RRHH: Recursos Humanos; SAA, Sistema Automatizado de Almacenamiento; SAD, Sistema Automatizado de dispensación.

En cursiva 4 partidas destacadas: gestión de inventario, de caducidades, organizativa y de Recursos Humanos (RRHH) e impacto del proceso de dispensación en la administración (seguridad)

\*\*Las unidades que no suelen trabajar con unidades (Unidad de Cuidados Intensivos, urgencias, Corta Estancia, etc. coexistirían con/sin SAD. Incluso los SAD podrían mantenerse a la vez para stocks de seguridad;

Tabla 1. Características de los errores ocurridos con los diferentes sistemas aplicados en pacientes ingresados

Sistema de dispensación	Tasa de error	Etapas principales del error	Principal factor contribuyente	Tipo de error principal
Stock o botiquín de planta*	10,7%	Preparación pedido (10,4%)	Rotura stock (RS)	Omisión, diferente cantidad o sobra medicamento
Distribución de medicamentos en dosis unitaria (SDMDU) sin prescripción electrónica asistida (PEA)**	3,7%	Llenado del carro (1,9%) Validación (1,1%) Transcripción (0,6%)	Comunicación deficiente, Inercia, Personal sin experiencia (PsE) (falta)	Omisión, diferente cantidad de medicamento
SDMDU con PEA*/**	2,2%	Llenado del carro (1,7%) Validación (0,3%)	PsE, RS, Coordinación	Diferente cantidad de medicamento, cajetín equivocado, diferente dosis o forma farmacéutica
Sistema automatizado de dispensación (SAD descentralizado) sin PEA*	20,7%	Llenado del SAD (20,4%)	Rotura stock, Falta personal	Omisión, diferente cantidad de medicamento
Sistema automatizado de dispensación (SAD descentralizado) con PEA*	2,9%	Llenado del SAD (2,2%) Validación (0,6%)	Rotura stock, Dispensación deficiente, Inercia	Error de comunicación entre sistemas, diferentes dosis

\*proceso que incluye SAA centralizado horizontal, \*\*proceso que incluye SAA centralizado vertical.

Todos estos sistemas pueden utilizar codificación de barras para facilitar la dispensación y (re)llenado de los carros.

## Pacientes ambulatorios

En Cataluña, excepcionalmente, los pacientes ambulatorios se consideran de forma conjunta con los pacientes externos. En el resto de España se suelen diferenciar de los externos, refiriéndose, en general, a los pacientes que acuden al Hospital de día para recibir tratamientos especiales controlados por el hospital, o que reciben servicios de urgencias, observación, cirugía ambulatoria, pruebas o cualquier servicio hospitalario pero que no requieren hospitalización y para los cuales no se solicita una orden de admisión. Estos pacientes no alcanzan un día en el centro, por lo que no corresponde como proceso idóneo de la distribución de su prestación farmacéutica la preparación de unidosis diaria -propia de pacientes ingresados-. Por otro lado, alguna medicación administrada a estos pacientes es recogida el día de prescripción en el punto de dispensación de pacientes externos. La siguiente tabla muestra la distribución del consumo de algunos ejemplos de hospitales extraídos de memorias hospitalarias o presentaciones de profesionales de los centros de acceso público, o de datos aportados en la fase de entrevistas

de este proyecto. Los fármacos para estos pacientes, habitualmente, no se gestionan a través de nuevas tecnologías robotizadas.

Tabla 2. Distribución del consumo de medicamentos según tipos de pacientes (ingresados, externos o ambulatorios) en algunos centros del Sistema Nacional de Salud

Hospital (año referencia)	Ingresados	Externos	Ambulatorios	Otros*
Universitario de Canarias (2010)	25%	33%	42%	0%
Virgen de la Candelaria (2014, 2015)	18%, 18%	49%, 56%	32%, 25%	1%, 1%
Son Espases (2010)	26%	52%	16%	6%
Ramón y Cajal (2011)	19%	57%	24%	0%
San Carlos (2011)	16%	51%	33%	0%
La Princesa (2011)	21%	67%	12%	0%
Gregorio Marañón (2011)	24%	49%	27%	0%
Virgen de Valme (2011)	15%	55%	30%	0%
Vall d'Hebron (2011)	16%	84%		0%
Mieres (2015)	10%	68%	22%	0%
Promedio**	20%	54%	26%	
Promedio actualizado para 2017***	20%	60%	20%	

\*no se concreta a qué refieren \*\*sin contar Vall d'Hebron \*\*\*Redondeo, posiblemente infra-estimado, partiendo de que las entrevistas, o los datos del Hospital Virgen de la Candelaria, nos muestran que el porcentaje asociado a pacientes externos es cada vez mayor

## 1.2. Impacto de la automatización de la dispensación

El **acto de dispensar** es, en concreto, una de las múltiples tareas que los profesionales de los servicios de farmacia hospitalaria realizan en su jornada. Hay un amplio número de referencias que clasifican estas tareas. Sanjurjo las resume de forma agrupada en: 55% de dedicación a distribución, 42% a elaboración, y 3% a gestión e investigación clínica<sup>4</sup>. Sanjurjo también las agrupa en: adquisición, gestión de stocks, elaboración, dispensación, gestión clínica y atención farmacéutica. Otro ejemplo, en Estados Unidos, clasifica de forma agregada: 90% de dedicación a “distribución y entrada de órdenes” y 10% a “atención clínica al paciente”<sup>5</sup>. Una cuarta clasificación de Bonafont diferencia el trabajo en<sup>6</sup>: selección, compra, control, trazabilidad, políticas de prescripción, administración, seguimiento y seguridad farmacoterapéutica, preparación, *dispensación* de medicamentos, y facturación a entidades pagadoras y seguimiento presupuestario. En concreto, clasifica los errores de dispensación en: no recibe el medicamento necesitado, se recibe uno in-

adecuado, el paciente toma una dosis inferior o superior a la adecuada, se presenta una reacción adversa, se presenta una interacción farmacológica, no se toma el medicamento prescrito o se recibe un tratamiento innecesario.

Múltiples estudios cuantifican el impacto de sistemas automatizados del acto de dispensar. Por ejemplo, la Tabla 3 muestra los **resultados** de un estudio en el Hospital Gregorio Marañón que contrastó SAD-Prescripción Electrónica Asistida y unidosis<sup>7</sup>.

Tabla 3. Impacto de usar SAD o unidosis en 2 unidades del Hospital Gregorio Marañón<sup>7</sup>

Variable	Cardiología		Cirugía cardiovascular	
	Unidosis	SAD-PEA	Unidosis	SAD-PEA
Imputación consumo/paciente (%)	70	92	87	86
Líneas medicamentos solicitados fuera del circuito/10 estancias	3	0,9	6,5	2,1
Líneas devueltas/líneas dispensadas (%)	8,75	0,78	12,79	1,19
El coste de personal auxiliar y de enfermería por línea de dispensación	0,23 vs 0,19€			
Coste global de la Unidad Relativa de Valor	0,72 a 0,65 (2008 a 2009)			

Una de las ventajas de automatizar es el **potencial para reducir errores de medicación**. El proceso de *utilización de medicamentos* en el hospital tiene los siguientes pasos cíclicos<sup>8</sup>: prescripción, transcripción (sólo en caso de prescripción manual), dispensación, administración y seguimiento. En este proceso, en el que participan profesionales de medicina, farmacia y enfermería, pueden ocurrir *errores humanos* asociados a diferentes fases. En la Tabla 4 se muestran dos estudios de referencia internacionales publicados los últimos 10 años y un estudio con unas proporciones discordantes.

Tabla 4. Distribución estimada de errores de medicación en farmacia hospitalaria

Fases en que ocurren los errores de medicación	Poon et al <sup>9</sup> (2010)	Reajuste de Agrawal <sup>10</sup> (2009)
Prescripción médica*	39%	22%
Transcripción	12%	11%
Dispensación por profesionales farmacéuticos	11%	10%
Transcripción y administración de enfermería	38%	51%
Total	100%	100%

\*con la aportación creciente de la prescripción electrónica, estos porcentajes podrían ser menores

Los **errores de medicación** se analizan desde hace décadas<sup>11</sup> y se clasifican de múltiples maneras<sup>12</sup>. En el entorno hospitalario, los errores se diferencian según varios criterios, midiendo a su vez distintos ámbitos. Entre los ámbitos, se puede diferenciar si la medicación es administrada o dispensada a un **paciente ingresado o externo**.

Por ejemplo, Vicente et al. encontró un porcentaje de los errores de medicación en **pacientes externos** de prescripción y dispensación del 93% y 6,6%, respectivamente<sup>13</sup>. El mismo estudio mostró un 16,5% de errores sobre 867 prescripciones analizadas<sup>13</sup>. El 6,6% del 16,5% correspondieron a errores de dispensación, lo que resultaría en una estimación del porcentaje de **errores de dispensación en pacientes externos** del **1,1%**.

El análisis del estudio EMOPEM (Estudio Multicéntrico español para la Prevención de Errores de medicación realizado entre 2007 y 2011) sobre “*errores de medicación*” en **pacientes ingresados** en hospitales en España encontró errores en un 12,2% de administraciones (sin considerar errores de hora de administración o de información a paciente)<sup>14</sup>. Otro estudio de referencia, el Estudio Nacional sobre los Efectos Adversos (EA) ligados a la **Hospitalización** (ENEAS), mostró que un 8,4% de los pacientes tendrían EA relacionados con la asistencia hospitalaria o que un 42,8% de los EA serían evitables<sup>15</sup>. No obstante, los valores de estos estudios no son comparables: ENEAS examinó efectos adversos por paciente en historias clínicas, mientras que EMOPEM analizó errores de medicación por administración bajo el método de observación.

Aún con la importancia de los estudios comentados anteriormente, el porcentaje específico de errores de dispensación en pacientes ingresados lo podemos estimar a partir de otro estudio multicéntrico sobre **estancias** de Pastó-Cardona et al: **0,7%**<sup>16</sup>. En concreto, estos autores encontraron 957 **errores de dispensación** analizando 131.378 unidades de medicación. Esta referencia tendría un valor añadido ya que recoge errores utilizando varios métodos y cuantifica específicamente los errores con daño. Específicamente se observa **que ningún error asociado a dispensación causó daño**, correspondiendo los casos asociados a daño “en caso de no haberse interceptado” a errores de prescripción o administración. En concreto, el porcentaje de este tipo de error asociado a errores de administración respecto el total de medicaciones sería el **0,0022%** (3 de 131.378)

Los *errores de medicación*, tal como se deriva del párrafo anterior, en general podrían tener un impacto en la salud del paciente que pueden incluso derivar en muerte (su definición se amplía en el Anexo 2). Además, en términos generales tienen un **impacto en uso de recursos**. Así, por ejemplo, Shah et al estimaron en 2016 que, cuando un efecto adverso ocurre en un hospital (y puede ocurrir por un problema de dispensación), se alarga la estancia 4,6 días. El coste correspondiente al agregado por paciente se estimó en CAD\$6.655<sup>17</sup>. Complementariamente, Rottenkolber et al estimaron en 2012 entre 970€ y 1.978€ el coste que podría asignarse a un efecto adverso de un medicamento en un hospital<sup>18</sup>. Las referencias españolas resumidas por Rodríguez CG en 2015 fueron las siguientes: un coste medio por paciente por toda una estancia por error de medicación es próximo a los 3.000€, un coste medio por evento adverso por medicación entre 3.315€ y 5.584€, y un coste medio por error de medicación (que no tiene porque haber incurrido en una estancia) de 1.849€<sup>19</sup>.

### 1.3. La automatización robotizada de la dispensación

La robotización en la dispensación de la farmacia hospitalaria viene para sustituir, entre otros, a las clásicas estanterías de almacenaje de fármacos. Así, su implantación facilita nuevas alternativas para *automatizar*, mediante un sistema avanzado, el tradicional sistema de almacenamiento y gestión de stocks de medicamentos. Asimismo, el proceso podría reducir el espacio necesario de almacenaje, e incrementar la seguridad y el control del inventario.

Hay un creciente interés sobre el uso de dispensación **robotizada** de fármacos en hospitales. La robotización es entendida en este informe como un tipo de automatización. En concreto, una búsqueda exploratoria realizada en el marco de este estudio muestra que la dispensación robotizada en pacientes externos e ingresados parece estar implementada en al menos 24 hospitales en España (Tabla 5). Los robots ya implementados encontrados serían, para pacientes externos, Apostore<sup>®</sup>, Boxpicker<sup>®</sup> y Rowa<sup>®</sup>, y para pacientes ingresados, Pillpick<sup>®</sup> (el robot tiene otros módulos, siendo éste el más destacado).

Tabla 5. Centros y robotización de la farmacia hospitalaria implementada en los hospitales encontrados en España (pacientes externos y ingresados)

Centro (año robotización, si disponible) [Distribuidor]	Camas/Miles unidades dosis-año en centros con robot en unidosis	Fuente
Hospitales con dispensación de pacientes externos robotizada		
Hospitales de más de 1.100 camas (robot: Apostore®) [Palex]		
CH Regional Virgen de las Nieves de Granada (2010)	1.853	20
Complejo Universitario La Paz de Madrid (2013)	1.254	21
CH Regional Reina Sofía de Córdoba	1.233	Entrevistas
Hospitales de 450 a 1.100 camas (robot:Apostore®) [Palex]		
Hospital Universitario de Son Espases	824	22
Hospital Clínico Universitario de Valladolid	777	Distribuidor
Hospital de la Santa Creu i Sant Pau de Barcelona (2010)	644	Entrevistas
Hospital Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares	507	23
Hospital del Mar de Barcelona (2007)	470	24
Hospitales de más de 1.100 camas (robot: Rowa®) [Grifols]		
CH Gregorio Marañón de Madrid (2012)	1.525	30
Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña (2012)	1.336	Entrevistas
Hospital Xeral Cíes/ Hospital Álvaro Cunqueiro (2010)	1.273	25,26
Hospital Universitario Vall d'Hebron de Barcelona (2005)	1.251	Entrevistas
Hospital Universitario Miguel Servet de Zaragoza (2017)	1.234	Distribuidor
Hospitales de 450 a 1.100 camas (robot: Rowa®) [Grifols]		
Hospital Universitario La Fe Valencia (2011)	1.050	Entrevistas
CH Univ. Ntra. Sra de la Candelaria de Tenerife (2014)	1.029	27
Hospital Universitario Central de Asturias	989	Entrevistas
Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca	919	Distribuidor
Hospital Universitario de Cruces de Bilbao	912	Entrevistas
Hospital de Sabadell (Parc Tauli)	861	Distribuidor
Hospital Universitari Germans Trias i Pujol de Badalona	502	Distribuidor
Hospital Clínic i Provincial de Barcelona (2005)	844	Entrevistas
Hospitales en que no se conoce el robot		
Hospital Clínic Universtari de Valencia	582	E-mail
Hospitales con dispensación de pacientes ingresados robotizada (robot: Pillpick® para pacientes ingresados+Boxpicker®) [Distribuidor: Oppent, Fabricante: Swisslog]		
Hospital Univ. Sant Joan de Reus de Tarragona (2011)	313 / 950	28
Hospital Álvarez Buylla de Mieres (2014)	176 / 365	29

Elaborado según Catálogo Nacional de Hospitales (CNH) 2017 y datos de memorias/presentaciones de hospitales.

Hay centros con más de 1 robot y se tienen más/menos “módulos” (con parte refrigerada incorporada o por separado) \*Boxpicker es un robot utilizado principalmente para pacientes externos (si bien en el Hospital Sant Joan de Reus también para pacientes ingresados) y ha evolucionado hacia un nuevo producto no técnicamente comparable (y por tanto no incluido en el modelo económico de este estudio ya que adicionalmente no está implantado en ningún hospital).

## Pacientes externos

Los robots se han utilizado principalmente en el ámbito de la oficina de farmacia, y en algunos hospitales, principalmente para la gestión de **pacientes externos**. En este caso sustituyen gran parte de las estanterías donde se almacenan los productos para este perfil de pacientes. La tabla 6 presenta las diferencias encontradas por Rodríguez CG<sup>30</sup> comparando los modelos Apostore 3000® y Rowa Vmax® (si bien deben tomarse con cautela, dado que las características de los robots evolucionan rápidamente).

Tabla 6. Diferencias entre el modelo Apostore 3000® y Rowa Vmax® para dispensación de farmacia hospitalaria robotizada

Características	Apostore 3000®	Rowa Vmax®
Posibilidad de almacenamiento de envases refrigerados	Sí, integrado en el robot	Sí, pero con sistema de almacenamiento independiente y por tanto mayor capacidad
Tamaño del robot	Largo (adaptable en pasos de 0,50m): 4,50 -13,50m Alto (adaptable en pasos de 0,10m): 2,00 - 3,60m Ancho (fijo): 1,80m	Largo: 3,50 – 10,0m Alto: 1,75 – 3,5m Ancho (fijo): 1,30 o 1,60m
Profundidad de las estanterías	40cm	34cm
Capacidad	50.000 envases distintos*	Sin límite, depende del tamaño**
Medida de los envases	Largo: máx. 195mm Ancho: máx. 140mm Alto: máx. 120mm	Largo: máx. 230 mm Ancho: 140 mm Alto: máx. 100 mm
Sistema de brazo	Palas, con cierre en paralelo	Palas, con cierre en paralelo y en cono, lo que da mayor flexibilidad al movimiento
Número de brazos	Hasta 3 (2 manipulación y 1 recepción)	Hasta 2 (o 4 si tándem)
Número de envases máximos por movimiento	4	Depende del largo de los envases (posible incluso 5)
Existencia de dispensador automático para pacientes	No	Si, Pharmaself

\*por ejemplo, el robot de farmacia Apostore Duplo permitiría hasta 100.000 referencias/envases \*\*En el hospital Gregorio Marañón se implantó un modelo con una capacidad máxima de 12.800 envases y mínima de 10.000 a temperatura ambiente y 8.200 y 8.000 respectivamente en envases en cámara frigorífica.

Como ejemplo de motivos que pueden implicar la elección de un robot u otro, el mismo documento de Rodríguez CG presenta algunos motivos por los cuales se puede acabar seleccionando un robot:

- ofrecer almacenamiento exclusivo de medicamentos refrigerados, independientes del robot a temperatura ambiente,

- gestión de los espacios y adaptabilidad a instalaciones del servicio del hospital,
- disponibilidad de cierre en cono, aportando mayor flexibilidad al movimiento,
- mayor experiencia en integrar los sistemas de información del servicio,
- opción de incorporar un punto de autorecogida de los medicamentos.

La robotización ha dado sobretodo respuesta a una necesidad: una creciente demanda de recursos humanos para atender pacientes externos. En concreto, acorde a entrevistas de soporte realizadas en este proyecto, se requirieron más trabajadores para: (1) preparar nuevos citostáticos, (2) gestionar la dispensación en VIH – parte relevante de la carga sobre pacientes externos, que pasaron de administrarse cada 3 o más meses a períodos inferiores- o (3) gestionar más pacientes crónicos. Así, por ejemplo, los pacientes externos atendidos por el Servicio de Farmacia del Hospital Gregorio Marañón de Madrid pasó de 2.696 el año 2000 a 7.159 en 2012 (más ejemplos en el Anexo 8).

Actualmente, la distribución de los profesionales por servicio de farmacia se presenta en la tabla siguiente, teniéndose que hipotéticamente ajustar a la creciente demanda.

Tabla 7. Características de interés de los SFH (externos+internos) en España<sup>31</sup>

Característica	Hospital de 250 a 500 camas	Hospital de más de 500 camas
Auxiliares administrativos por servicio	2	4
Farmacéuticos especialistas (sin incluir jefes) por servicio	4	9
Técnicos de grado medio por servicio + Auxiliares de enfermería	9	21
Celadores/mozos por servicio	1	4

SFH: Servicios de Farmacia Hospitalaria

Complementariamente, la robotización implica una mejora en forma de reducción de errores de dispensación. Un ejemplo es el efecto que tuvo implantar un robot en pacientes externos en el Hospital Gregorio Marañón en 2012 (Tabla 8).

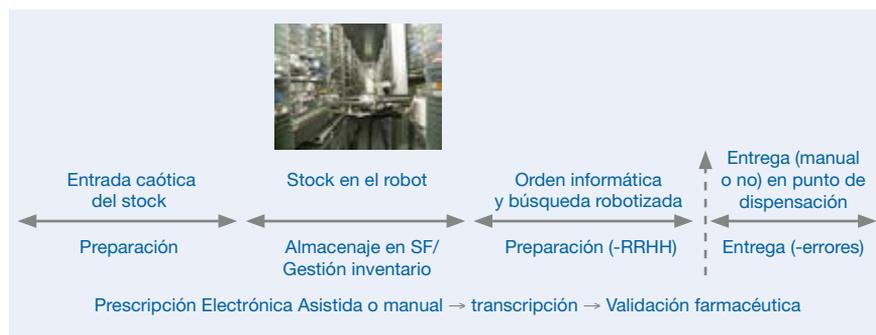
Tabla 8.E rros de dispensación al implantar la robotización de la dispensación en pacientes externos en el Hospital Gregorio Marañón<sup>30</sup>

Dispensaciones observadas		Pre-implantación		Post-implantación	
		3.284		3.004	
Tipo de error	Causa	N	%	N	%
Documentación incorrecta	Lapsus/Despiste*	25	0,76	5	0,17
Cantidad dispensada insuficiente	Stock por debajo del límite de seguridad	17	0,52	5	0,17
Omisión		11	0,33	2	0,07
		11	0,33	0	0,00
		0	0,00	2	0,07
Cantidad dispensada incorrecta		9	0,27	7	0,23
		7	0,21	7	0,23
		2	0,06	0	0,00
Dosis dispensada incorrecta	Lapsus/Despiste/falta seguimiento de PNT	1	0,03	19	0,00
Total de errores de dispensación		63	-	19	-
Total de prescripciones incorrectamente dispensadas		43	1,31	19**	0,63

\*razón habitual de la reducción: el auxiliar lee el código de barras de sólo uno de los envases dispensados y posteriormente confirma la cantidad de la medicación dispensada de forma manual  
 \*\*16 corresponden a un 17% de dispensaciones realizadas manualmente vs 3 un 83% robotizado. PNT: Procedimiento Normalizado de Trabajo

La Figura 2a muestra el proceso habitual y sirve (en contraste con la Figura 1a) como punto de apoyo y aproximación a los “criterios de manejo clínico” con o sin robotización (diferenciada como tipo específico de automatización). Las partidas más relevantes de cambio, como se observará en el análisis económico, son a nivel organizativo: Recursos Humanos (RRHH) y Gestión de Inventario.

Figura 2a. Flujo habitual de las etapas asociadas con la dispensación de medicación hospitalaria en pacientes externos con implantación de robot. **Flujo más relevante(s)**



## Pacientes ingresados

El proceso de robotización de la dispensación para **pacientes ingresados** es actualmente menos frecuente. La robotización en la dispensación de la farmacia hospitalaria en este entorno viene para sustituir principalmente, en centros donde la **distribución está centralizada en farmacia**, entre otros, a las clásicas estanterías de almacenaje de fármacos, pero puede de facto también sustituir o complementar los SAA. Por tanto, es poco frecuente que un hospital que invierta en un robot de dispensación de farmacia para pacientes ingresados invierta en múltiples SAD para unidades/servicios/áreas donde los pacientes tengan estadios superiores a un día. Asimismo, el robot podría complementar o sustituir la función de SAA.

Los tipos de errores de medicación que se previenen con los robots (y la prescripción electrónica), han sido analizados por Beard et al en 2013 (Tabla 9).

Tabla 9. Errores de medicación que se previenen con prescripción electrónica y robots<sup>32</sup>

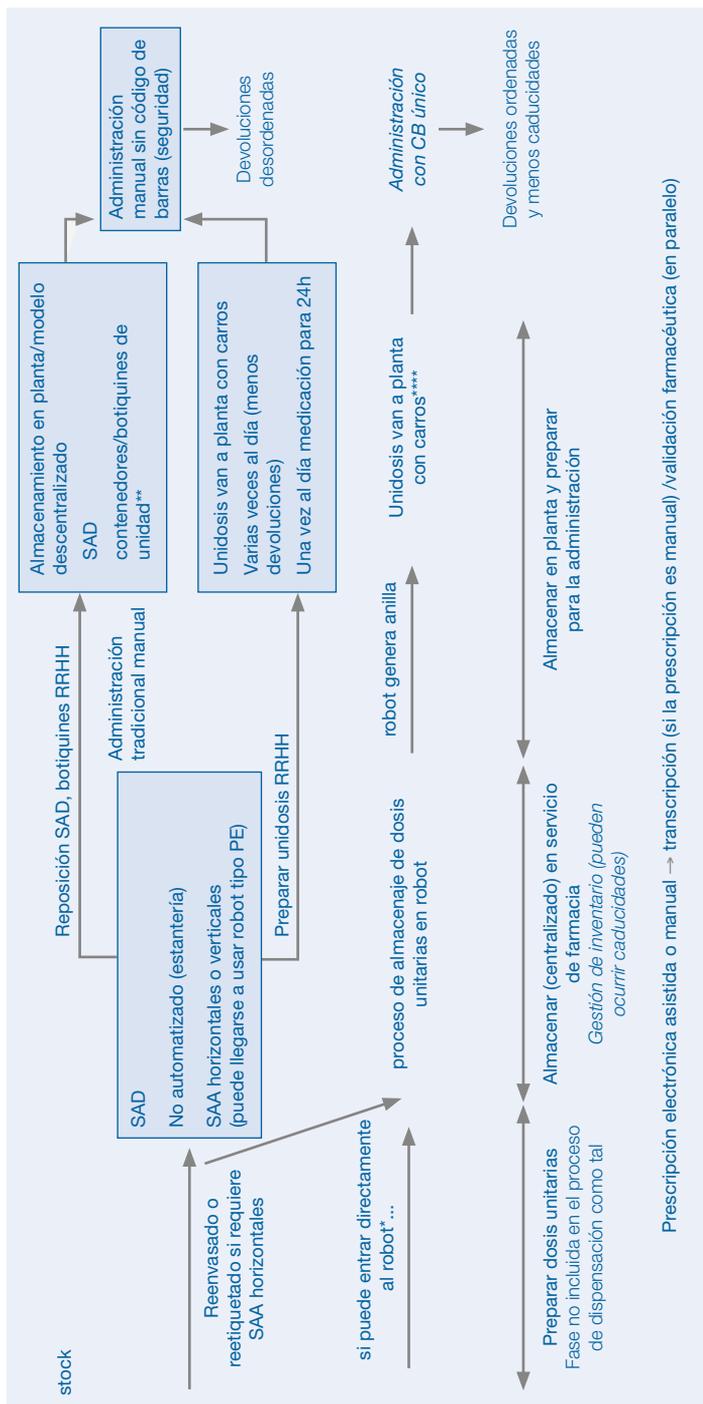
Tipo de errores	Proporción	Errores que previene la PEA	Errores que previenen los robots	Errores que previenen robots+PEA
Medicamento incorrecto administrado	23%	-	Sí	Sí
Dosis errónea del medicamento adecuado administrada	23%	-	Sí	Sí
Cantidad errónea	10%	-	Sí	Sí
Wrong "warnings or directions"	10%	Sí	-	Sí
Nombre del medicamento erróneo en la etiqueta	9%	Sí	-	Sí
Dosis errónea en la etiqueta	8%	Sí	-	Sí
Forma farmacéutica errónea	7%		Sí	Sí
Nombre erróneo en la etiqueta	2%	Sí	-	Sí

PEA: Prescripción Electrónica Asistida

El proceso de implantar la robotización incluye incorporar sistemas de código de barras que se aplican desde el almacenamiento hasta –muy relevante– la administración del medicamento en planta permitiendo comprobar que la unidosis se asigna al paciente correcto en un único sistema integrado. El sistema integrado también permite gestionar caducidades y reordenar las devoluciones de forma automatizada.

El sistema en un centro donde se implementa la robotización en pacientes ingresados, tal y como se observa en la Figura 2b, es compatible con usar

Figura 2b. Flujos habituales relacionados con la fase de dispensación de la medicación hospitalaria en pacientes ingresados con implantación de robotización en la dispensación. Los flujos de las presentaciones en robot y fuera de robot coexisten.



Beneficios: seguridad (robot vs manual), caducidad (así como automatizado, ordena), recursos humanos (más velocidad), gestión de stock (más orden permite reducir el índice de rotación)

PE: Pacientes externos; Pre: Paciente; RRHH: Recursos Humanos; SAA: Sistema Automatizado de Almacenamiento; SAD: Sistema Automatizado de dispensación \* P.e. hay sueros o jeringas que no pueden entrar en todo el proceso robotizado anterior; \*\*Las unidades que no suelen trabajar con unidosis (Unidad de Cuidados Intensivos, urgencias, Coria Estancia... coexistirían con/sin SAD. Incluso los SAD podrían mantenerse a la vez para stocks de seguridad; \*\*\*Procesos que no son explícitamente de dispensación y que se pueden robotizar

SADME/SAA o estanterías centralizados o descentralizados. De hecho, esta compatibilidad estaría casi garantizada para stocks de seguridad en planta o un cierto porcentaje de productos (estimable en 10-30%) que no pudieran introducirse en el robot. Por otro lado, en contraste con la Figura 1b, a más robotización, menos sentido tendrían los sistemas de almacenamiento automatizado (SAA).

Tres pasos son revolucionarios en la implementación de los robots en pacientes ingresados: (1) los procesos de generación y almacenamiento ordenado de bolsitas con dosis unitarias agrupadas en anillas por paciente por unidosis, (2) la posible asociación con códigos de barras únicos de paciente que permiten reducir errores de administración en planta, y (3) la re-ordenación de las devoluciones, implicando una reducción relevante de recursos humanos dedicados a la distribución. La partida de seguridad y de recursos humanos, en contraste y en consonancia con la situación en pacientes externos, son las partidas más relevantes de cambio en este proceso de robotización.

Finalmente, la robotización de la labor farmacéutica también ha permitido incluso que las unidades de pacientes externos de los servicios de farmacia dispongan de un sistema con apariencia de *cajero automático*. Este sistema puede ser práctico para pacientes con tratamientos crónicos estabilizados los cuales no requieren un seguimiento estricto de su medicación. El sistema permitiría agilizar la dispensación y a la vez aligerar las unidades de pacientes externos. Este sistema puede estar coordinado con los sistemas de dispensación robotizados, y de momento sólo está disponible en España en el hospital Gregorio Marañón de Madrid.

## 1.4. Justificación

Entre los **beneficios esperados** de la implantación de la robotización en los hospitales están:

- un **impacto organizativo** relevante, sobre todo centrado en pacientes externos, dada: (1) la optimización del tiempo por parte del farmacéutico en la búsqueda y entrega del medicamento, (2) el aprovechamiento del espacio físico ya que se reduce la zona del almacén, (3) la mayor atención al paciente, pues el farmacéutico emplea su tiempo en la atención farmacéutica y no en la búsqueda del medicamento, (4) la optimización del inventario del stock, ya que por ejemplo permite una mejora en la gestión de las caducidades y lotes o (5) la agilización del proceso, disminuyendo el tiempo de espera y mejorando el control de existencias.

- los beneficios potenciales para la **práctica profesional en comparación con la práctica habitual** que corresponderían a la mejora (aumento) del tiempo dedicado al manejo de pacientes y la relación entre especialistas, el tiempo de enfermería y el tiempo de especialistas de farmacia hospitalaria.
- los beneficios potenciales centrados en el aumento de la eficiencia en el manejo de espacios (**stock**) y en la **tarea de la dispensación** de fármacos.

La robotización asimismo permite, a través de sus prestaciones, aumentar las **capacidades de la atención farmacéutica** a un creciente número de pacientes, especialmente crónicos. Asimismo, permite asignar mayores recursos de personal farmacéutico para el seguimiento de la farmacoterapia de los pacientes crónicos / externos que deben recibir medicaciones de administración compleja, así como organizar el personal por área de conocimiento<sup>30</sup>.

La implantación de la dispensación robotizada también requiere de un gasto con un **impacto económico** estimable como alto, pero que podría verse compensado por el potencial ahorro asociable a su utilización<sup>33</sup>. En el ámbito económico, Garriga J en 2008 también estimó que para una inversión de un sistema robotizado de coste 120.000€ en una farmacia (sin concretar si hospitalaria o no) con un volumen de ventas anual de 500.000€, márgenes sobre ventas del 27% y con previsión de que la robotización pudiera comportar un aumento de ventas del 15%, el retorno de la inversión llegaría a los 8 años<sup>34</sup>.

Asimismo, legalmente y éticamente, la dispensación robotizada podría generar posibles **errores** y las correspondientes reclamaciones asociadas a éstos, pero, por otro lado, una de las fortalezas de su implantación es el potencial para mejorar la seguridad en el proceso de medicación de los pacientes.

En resumen, considerando que, (1) la tecnología robotizada está autorizada y disponible en España, pero no forma parte de la prestación pública actual en el Sistema Nacional de Salud, (2) hay una presión de demanda de pacientes externos en España, (3) hay una mejora continua en las prestaciones ofrecidas a través de los robots para el manejo de todo tipo de pacientes, (4) que estos robots son estimables de alto precio, (5) no existen estudios actualizados de revisión sobre el tema y (6) ante la posibilidad de mejorar la aportación de la comunidad farmacéutica en tareas distintas a la distribución; se considera de especial **interés** realizar una evaluación del impacto económico y en la seguridad de la implantación de la dispensación robotizada de fármacos en hospitales en España.

## 2. Objetivos y alcance de la investigación

### 2.1 Objetivos

El **objetivo principal** fue evaluar el impacto de la implantación de la dispensación robotizada de fármacos en hospitales en sustitución de la dispensación no robotizada en el Sistema Nacional de Salud español.

Los **objetivos específicos** fueron analizar la **seguridad, la efectividad y coste-efectividad** de la adopción de la dispensación robotizada de fármacos en hospitales en sustitución de la dispensación no robotizada diferenciándose el impacto en la dispensación en pacientes externos e ingresados.

No obstante, en las fases iniciales del presente estudio se constató que un proceso de aproximación a la estimación de la efectividad clínica de la implantación de la dispensación robotizada, y por tanto de su coste-efectividad, implicaría un estudio observacional *ad hoc* o bien una gran serie de supuestos que, ya en fase de construcción de hipótesis, lo harían complicado y cuestionable (ver Anexo 3). Por este motivo los objetivos de efectividad y eficiencia se replantearon en clave de resultados o **impacto organizativo** (cambios en el proceso de dispensación) y el **estudio económico de retorno de la inversión**.

### 2.2 Alcance

Los aspectos cubiertos en este informe de evaluación son los siguientes:

#### **Población diana**

Servicios de Farmacia de los hospitales del Sistema Nacional de Salud español. Pacientes atendidos en dichos hospitales.

#### **Aspectos contemplados en el informe**

Evaluación de los Sistemas de dispensación robotizada farmacéutica hospitalaria en comparación con la dispensación clásica (no robotizada) de farmacia hospitalaria, tanto en pacientes externos como ingresados.

#### **Aspectos no cubiertos o limitaciones**

El estudio se plantea a través de realizar un ejercicio de revisión sistemática de la evidencia científica que se complementa con una modelización económica para valorar la potencial inversión. Para realizar la modelización

se consideran los valores de la literatura y los resultados procedentes de entrevistas a profesionales con experiencia en la implementación de la robotización en España. El análisis de modelización permite una aproximación a nivel de retorno de la inversión, y por tanto, del plazo en que éste se consigue. No obstante, como se ha comentado, esta aproximación para la evaluación de la dispensación robotizada de la farmacia hospitalaria no cubrirá un análisis de coste-efectividad. Asimismo, se compara una situación de robotización (objeto del estudio) contra no robotización (entendida para pacientes ingresados también como no automatización). Es decir, en el caso de la gestión de los pacientes ingresados no se realiza un estudio económico correspondiente a gestionar la distribución únicamente con SAD. Finalmente, si bien se ha realizado un análisis de sensibilidad a los resultados del modelo económico, debe considerarse que las tecnologías evaluadas en este informe están en proceso continuo de mejora relevante, así como pueden haber robots de dispensación aún no implementados, pero comercializados y sin evidencia científica en España, y no considerados en el análisis económico.

### **Usuarios**

Estas tecnologías se desarrollaron para dar respuesta a la enorme carga y complejidad que tiene en el momento actual el almacenamiento, dispensación y control de los medicamentos en los hospitales, esto es, para reorganizar y optimizar este circuito. Complementariamente se utiliza estrategia de mejora de la seguridad.

Así, el presente informe, que es de acceso público y abierto, va dirigido tanto a gestores/gerentes hospitalarios, como directores generales de atención especializada de las Comunidades Autónomas, y jefes de servicio u otros responsables con impacto en el ámbito económico de la farmacia en los hospitales públicos españoles.

# 3. Metodología

Se llevó a cabo una revisión sistemática de la evidencia científica, y un análisis sobre el retorno de la inversión para España basado en la información de la revisión y la opinión de expertos para valorar la aplicabilidad, y complementar así los resultados de la revisión.

## 3.1 Revisión sistemática de la literatura

### 3.1.1. Pregunta de estudio

La revisión sistemática se ha basado en la siguiente pregunta de estudio:

¿Cuál es el impacto de implantar la dispensación robotizada de fármacos en hospitales en sustitución de la dispensación no robotizada en el Sistema Nacional de Salud español, diferenciando entre su implementación para pacientes externos e internos?

### 3.1.2. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión para la revisión sistemática quedaron definidos a través de la estrategia metodológica PICOTS de búsqueda y se muestran en la tabla 10.

Tabla 10. Criterios PICOTS para la definición de la búsqueda

Concepto	Detalle
Población	Servicios de farmacia hospitalarios
Intervención	Dispensación robotizada de fármacos en hospitales
Comparador	Dispensación no robotizada
Outcome (Variable de resultado)	Seguridad y variables que reflejen cambios en el proceso de dispensación
Horizonte Temporal	Últimos 10 años*
Diseño de estudio	Revisiones y metanálisis, estudios observacionales

\*Salvo excepción por ser considerado documento de referencia. Se considera este horizonte temporal dado que estas tecnologías están en proceso continuo de optimización, mejorando prestaciones, y pudiendo dejar obsoletas las referencias sobre su efecto. Se considera el 12 de mayo de 2017 como fecha de estudio.

Los **criterios de exclusión** fueron,

- que el **idioma** de los documentos seleccionados no fuera inglés, castellano, francés o catalán,

- publicaciones no científicas (noticia en página web o folleto explicativo y/o de tipología comercial; se aceptan *abstracts* de congresos o revistas con revisión e indexadas), sin acceso a *abstracts* o editoriales,
- documentos y evidencia con conflictos de interés de marcas comerciales,
- clarificando la tabla anterior, las siguientes intervenciones o posibles objetos de evaluación no fueron incluidos:
  - robotizar la dispensación en atención primaria / farmacia comunitaria, a domicilio,
  - sistemas electrónicos/tecnologías de la información y la comunicación/registro de información (el objeto no es la prescripción electrónica y su relación con dispensar),
  - vehículos guiados, sistemas automatizados descentralizados respecto el servicio de farmacia (SAD) y métodos de robotización únicamente del proceso de re-embalado
  - sistemas de transporte o dispensación directa al paciente externo robotizados
  - análisis sobre el impacto de la implementación de códigos de barra,
  - análisis de protocolos de mejora para reducir errores de medicación<sup>35</sup>,

### 3.1.3. Búsqueda y selección de estudios

La selección de trabajos se inició con la **lectura inicial de títulos y resúmenes** resultantes de una estrategia de búsqueda en Pubmed/ Medline por parte de dos técnicos de la Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya (AQuAS), siguiendo los criterios PICOTS y los criterios adicionales de exclusión. Una vez seleccionados, se **contrastaron los resultados obtenidos por cada revisor** alcanzándose un **consenso** de los documentos a incluir, cuyo **contenido completo** fue leído y revisado por un solo revisor. Con el aprendizaje adquirido a través de este proceso, se realizó una búsqueda en otras fuentes cuyos títulos y resúmenes revisó un solo técnico de AQuAS. Finalmente, se añadieron documentos adicionales finales a través de una selección de **búsqueda manual de la bibliografía incluida en los artículos seleccionados**.

Las **fuentes de información** que se revisaron fueron las siguientes:

- Revisiones sistemáticas
  - Center for Reviews and Dissemination (CRD)
  - Biblioteca Cochrane
  - Metabuscador Tripdatabase
- Estudios primarios
  - PubMed,
  - Scopus,
  - Web of Science
- Otros

Motores generales de búsqueda (Google...)

Documentos analizados o resúmenes de congresos

Literatura gris (tesis, actas, memorias, documentos de sociedades científicas, informes técnicos catálogos de productos y servicios de empresas...)

Los pasos sucesivos correspondientes a las **estrategias de búsqueda** que definen como se encontraron los documentos analizados se presentan en el Anexo 4 de este informe. Los algoritmos fueron parecidos siguiendo la estructura PICOTs y los criterios de selección, pero diferentes según fuente de información.

#### 3.1.4. Extracción de información

Un técnico realizó la extracción de información de las fuentes finalmente seleccionadas diferenciando la información claramente presentada en los estudios sobre robots aplicados a pacientes ingresados o externos, y a variables asociadas a seguridad o sobre impacto económico y organizativo.

#### 3.1.5. Evaluación de la calidad

Con tal de valorar la calidad de la evidencia y el riesgo de sesgo de los documentos seleccionados, se realizó una lectura crítica y se evaluó la calidad metodológica mediante la escala ACROBAT-NRSI para estudios observacionales (dado que era el tipo de estudio en común entre todos los estudios seleccionados), tal y como recomienda la guía para la elaboración y adaptación de informes rápidos de evaluación de tecnologías sanitarias de la Red Española de Agencias de Evaluación de Tecnologías Sanitarias

y Prestaciones del Sistema Nacional de Salud<sup>36</sup> (incluido en el Anexo 5 de este informe).

### 3.1.6. Síntesis y presentación de los resultados de la revisión

El análisis y síntesis de la revisión sistemática sigue con el máximo detalle posible los principios definidos en:

- la guía de la Red Española de Agencias de Evaluación<sup>36</sup>,
- el *Centre for Reviews and Dissemination (CRD) guidance for undertaking reviews in health care. Systematic reviews*<sup>37</sup>
- la guía de la página web del NICE (National Institute for Health Care and Excellence) para revisiones sistemáticas<sup>38</sup>

Los resultados se tabularon diferenciando los resultados en pacientes ingresados y externos. Adicionalmente, se redactó la variabilidad encontrada en los datos de seguridad y se realizó una estimación para el estudio económico de este informe con el valor promedio entre el valor mínimo y máximo encontrados. Las conclusiones o recomendaciones se presentan de forma diferenciada en el apartado de conclusiones.

La metodología para presentar el flujo de las búsquedas fue un esquema PRISMA (Proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analysis)<sup>39</sup>.

## 3.2. Entrevistas en profundidad a expertos

La recopilación de información sobre el proceso y el impacto de la utilización de la robotización en la farmacia hospitalaria se complementó a través de entrevistas en profundidad a responsables de servicios de farmacia hospitalaria de centros donde se había detectado previamente la implantación de la robotización de la dispensación farmacéutica. Así, se definió un guion de entrevista, y se invitó por correo electrónico a participación de forma desinteresada a dichos responsables hasta conseguirse una muestra de participantes estimable como suficiente (n=9).

La entrevista se planificó para una duración esperada de una hora. El guion de la entrevista se envió con una antelación de entre una y dos semanas, tras ser contactados con una carta de invitación y haberse recibido una acep-

tación a participar. El guion no fue una encuesta al uso, sino que sirvió de punto de apoyo para facilitar el proceso de búsqueda de la información específica que se solicitó durante cada entrevista.

Tras acordar las condiciones logísticas, las entrevistas a profesionales que trabajaban en Cataluña se realizaron, en general, de forma presencial, mientras que las entrevistas a profesionales que trabajaban fuera de Cataluña fueron telefónicas. La duración de cada entrevista fue de alrededor de una hora. Las respuestas a las preguntas se anotaron de forma escrita durante la entrevista para después clasificarse las respuestas indicadas por los entrevistados de forma digital, según las diferentes preguntas respondidas por el guion. La anotación digital se realizó por tablas y de forma confidencial (las respuestas se presentan de forma anonimizada). Finalmente, si las respuestas tenían el mismo significado, se anotaba en las tablas el número de entrevistados que habían contestado aquel mensaje.

Las entrevistas incluyeron preguntas sobre la experiencia, incluyendo satisfacción, valoración sobre fortalezas y debilidades, y utilización de recursos y/o resultados de seguridad derivados pre-post de implementar la robotización desde el ámbito práctico, y permitió ver su aplicabilidad real en el Sistema Nacional de Salud español. El guion de las entrevistas (incluido en el Anexo 1 de este informe) incluía, como referencia de soporte, datos preliminares encontrados en la fase de revisión sistemática sobre la implantación de un robot de dispensación a pacientes externos en el Hospital Gregorio Marañón<sup>30</sup>.

### 3.3. Análisis económico de retorno de la inversión

#### 3.3.1 Generalidades del caso base

El análisis económico se realizó a través de un ejercicio de modelización que diferencia un “caso base” que refleja el estudio de un escenario simplificado de la realidad actual, y un análisis de sensibilidad que refleja el estudio de esta realidad modificando premisas con las que el caso base se construye.

Así, el estudio se realizó diferenciando cuatro perfiles de hospitales. Esta simplificación, como toda aquella en que incurre un modelo, está sujeta a variaciones debido a la variabilidad y las características de los distintos centros del Sistema Nacional de Salud. Los cuatro perfiles se decidieron caracterizando a los hospitales a través de los datos de la Tabla 5, datos de la literatura y datos de las entrevistas.

Tabla 11. Características del hospital antes de una potencial robotización en el caso base del análisis de retorno de la inversión de la implementación de esta robotización

	Hospital hipotético				
	Hospital Medio*	300 camas	600 camas	900 camas	1.200 camas
Dosis unitarias al año en ingresados	3.600/cama	1.080.000***	2.160.000	3.240.000	4.320.000
Dispensaciones a pacientes externos (número)**	45/cama*	13.500	27.000	40.500	54.000
Valor de inventario antes de robotizar (ingresados; ambulatorios; externos)	5.700€/cama 20%; 20%; 60%	1.710.000	3.420.000	5.130.000	6.840.000
Pérdidas por caducidad****	22,22€/cama	6.666	13.338	19.998	26.664
Adopción de la PEA en unidades que utilizan unidosis*****	Prácticamente total	-		-	-

\*Fuente: a partir de memorias y otros datos publicados de hospitales del SNS. Aunque no se dispensen pacientes externos en cama, el número de dispensaciones o líneas dispensadas guardan cierta proporcionalidad con el número de camas. Los valores están en constante evolución, en general, al alza (contemplado en el análisis de sensibilidad). La PEA muy está instaurada pero en algún centro está solamente instaurada en un servicio \*\*no incluye a hospital de día \*\*\*este valor es aproximadamente correspondiente a asociar, suponiendo 1 paciente/día/hospital 10 dosis unitarias por unidosis \*\*\*\* diferentes a UCI, UCE, quirófanos, urgencias, semicríticos...\*\*\*\*\*se parte de la hipótesis (en ausencia de referencias de literatura y por percepciones derivadas de las entrevistas de 20.000€ en un hospital de 900 camas)

PEA: Prescripción Electrónica Asistida; UCI: Unidad de Cuidados Intensivos; UCE: Unidad de Corta Estancia.

A partir del conocimiento adquirido en el proceso de entrevistas del proyecto se ha considerado que, si bien existe, no hay un rendimiento de escala asociado al aprendizaje de los usuarios digno de ser estimado. Es decir, los primeros meses de implementación, implican un aprendizaje relevante, y existe una mejora continua en las capacidades del usuario para aprovechar la tecnología cuanto más tiempo se trabaja con la misma, pero no es suficiente como para condicionar los cálculos del estudio.

La hipótesis por la que la implantación de unidosis es “prácticamente total” debe interpretarse dentro del siguiente concepto de distribución del medicamento en el hospital en el caso base: se gestionan por unidosis gran parte de las dosis administradas en el centro, pero no la totalidad. Es decir, habría una parte gestionada con SAD, en unidades que no suelen trabajar con unidosis o para gestionar stocks de urgencia periféricos. Así, efectos asociados a pacientes ingresados, pasarían por un reajuste de un 25%. De forma desglosada: (1) aproximadamente un 15% de los productos no pueden entrar o ser cortados actualmente por robots (según opiniones consultadas en este estudio, un 10%-30%), y (2) aproximadamente un 10% de las unidades, como ya se comentó, se distribuirían en SAD en vez de unidosis (porque su utilización no es lógica o por stock periférico de urgencias). En conclusión y visto desde otra perspectiva, no todos los errores de medicación en dispensación y administración son a la práctica solucionados o solucionables por robots.

El estudio se realizó siguiendo las recomendaciones (en relación a la perspectiva, utilización de recursos, horizonte temporal, modelización, incertidum-

bre, transferibilidad de los resultados, tasa de descuento...) para evaluaciones económicas de tecnologías médicas en España publicadas por Lopez-Bastida et al<sup>40</sup>. En este sentido, se aplicó al modelo una tasa de descuento del 3%.

### 3.3.2. Escenarios del análisis

Se decidió analizar **los dos** siguientes casos base (robots considerados) dado que están implantados en algún hospital en España, y por tanto de los que podemos contrastar su efecto en la práctica real:

- **En pacientes externos**, se comparan los sistemas robotizados de almacenaje (**Rowa<sup>®</sup>**, **Apostore<sup>®</sup>**) vs **no tener implantados estos robots**,
- **En pacientes ingresados**, se comparó utilizar un sistema integral robotizado del proceso de unidosis (**Pillpick<sup>®</sup>**) vs **no tener implantados estos robots**.

La comparación, es de facto, diferenciando pacientes ingresados y externos, entre la Figura 1a/b vs Figura 2a/b de este informe.

### 3.3.3. Costes unitarios

La imputación de costes unitarios se realizó acorde a las correspondientes referencias encontradas del ámbito español relacionados con la utilización de recursos.

Tabla 12. Referencias de costes unitarios de inversión en robots en España

Concepto	Valor (€)	Referencia
Coste del proyecto de implantación de robot ... para unidosis (300, 900 o 1200 camas)	964.000 1.512.000 1.961.000	Fabricante robot pacientes ingresados: Swisslog <sup>®</sup>
... para pacientes externos	350-450.000* 400-500.000* 375*1,2=450* 450*1,2=540*	Distribuidor Rowa <sup>®</sup> (Grifols) Distribuidor Apostore <sup>®</sup> (Palex) Valor hospital 300 camas Valor hospital 900 o 1.200 camas
Mantenimiento Rowa <sup>®</sup> (4 años)	82.000 (20.500 anuales)	Adjudicación Hospital de Cruces <sup>41</sup>
Mantenimiento anual Rowa <sup>®</sup>	9.727**	Adjudicación Complejo Hospitalario de Vigo <sup>42</sup>
Mantenimiento Apostore <sup>®</sup>	21.529**	Adjudicación Son Espases
Mantenimiento anual Pillpick <sup>®</sup> (300, 900 o 1200 camas)	68.500 105.840 137.270	Fabricante robot pacientes ingresados: Swisslog <sup>®</sup>
Consumibles anual Pillpick <sup>®</sup> (300, 900 o 1200 camas)	42.000 125.000 166.800	Fabricante robot pacientes ingresados: Swisslog <sup>®</sup>

\*no incluye el valor del mecanismo de transporte del almacén al punto de dispensación (cinta...) que correspondería a un incremento del 10-30% (promedio del 20%) según las características del centro y que sí se aplica en los valores unitarios incorporados en el modelo. Rangos orientativos. El valor puede depender de las prestaciones del robot, el espacio disponible, el número de brazos, la existencia y proporción de envases/referencias refrigerados requeridos... A este gasto de inversión, puede acompañarse un gasto posterior de nuevos módulos (el estudio contempla que todos los módulos necesarios se adquieren en el momento basal de compra). El valor del coste del robot incorporado en el modelo es el promedio entre los dos valores aportados por los distribuidores. A la vista de la variabilidad de las referencias disponibles del coste del mantenimiento anual, en el modelo, se corresponde CHUVI – 20% (es decir, alrededor de 8 mil €), a los escenarios de 300 camas, y H.Cruces anual a 900 y 1.200.

Tabla 13. Referencias de otros costes unitarios de inversión en robots en España

Concepto unitario		Valor mín. (€)	Valor medio (€)	Valor máx. (€)	Referencia
Salarios anuales brutos	Técnico de Farmacia**	27.692	31.785	35.878	Convenio laboral SISCAT <sup>43*</sup>
	Auxiliar/Técnico de enfermería	-	18.378	27.906	Convenio laboral SISCAT
	Auxiliar administrativo/ auxiliar de almacén	19.672	19.672	26.421	Convenio laboral SISCAT y Rodríguez CG <sup>30</sup>
Seguridad	Coste de un efecto adverso relacionado con la medicación	3.315	4.449	5.584	Estimación a partir de CMBD en España

SISCAT: Sistema Sanitari Integral d'Utilització Pública de Catalunya; EM: Error de Medicación; CMBD: Conjunto Mínimo de Base de Datos

\*Valor medio en profesionales en plantilla con nivel de formación FP1/2, sin plus de vinculación ni responsabilidad

\*\*Grado de formación profesional grado medio

### 3.3.4. Fuentes de información y partidas para el análisis económico

El análisis económico y organizativo valoró aquellas partidas asociadas a la inversión y, en contrapartida, aquellas partidas asociadas a los potenciales ahorros asociados a la implantación de la robotización vs la no robotización. Las **cuatro partidas** consideradas para esos ahorros fueron: seguridad, caducidad, recursos humanos (requeridos para mantener el nuevo nivel con la robotización, es decir, para gestionar etiquetados, devoluciones, re-ensavados, desplazamientos...) y necesidades de espacio para stock. Los inputs del modelo para las partidas se basaron en los datos extraídos de la revisión sistemática, supuestos y valores adicionales de soporte de literatura científica.

Así se detalla la fórmula principal utilizada (y su desarrollo si aplica) para las diferentes partidas:

- **caducidades:** se considera que el 80% quedará solucionada, dado que, si bien la percepción de los entrevistados en este proyecto era que la totalidad lo estaría, siempre puede quedar algún producto que caduque porque se debía tener como stock de seguridad (p.e. antídoto no utilizado). Por otro lado, se considera el 22,22€ por cama, y las proporciones entre pacientes ingresados o ambulatorios (se entiende que se benefician ambos de la gestión del robot en el caso base) vs externos de la Tabla 11. Finalmente, hay un reajuste

en los robots para dispensación de pacientes ingresados, como se ha comentado anteriormente, del 25%. Las fórmulas utilizadas para el cálculo del coste en los diferentes escenarios son:

$$\text{coste producto caducado x cama} * \text{número camas} * \text{probabilidad caducidad en externos} * \text{probabilidad de caducidades resueltas}$$

$$\text{coste producto caducado x cama} * \text{número camas} * \text{prob caducidad en ingresados (incluyendo ambulatorios)} * \text{probabilidad de caducidades resueltas (pacientes externos)} * \text{probabilidad de ser gestionado e incluido en el robot}$$

- **recursos humanos:** los inputs se extraen de los costes unitarios presentados anteriormente y el número de recursos derivados de las entrevistas. Se decidió tomar el valor de las entrevistas en lugar de la literatura dado que en las propias entrevistas se constató que si las referencias eran extranjeras (como lo eran), no serían extrapolables a España. Asimismo, los valores de la tabla de recursos humanos de las entrevistas resultan coherente con los valores descriptivos de la Tabla 7. La fórmula utilizada para el cálculo del coste en los diferentes escenarios fue:

$$[[\text{salario medio de técnico farmacéutico o auxiliar de enfermería} * \text{técnicos farmacéuticos o auxiliares de enfermería teóricos ahorrados con robot para paciente } \underline{\text{ingresado/externo}}] +$$

$$[\text{salario medio de auxiliar de almacén} * \text{auxiliares de almacén teóricos ahorrados con robot para paciente } \underline{\text{ingresado/externo}}] +$$

$$[\text{salario medio de administrativo} * \text{administrativos teóricos ahorrados con robot para paciente } \underline{\text{ingresado/externo}}] +$$

$$[\text{salario medio de farmacéutico} * \text{farmacéuticos teóricos ahorrados con robot para pacientes } \underline{\text{ingresado/externo}}] * \text{probabilidad de ser gestionado e incluido en el robot en el caso del robot de pacientes ingresados}$$

- **efecto en el almacén:** el cálculo se asocia en primer lugar al cambio en volumen del stock, que se extrae de las entrevistas dado que los valores de la literatura encontrados en España eran muy dispares y sólo correspondían a 2 centros<sup>30</sup>. La tabla siguiente muestra los valores utilizados.

Tabla 14. Inputs considerados para la modelización en mejora de stock

Concepto	Valor	Fuente
% Mejora en stock interno / externo con robotización	12,5% / 26,4% *	Entrevistas

\*Valor promedio de las respuestas aportadas en las entrevistas de éste proyecto

Las estimaciones de diferencia de volumen de stock y la diferencia cruda del valor del inventario asociado, a su vez, no pueden tomarse como el valor del ahorro asociado a la aplicación del robot. Es decir, si el valor del inventario medio ha cambiado, por ejemplo, de 2 a 1,5 millones de euros, ello **no** significa que el hospital se haya ahorrado 0,5 millones de euros, ya que el stock, más tarde o más temprano, va a requerirse. El ahorro es en el espacio medio fijo que se requiere y sus consecuencias. Así, el hospital se ahorra conceptos como el “coste variable de almacenamiento”<sup>d</sup> y/o “costes asociados a seguros por el inventario activo”. Estos conceptos se estiman en un **7,5% del valor asociado a la mejora de la gestión del inventario activo**, tomando como referencia valores teóricos de la literatura<sup>44</sup>. Así, si en un centro hipotético el valor del inventario esperado anual con la robotización se reduce en 0,5 millones de euros, el ahorro anual por necesidades de inventario/stock correspondería a 37.500€. La rotación de stock es un concepto que puede asociarse a la necesidad de mejora en este sentido, ya que si se ahorra espacio o necesidad de inventario fijo, hay más margen para ampliar la rotación. La fórmula utilizada para el cálculo del coste en los diferentes escenarios fue:

valor de inventario x cama \* número de camas \*probabilidad (parte)  
correspondiente a pacientes ingresados/externos\* 5% de efecto  
económico por la mejora del stock del almacén\* porcentaje de mejora en  
el stock de ingresados/externos

- **seguridad:** La Tabla 16 muestra el valor utilizado en el modelo en el caso base para pacientes **ingresados**, que corresponde a los errores de **administración** que tienen asociado daño en pacientes ingresados.

Tabla 15. Inputs considerados para la modelización en seguridad en el caso base

Concepto	Valor	Fuente
% Errores de medicación con un potencial daño asociados a administración	0,0022%	Pastó-Cardona L

<sup>d</sup> mantener el inventario requiere disponer de almacén, personal, equipo de manejo de materiales...

Asimismo, se aporta un valor simbólico equivalente para representar posibles errores de dispensación que pudieran incurrir en daño (si bien, como se ha indicado en la introducción, podría no haberlos).

La fórmula utilizada para el cálculo del coste para la partida de seguridad en los diferentes escenarios, que consideran

- (a) las diferencias de error de administración o dispensación que se consiguen a través de los robots (obtenidas a través de la revisión de la literatura). En el caso de los errores de administración se considera la reducción del 53% y no la diferencia cruda del 5,6% porque se considera que el 10,6% (pre) de la única referencia disponible de robotización es excesivamente alto, pero sí puede cumplirse la magnitud del efecto de reducción;
- (b) la utilización completa de la implantación de códigos de barras a los pacientes para facilitar el trabajo de los profesionales de enfermería,

fue:

$$\begin{aligned} & \text{unidosis administradas por cama} * \text{número de camas} \\ & * \text{probabilidad de unidosis de ser incluida en el robot} * \text{coste de error de} \\ & \quad \text{medicación} * \\ & ((\text{diferencia aritmética de porcentaje de errores de dispensación paciente} \\ & \quad \text{ingresado} * \text{error con daño}) + \\ & (\text{diferencial de errores de administración paciente} \text{ingresado} * \text{porcentaje} \\ & \quad \text{implantación del código de barras} * \text{porcentaje de medicaciones con error} \\ & \quad \text{de dispensación con daño}) \end{aligned}$$

La fórmula correspondiente para el cálculo en el ámbito de seguridad para pacientes externos fue:

$$\begin{aligned} & \text{dispensaciones por cama} * \text{número de camas} * \\ & \text{diferencia de porcentaje de errores de dispensación en pacientes} \\ & \quad \text{externos} * \\ & (\text{porcentaje de errores con daño} * \text{coste error de error de medicación}) \end{aligned}$$

aportándose de nuevo como porcentaje de errores de dispensación con daño un valor muy reducido, estimable del 0,0022% (en analogía con los errores descritos de administración anteriormente).

Los resultados se presentan con los valores para cada año hasta alcanzarse ahorro (considerando el momento basal noviembre de 2017).

### 3.3.5 Análisis de sensibilidad

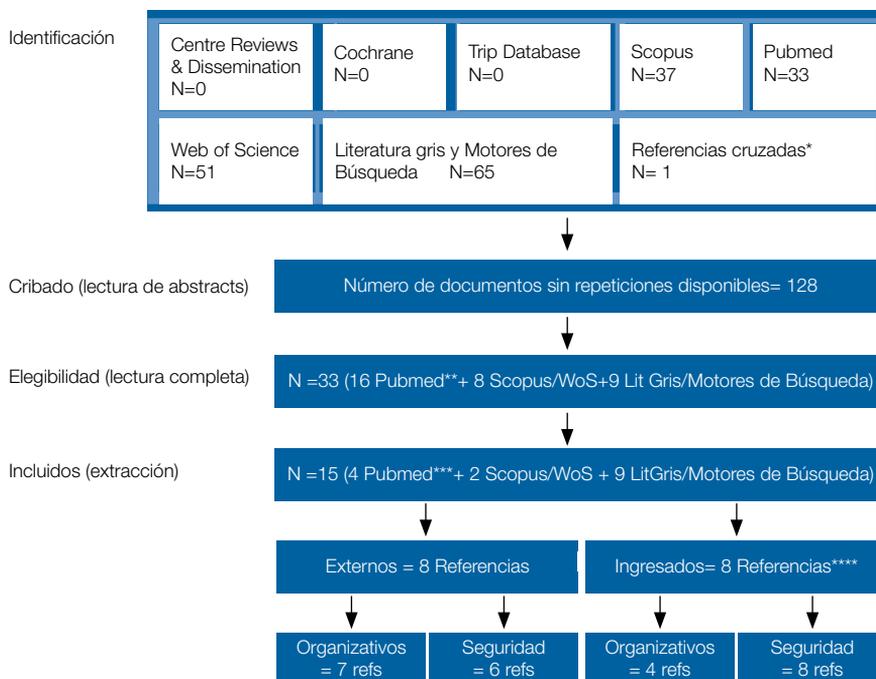
El análisis de sensibilidad se basó en la variabilidad encontrada en la revisión de la literatura del proyecto y en el conocimiento adquirido en las entrevistas. Así, las variables analizadas fueron: grado teórico de implantación del uso del código de barras, dosis unitarias al año en pacientes ingresados del hospital, número de dispensaciones al año a pacientes externos, valor medio del inventario antes de robotizar, reubicación y ahorro potencial o ahorro explícito de recursos humanos, coste de error de medicación no asociado a hospitalización, porcentaje de dosis que entra en el robot, diferencia en errores de dispensación y administración pre-post y efecto en el almacén.

# 4. RESULTADOS

## 4.1. Revisión sistemática de la literatura

El siguiente esquema PRISMA (Figura 3) refleja el flujo de selección de estudios de la revisión sistemática. El proceso de discusión para consenso en el análisis de títulos y resúmenes seleccionados a través de Pubmed/Medline por parte de dos revisores se describe en el Anexo 6. Los algoritmos de búsqueda y número de resultados encontrados a través de las fuentes de información se presentan en el Anexo 7.

Figura 3. Esquema PRISMA de las búsquedas según fuentes de información



\* referencias identificadas a través de la lectura de documentos identificados con la búsqueda  
 \*\*Criterios de exclusión utilizados y consensuados por los 2 revisores sobre Pubmed: intervención errónea (n=11), Análisis+Intervención errónea (n=1), Análisis+Población errónea (n=1), Intervención+Población errónea (n=3) y Población errónea (n=1) \*\*\*12 documentos excluidos por no tener información de interés según PICOTs analizado \*\*\*\*Un documento hace referencia tanto a robots para pacientes externos como ingresados

El Anexo 4 muestra el listado de las referencias finalmente incluidas y la evaluación de la calidad de los estudios finalmente incluidos. La tabla siguiente muestra el resumen de la evaluación de la calidad de estos estudios, observándose que, en general, la calidad se valora como media o baja. Desde una perspectiva negativa, adicionalmente, no se presentó apenas evaluación de la variabilidad en las medidas de resultado, o descripciones sobre las pérdidas. Desde una perspectiva positiva, los resultados se valoran como coherentes entre sí.

Tabla 16. Resumen sobre la evaluación de la calidad de los estudios

Referencia	Nivel de evidencia*	Evaluación de sesgos ACROBAT-NRSI	Sesgo publicación	Calidad global
Franklin et al 2008	2+	SA, DS, SAFF, SE	Revista con revisión	Media
Gómez-Ulloa et al 2009	2-	SA, DNS, SAFF, SE	Otros	Baja
Bepko et al 2009	2-	SA, DS, SAFF, SS	Revista con revisión	Baja
G.Collado et al 2012	2-	SA, DS, SAFF, SS	Revista con revisión	Media
Kasbekar 2013	ND	SA, DNS, SAFF, SE	Otros	Baja
Viprey et al 2013	ND	SNA, DNS, SAFF, SS	Otros	Baja
François et al 2013	2-	SA, DNS, SAFF, SE	Otros	Baja
Cousein et al 2013	2-	SNA, DNS, SAFF, SE	Otros	Baja
James et al 2013	2+	SA, DS, SAFF, SE	Revista con revisión	Media
Salvador et al 2013	2-	SA, DS, SAFF, SS	Otros	Baja
Cousein et al 2014	2-	SNA, DS, SAFF, SS	Revista con revisión	Baja
Massé et al 2014	3	SA, DNS, SAFF, SS	Otros	Baja
Beard et al 2013	2+	SA, DS, SAFF, SS	Revista con revisión	Baja
Rodríguez CG 2015	2+	SA, DS, SAFF, SE	Tesis	Alta
Berdot et al 2016	2-	SA, DS, SAFF, SS	Revista con revisión	Baja

\*Más detalles en el Anexo 5. DS: Determinación Suficiente de la medida de resultados; DNS: Determinación No Suficiente (o No Disponible) de la medida de resultados; SA: Selección adecuada; SAFF: Sin Análisis de Factores Pronósticos; SE: Seguimiento Escaso (2 meses o menos) o ND; SNA: Selección No Adecuada (se evalúa un solo servicio); SS: Seguimiento Suficiente;

Los siguientes apartados muestran los resultados encontrados en relación a los estudios finalmente incluidos y sus correspondientes resultados principales.

### 4.1.1. Resultados de seguridad

La Tabla 17 describe los resultados de seguridad encontrados en la revisión sistemática (se calcula el valor medio entre el mínimo y el máximo para el modelo económico de este proyecto).

En resumen, los **errores de dispensación** encontrados en estudios recientes (considerando que las tecnologías tienen una mejora continua, después de 2010) de seguimiento en pacientes:

- Ingresados
  - pre-robotización oscilan en general entre 1% y 0,8% (valor medio: **0,9%**), si bien se observa un dato discrepante respecto el rango, alcanzando 2,9%
  - post-robotización oscilan entre 0,13% y 0,08% (valor medio: **0,105%**)  
Cuya diferencia es de **0,795%**
- Externos
  - pre-robotización, oscilan entre 0,64% y 1,3% (valor medio: **0,97%**)
  - post, oscilan entre 0,27% y 0,6% (valor medio:), si bien el **0,43%** debe tomarse con cautela al asociarse a un seguimiento de una sola semana.  
Cuya diferencia es de **0,54%**

Adicionalmente, los **errores de administración**, específicamente con la robotización de la unidosis en pacientes **ingresados**, se reducirían del 10,6% al 5%. Esto implica una reducción del **53%**.

Tabla 17. Resultados de seguridad asociados a sistemas de dispensación robotizada (pre vs post implementación)

Variable de resultado	Resultado	Detalles [camas, semanas de seguimiento]	Referencia
<b>Pacientes externos</b>			
Errores de dispensación	37 vs 0	Rowa® (06/08 a 06/10 vs 06/10 a 12/10). Intervención en 2009 [1000, 104]. PEA arraigada	Beard R et al (2013) <sup>32</sup>
Errores de dispensación	0,93% vs 0,27% (evitando 4.500 errores/año)	Rowa® 880 cajas de medicamentos/hora [1800, ND]	François O et al <sup>45</sup> (2013)
Errores de dispensación	1,3% vs 0,6% **	Rowa [1.670, 7]	Rodríguez CG (2015) <sup>30</sup>
Índice de criticidad de los potenciales modos de fallo en la dispensación	1141 vs 780		
Errores de dispensación	0,64% vs 0,28% (p<0,0001)	Rowa ® [600, 6]	James et al (2013) <sup>46</sup>
Errores de dispensación*	4,1% vs 0,6% 1,2% vs 0,5%	Pack-picker Rowa ® [ND, 2]	Franklin et al. <sup>51</sup> (2008)
Errores de dispensación (post)	0,14%	Apostore ® [470, 1]	Gomez-Ulloa <sup>47</sup> (2009)
<b>Pacientes ingresados</b>			
<b>Errores de administración</b>	<b>10,6% vs 5%</b>	Pillpick® Unidad de geriatría [1800, 10] 2 meses de datos	Cousein et al. (2014) <sup>48</sup>
Errores por omisión	5,5% vs 4%		
Errores de dosis	2,4% vs 0,5%		
Errores de medicación errónea	1,9% vs 0,01%		
Errores por h errónea de la administración	2,8% vs 0,5%		
Errores que requieren terapia o intervención	12,2% vs 10,7%		
Errores de medicación en administraciones	12,6% vs 5,2%	Pillpick® (148 pacientes -615 administraciones-vs 166 -783-) Unidad geriatría [ND, ND]	Cousein et al. <sup>49</sup> (2013)
Errores de medicación por pacientes	30,4% vs 19,9%		
Errores por dosis	16 vs 4		
Errores por medicamentos erróneos	19 vs 1		
Dosis perdidas en 6 meses	-40%	PillPick® [350, ND]	Kasbekar N <sup>50</sup> (2013)

Variable de resultado	Resultado	Detalles [camas, semanas de seguimiento]	Referencia
Errores de dispensación en 2 semanas*	1,2% vs 0,8%	Pack-picker®	Franklin et al. <sup>51</sup> (2008)
	1,6% vs 0,9%	Rowa Speedcase® [450 entre 2 centros, 2]	
Discordancias entre la prescripción médica y la administración de medicación; identificación de los medicamentos por parte de enfermería; coste por cama	46% vs 18%; 18% vs 1%; 142€ vs 161€	Pillpick®. Unidad cardiología; 1.471 vs 1.762 administraciones de 91 vs 94 pacientes [ND, 26]	Viprey M et al. <sup>52</sup> (2013)
Errores de dispensación (pre)	<b>0,8%</b>	Pillpick®+Boxpicker® [300]	Salvado <sup>28</sup> (2012)
Errores (variaciones) de dispensación	2,9% vs 0%	Rx Robot [ND, 22]	Bepko R et al (2009) <sup>53</sup>
Errores de dispensación/unidosis relacionados con robot o humanos (post)	<b>0,08%</b> (robot) o 0,65% (humanos)	Athena-Sinteco® Basado en 10.202 dosis unitarias (9.437 robot y 765 humanos) [ND, ND]	Massé C et al <sup>54</sup> (2014)
Pre-post	<b>1%</b> vs <b>0,13%</b>		

\*conjuntamente (pacientes externos e ingresados), el total fue de 2,7% a 1% vs 1,2% a 0,6%. El modelo PackPicker® \*\* anualmente se mantiene por debajo de un límite máximo objetivo de 5 errores de dispensación. ND: No disponible. VA: Valor Aproximado

#### 4.1.2. Resultados de impacto económico y organizativo

Las siguientes dos tablas describen los resultados encontrados en la revisión sistemática sobre otras variables (costes, utilización de recursos, eficiencia...) asociadas al cambio en el proceso de dispensación a través de la robotización en pacientes ingresados y externos.

Se observa cuando el efecto de la intervención evaluado es únicamente atribuible al robot que, en pacientes ingresados, se reducen las necesidades de recursos de personal técnicos/auxiliares de servicio de farmacia. Asimismo, se observa una mejora en el tiempo de selección de stock, del valor anual del inventario inmovilizado e incluso en las Unidades Relativas de Valor (URV) producidas por el servicio.

Tabla 18. Resultados de cambios en el proceso / organizativos asociados a la dispensación robotizada (pacientes externos) (pre vs post)

Variable de resultado	Resultado	Detalles [camas, semanas de seguimiento]	Referencia
<b>Costes, eficiencia y utilización de recursos humanos</b>			
Empleos a tiempo completo evitados	-2 (implicando un retorno de la inversión en 4,5 años)	Rowa® [1800, ND]	François <sup>45</sup> (2013)
Ítems dispensados por persona hora	9,2 vs 13,2	Rowa® [600, 6]	James et al (2013) <sup>46</sup>
Empleos a tiempo completo reducidos	-1,4 "week-time equivalents"	Rowa® [1000, 104]	Beard (2013) <sup>32</sup>
Empleos a tiempo completo reasignados	-4 técnicos farmacéuticos pasan a asistentes de dispensación	PEA arraigada	
Jornadas laborales farmacéuticos/auxiliares	Se mantienen	Rowa® [1.671, 7]	Rodríguez CG <sup>30</sup> (2015)
Tiempo diario de auxiliar en gestión almacén	1h 36m vs 39m 10s (-59%) <sup>yy</sup>		
Jornadas laborales de administrativo <sup>y</sup>	-1 jornada (-26.421€/año)		
<b>Costes, eficiencia y utilización de recursos en gestión del inventario y dispensación</b>			
Ahorro en stock	-500.000£	Rowa® [1000, 104] PEA arraigada	Beard (2013) <sup>32</sup>
Valor contable de inventario	3,8 vs 1,6 millones de € (-58%)	Apostore® [944, 9] <sup>***</sup>	García Collado C et al. <sup>20</sup> (2012)
Reducción de espera a menos de 10 minutos	-90%		
Índice de rotación mensual	0,79 vs 1,87		
Descuadre de inventario	16,87% vs 10,98%		
Valor contable de inventario (miles de € de 2006->2013)	909, 1.351, 911, 1.077, 919, 941, 808, 858	Rowa® [1.671, 7]	Rodríguez CG <sup>30</sup> (2015)
Tiempo de dispensación en la fase post-implantación	Más. Motivos: Dispensación con interrupción (18 vs 26%) Tiempo de resolución (1m 55s vs 2m 41s)		
Tiempo de espera de los pacientes	Reducido		
Tiempo de dispensación (mediana) (si no se produjo interrupción)	1m 29s vs 2m 46s		
(si sí se produjo interrupción)	1m 19s vs 1m 56s		
Tiempo de resolución de la interrupción	4m 40s vs 6m 4s		
Tiempo de resolución de la interrupción	1m 55s vs 2m 41s		
Tiempo de espera de los pacientes	Se reduce		
Índice de rotación de stock para cada año de 2006 a 2013 (intervención 2012 y 2013)	24,2, 20,3, 32,8, 31,4, 35,5, 36,4, 40,9, 42,7. Aumento se traduce en menos índice de cobertura de menos de 10 días y del valor contable de inventario		
Índice de cobertura (días) (2006 a 2013)	15,1, 18,0, 11,1, 11,6, 10,3, 10,0, 8,9 y 8,6		
Tiempo diario de auxiliar en gestión de almacén**	1h 36m 34s vs 39m 10s		
Tiempo para dispensar un envase correctamente	13,9 segundos (se penalizó por los errores)	Apostore® (datos después de la intervención) [470, 1]	Gomez-Ulloa <sup>47</sup> (2009)
Tiempo por envase dispensado	13,8 segundos		
Tiempo de dispensación por paciente	35,4 segundos		
Ahorros totales (reducción de stock de medicación y de personal de farmacia dedicado a dispensar)	-\$1,1M\$ (75k\$ valor del stock, 1M\$ re-ubicar servicios: -1 técnico y -1,5 auxiliar)	Rowa® (estudio de retorno de la inversión a 8 años (2008-2015)) [800, 364]	Berdot S (2016) <sup>55</sup>
<b>Otros costes/ indicadores de eficiencia</b>			
Coste de la unidad relativa de valor (URV) en 2 años	De 0,35€/URV vs 0,28€/URV. Motivo: de 587.873 URVs (2011) vs 636.260 producidas (2013)	Rowa® [1.671, 7]	Rodríguez CG <sup>30</sup> (2015)

\*robot se une con una cinta de 12m con el área de dispensación a externos \*\*mayor tiempo para atender pacientes; los 3 puestos rápidos de dispensación pueden ahora permanecer en funcionamiento toda la jornada. \*\*\*el modelo se conoce a través de entrevista, no de la publicación \*\*\*\* Estos descensos no son exclusivos del centro robotizado, y también ocurren en el resto de la región (Gregorio Marañón y SERMAS respectivamente) <sup>y</sup>dedicado a gestionar adquisiciones, revisar recetas y controlar el inventario <sup>yy</sup>Respecto a una jornada laboral completa de 8 horas, la reducción es del 12% ND: No disponible

Tabla 19. Resultados de cambios en el proceso asociados a la dispensación robotizada (pacientes ingresados) (pre vs post)

Variable de resultado	Resultado	Detalles [camas, semanas de seguimiento]	Referencia
Costes, eficiencia y utilización de recursos humanos			
Coste anual tiempo de enfermería	-24.642€	PillPick® [ND, ND]	Cousein et al. <sup>49</sup> (2013)
Costes, eficiencia y utilización de recursos en gestión del inventario y dispensación			
Cambio del valor anual del inventario inmovilizado	-350.000\$	PillPick® [350, ND]	Kasbekar N <sup>50</sup> (2013)
Tiempo de selección del stock	49 vs 32 segundos 21 vs 0 segundos	PackPicker® * Rowa® [350, 2]	Franklin et al. <sup>51</sup> (2008)
Otros costes/ indicadores de eficiencia			
Consumo anual de medicamentos	- 11.527€ (-11.5%)	PillPick® (615 vs 783 administraciones en unidad de geriatría) [1800, ND]	Cousein et al. <sup>49</sup> (2013)

\*615 vs 783 administraciones en unidad de geriatría Se incluyen en esta tabla los resultados que muestran efecto, estando disponibles datos únicamente "post" (que no permiten evaluar) en las publicaciones

## 4.2. Resultados de las entrevistas

Las invitaciones se enviaron a 16 responsables de servicios de farmacia hospitalaria con experiencia en dispensación robotizada de medicamentos en sus respectivos hospitales. En 3 casos no se recibió respuesta a las invitaciones, en 1 caso adicional se reportó no tener tiempo para poder atender al requerimiento de la entrevista, y en 3 casos adicionales, si bien se mostró interés en participar, no se contestó al requerimiento de una fecha para realizar la entrevista. Las invitaciones se realizaron a los centros detectados con robotización hasta que se alcanzó una muestra de participantes estimable como suficiente (n=9). En consecuencia, se decidió dejar el proceso de invitaciones el 28 de junio de 2017. Las 9 entrevistas finalmente realizadas -correspondientes a 9 servicios de farmacia hospitalaria que aceptaron participar en el proceso de entrevistas- en el estudio se llevaron a cabo entre el 14 de junio y el 10 de julio de 2017. Los profesionales entrevistados fueron jefes de servicio y/o otros responsables del servicio con experiencia en la utilización de la tecnología.

Las siguientes tablas resumen los principales resultados obtenidos a través de las entrevistas<sup>e</sup>. Las preguntas realizadas a los profesionales de centros con Pillpick<sup>®</sup> se asociaron principalmente a la robotización del proceso de dosis unitarias, si bien también disponían de robots Boxpicker<sup>®</sup>. Asimismo, el cabecero de tabla correspondiente a “Pillpick<sup>®</sup>” es una simplificación, porque formalmente el sistema de robot asociado a pacientes ingresados tiene más módulos.

Tabla 20. Cambios pre-post que acompañaron a la robotización (entrevistas)

- Traslado del servicio o del centro, o unión de hospitales o diferentes partes (p.e. general, infantil y maternal (n=5))
- Re-agrupamiento físico de consultas externas. Se valora que este proceso puede ser útil a considerar en otros complejos hospitalarios o centros relativamente dispersos en una misma zona mejorando la atención
- Cambio de software de gestión del SFH, re-adaptación de responsabilidades y re-distribución horaria
- Cambio en protocolos en todo el servicio
- Compra de Kardex<sup>®</sup>.
- Cambio de sistema a doble cajetín con radio-frecuencia
- La PEA y gestión por unidosis en planta estaba implementada en la mayoría de los hospitales

### En los casos en que no se indica el número de respuestas (n=1)

Tabla 21. Condicionantes de elección del robot\* según robot en el SFH del entrevistado

Externos		Ingresados
Apostore <sup>®</sup>	Rowa <sup>®</sup>	Pillpick <sup>®</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Precio/ Oferta económica</li> <li>- Eficiencia/ Cadencia</li> <li>- El asesoramiento y soporte técnico</li> <li>- El diseño (se realiza un plan a la hora de decidir)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disposición de nevera independiente del robot a temperatura ambiente.</li> <li>- Mejor gestión de espacios de carga.</li> <li>- Mayor flexibilidad al movimiento</li> <li>- Mayor experiencia con los sistemas de información</li> <li>- Posibilidad de incorporar punto de autorecogida</li> <li>- Experiencia e implantación (especialmente en la zona)</li> <li>- Flexibilidad</li> <li>- Adaptabilidad a un traslado</li> <li>- Precio en concurso y servicio post-venta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boxpicker (para pacientes externos; implementado en 1 hospital en España) funcionaba de forma óptima conjunta con Pillpick</li> <li>- Seguridad y trazabilidad</li> <li>- Único que permite unidosis y permite administrar con código de barras a pie de cama</li> </ul>

\*tabla basada en opiniones de los entrevistados, no implicando mostrar características actuales excluyentes entre las tecnologías  
SFH: Servicio de Farmacia Hospitalaria

e los centros participantes se presentan en la sección de agradecimientos del informe. El guión de las entrevistas en el Anexo 3 del informe. El guión fue utilizado como documento de referencia de soporte, pero no se preguntaron todas las preguntas a todos los participantes. Se observó que muchos datos solicitados no se contabilizan en los SFH y que no se podía completar la información preguntada en todas las secciones del guión en la hora concertada para la colaboración desinteresada. Así, se priorizó preguntar por variables que permitieran optimizar la modelización de costes del estudio.

Tabla 22. Variables de la primera parte de la entrevista sobre gestión de recursos según robot en el SFH del entrevistado

Variable/Tecnología	Externos		Ingresados
	Apostore®	Rowa®	Pillpick®
Implicación en formación (adaptación en el proceso de implantación). Horas de farmacéutico (F) y Técnico Farmacéutico o Auxiliar de Enfermería (TF/AE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impacto escaso (n=2)</li> <li>- Proceso de 2 semanas: 1-2h por F, 6h a TF/AE y cierta formación adicional para celadores</li> <li>- 2 horas de F y 4 horas de TF/AE</li> <li>- La mejora en eficiencia por aprendizaje es relevante los primeros 6 meses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impacto escaso (n=3)</li> <li>- Hay impacto durante 6 meses en la adaptación de configuración y software (mensajería), que son distintos según CCAA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1.5 meses seguidos de aprendizaje continuado del personal y proveedor. Varias semanas de formación para 3 empleados</li> <li>- 70h de formación y tiempo relevante de un farmacéutico durante 2 meses, seguida de formación continua. El período y carga por adaptación es intenso durante unos 6 meses, p.e. en el ejercicio de parametrización. Compensa porque se armoniza la manera de trabajar</li> </ul>
Uso de recursos en concepto de reparación/mantenimiento/consumible/errores/actualización/mejora	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No ha habido grandes averías y se vieron cubiertas en el período de garantía.</li> <li>- Hay un sistema de asistencia 24 horas</li> <li>- Hay un contrato anual de mantenimiento que lo cubre todo (n=2)</li> <li>- No hay un gran gasto en consumibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se cubre con contrato de mantenimiento (n=3)</li> <li>- Las incidencias son muy puntuales (2 veces al año) y se resuelven en 24 horas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reparaciones cubiertas por la garantía, pero se adquirieron piezas importantes para sustituciones inmediatas en caso de avería. Los 2 primeros años ocurrieron varias averías implicando faltas en periodos superiores a un turno de trabajo.</li> <li>- Mantenimiento. Se requirió gastos en formación y en guardias para 3 empleados de mantenimiento. En 1 centro se dispone de un técnico operativo fijo</li> <li>- Consumibles. Hubo un impacto en etiquetas, bolsas, tinta de impresora... Los fungibles son relevantes si no se incluyen en la inversión inicial</li> <li>- Errores. Ocurren principalmente por la escasa capacitación del personal auxiliar y problemas de integración del software.</li> <li>- Actualizaciones. Cubiertas por garantía. Las actualizaciones de Farmatools para una correcta integración, y de los servidores, tuvieron coste adicional</li> </ul>

SFH: Servicio de Farmacia Hospitalaria. En los casos en que no se indica el número de respuestas (n=1)

Tabla 23. Debilidades y fortalezas\* según marca del robot en el SFH del entrevistado

Variable Tecnología	Externos		Ingresados
	Apostore®	Rowa®	
Debilidades/ Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Errores poco frecuentes de software. Cuando ocurren, logísticamente, son relevantes (n=2).</li> <li>- A veces se percibe como más lento "de lo vendido".</li> <li>- Limitación en el almacenamiento de nevera al adquirir el robot; puede ser clave en centros con mucha medicación fría (p.e. para hemofílicos).</li> <li>- Al adquirir, sólo permite cajas cuadradas o rectangulares</li> <li>- En el momento de compra sólo 1 brazo y actualmente difícil de incorporar uno</li> <li>- Dificil reacción a las caídas informáticas (2-3 veces en 7-8 años)</li> <li>- 5% (cajas grandes) no entran en el robot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se requiere cinta larga (necesidades estructurales).</li> <li>- Software no controla caducidades en el momento de la adquisición lo que cambiará con las nuevas normativas.</li> <li>- Errores poco frecuentes de software. Cuando ocurren, logísticamente, son relevantes</li> <li>- Ruido</li> <li>- No se puede limpiar</li> <li>- Explotar datos como usuario requiere solicitud al proveedor</li> <li>- Al principio, 80 paradas/mes</li> <li>- Cajas que, por tamaño, o envases que, por administrarse por fracciones no pueden entrar (pasan a poder caducar)</li> <li>- Integración a los sistemas del hospital dificultosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Complejidad de la Integración de software</li> <li>- Exigencias de formación del personal (especialmente según las competencias iniciales)</li> </ul>
Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No hay apenas errores (n=2)</li> <li>- Implica una gran aportación en la gestión de stock y caducidades</li> <li>- Imputación nominal al paciente directo</li> <li>- Disminuye la rotación de stock y el inmovilizado (de 1 mes a 2-3 semanas)</li> <li>- Nivel de optimización en control, stocks y caducidad conseguido con 1 brazo</li> <li>- Controlar el stock con mínimos, medios y máximos, mejorar la seguridad y mejorar la atención farmacéutica</li> <li>- Capaz de servir plantas del hospital</li> <li>- El sistema es cerrado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema totalmente cerrado (n=2)</li> <li>- Aprovechamiento del espacio (n=2) (ganando espacio en altura)</li> <li>- Seguridad en la dispensación (n=3)</li> <li>- Control/Gestión de inventario permanente/diario (n=3)</li> <li>- Gestión por entrada caótica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trazabilidad en la dispensación</li> <li>- Trazabilidad y máxima seguridad clínica optimizando el proceso de administración</li> <li>- Calidad re-ensavado y presentación dosis unitarias</li> <li>- Errores mínimos (décimas de %) en el llenado de carros de dosis unitarias</li> </ul>

\* declaradas por los usuarios de cada robot pero no implicando que deban ser características diferenciales de un robot vs otro SFH: Servicio de Farmacia Hospitalaria. En los casos en que no se indica el número de respuestas (n= 1)

Tabla 24. Resultados en otras variables según marca del robot del SFH del entrevistado

Variable/ Tecnología	Externos		Ingresados Pillpick®
	Apostore®	Rowa®	
Modificación del valor requerido del inventario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En un centro no hay o no sería representativo, porque de hecho hay una creciente demanda compensada</li> <li>- En otro centro se reduce en 2,2 millones de euros (-58%)</li> <li>- En otro centro se reduce en más de un tercio y menos de un 50%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se reduce de 941 a 658 miles de euros (-8,8%)</li> <li>- Se estima una reducción en un 25%, (si bien es complicado de estimar porque el proceso de adquisición fue conjunto a cambios estructurales del centro)</li> <li>- Se estima una reducción del 75%, pero se explicita que es un valor sesgado y muy condicionada por una situación de fusión (actualmente se gestionan unas 700 referencias)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No hay. Sólo disminuyen las unidades de medicamentos en stock (posible reducción del 25%) para dispensar a pacientes ingresados para ajustar el espacio de almacenamiento del robot</li> <li>- Subió (difícil estimar porque el efecto de la demanda es mayor a cualquier efecto del robot)</li> </ul>
Clave del éxito de la implantación	<p>Mejora del stock externo : (0+40+8,8+25+58)/ 5; 26%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tener claros los circuitos y monitorizando</li> <li>- Complicidad con el equipo directivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificación previa (n=2)</li> <li>- Voluntad por parte de las administraciones en invertir, dado que los beneficios (seguridad, stock y control de flujo de mercancías, son claras)</li> </ul>	<p>Mejora del stock interno: 25%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tener claros los circuitos</li> <li>- Liderazgo de la Dirección, compromiso, enfoque basado en procesos clave, mejora.</li> </ul>
Otros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La principal barrera visualizada para la implantación es económica</li> <li>- Todo debe automatizarse/robotizarse como en otros sectores. No puede concebirse de otra manera un control de stocks que incluye frascos de citostáticos a 18.000€. La labor del farmacéutico debe estar en el conocimiento, la atención y el rol en el posicionamiento terapéutico, no en la distribución.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La principal barrera visualizada para la implantación es económica.</li> <li>- Hubiera comprado un Apostore en el momento de la implantación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El personal de enfermería muestra resistencias/dudas sobre la implantación.</li> <li>- La inversión es más compleja por coste, y existen opciones de robotización para SFH de menor coste (por ejemplo, gestión de citostáticos). Las prioridades pueden cambiar con las nuevas comisiones de seguridad. Los costes de los ingresados no están en la agenda de las gerencias hospitalarias.</li> <li>- Se sugirió considerar aprovechar la tecnología de unidosis entre centros cercanos geográficamente</li> <li>- Una entrevista en un centro robotizado para pacientes externos opinó que es relevante tener en cuenta, a la práctica real demostrable, el sistema de cortado en los robots para pacientes ingresados. Este, entre otros temas, en su opinión, conlleva a que sólo el 70% de las unidosis que se quieran gestionar a través del robot puedan finalmente gestionarse de esta forma.</li> </ul>

SFH: Servicio de Farmacia Hospitalario. En los casos en que no se indica el número de respuestas (n=1)

**Tabla 25. Grado de acuerdo de los entrevistados con resultados preliminares de seguridad de la dispensación robotizada (ver Anexo 1)**

La mayoría de participantes se muestran conformes o los ven plausibles  
Se destaca la diferencia entre EM y "potenciales EM" y que los porcentajes publicados pueden estar sesgados por ser resultados óptimos o consecuencia de procesos de mejora, siendo mejores que los resultados medios o de muchos centros  
Se destaca que en estudios sobre conciliación/discrepancias (entre otros) el porcentaje de EM puede ser superior al 27% y alcanzar hasta el 50% o más, o asimismo, el porcentaje es muy inferior si se consideran errores "clínicamente relevantes"  
Se destaca la variabilidad de errores entre servicios médicos. Los porcentajes mayores se observan en servicios quirúrgicos  
Se destaca que los EM ocurren normalmente por la tarde o fin de semana, cuando dispensa un auxiliar, no un farmacéutico  
Se destaca que los porcentajes de errores que implican tratamiento o hospitalización derivados de la medicación podrían ser superiores (p.e. en Estados Unidos, un 8% de las hospitalizaciones se deben a problemas relacionados con medicamentos)  
Se matiza que la categoría principal en pacientes ingresados es "por omisión"  
El cambio de 10,6% al 5% en errores de administración parece un cambio menor al que podría lograrse  
La distribución del 27% (que no la magnitud) parece razonable  
Los valores de la literatura de EM en general/evitables se perciben sobre-estimados (n=2). En uno de los casos se comenta que el 1,3% al 0,6% prepost robotización en errores de dispensación parecerían 1% al 0%; y el 27% parecería un 10%  
Los valores parecen sobre-estimados. La comparabilidad de los estudios está condicionada por la definición de EM (ver Anexo 2)  
No se atreve a decir si los resultados en pacientes ingresados son representativos, requiriéndose revisar muchos detalles sobre el estudio. En relación a pacientes externos (1,3% a 0,6%) parecen valores ajustados a la realidad.

EM: Errores de Medicación. En los casos en que no se indica el número de respuestas (n=1)

Tabla 26. Grado de acuerdo con la utilización de recursos humanos o con la gestión de devoluciones/caducidades según marca del robot del SFH del entrevistado

Variable / Tecnología	Externos		Ingresados
	Apostore®	Rowa®	Pillpick®
Grado de acuerdo con la utilización de recursos humanos	Se destacó que los datos de literatura extranjera, en general, no son extrapolables a la realidad española. La mayoría de centros contestó directamente en relación a los cambios ocurridos, en vez de expresar su grado de acuerdo.		
Grado de acuerdo con la gestión de devoluciones/caducidades	<p>Hay acuerdo en que se ha estudiado poco, siendo difícil expresar nivel de acuerdo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se espera que el valor de caducidades esté bastante por debajo de 20.000€ anuales</li> <li>- El valor de un solo vial para pacientes hemofílicos (p.e.) puede hacer cambiar la estimación totalmente en un momento en el tiempo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La gestión de las caducidades mejora, si bien el valor económico de los productos caducados es dependiente de que un solo producto pueda tener un alto coste, pero en general es bajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las devoluciones pueden alcanzar el 10% de stocks.</li> <li>- Nunca se dispensará algo caducado.</li> <li>- El ahorro no es relevante. Si bien se reducen con el robot a cerca del 0,05% sobre valor de inventario, las caducidades/ devoluciones ya se gestionaban. No obstante, si puede haber impacto en recursos humanos que lo gestionan.</li> <li>- La mayor parte de caducidad se debe a medicamentos de emergencia o antídotos (habitualmente costosos) que se requieren en stock por si acaso, pero que rara vez se utilizan (declarado también por entrevistados con robotización en pacientes externos).</li> <li>- El valor y el riesgo de caducidad suele estar asociado a pacientes externos.</li> </ul>

SFH: Servicios de Farmacia Hospitalaria

Tabla 27. Descriptiva de errores pre-post robotizar en los SFH de los entrevistados según marca del robot

Variable / Tecnología del centro	Externos		Ingresados
	Apostore®	Rowa®	
Pre-post en errores de administración	No cambia	No cambia	En general no hubo, dado que no se ha implementado aún el sistema en camas. La mejora en la calidad de las unidades podría haber tenido impacto; no medido.
Pre-post en errores de dispensación (en pacientes externos o ingresados según la tecnología aplicada)	7% al 0,5% 1% al 0%**	1,3% a 0,6% (n=3*) 1% al 0,05%**	0,8% a alrededor del 0,05% Post: 1,4%. Atribuible a robot: 5 por 10000 Se mejoró en tardes y fines de semana (también cambió el procedimiento de gestión de software y su integración a la PEA) pero el cambio no es significativo en las mañanas, estando pendientes de resolver problemas de integración de software. Dato de un centro sin robotización: 1,5% errores de dispensación

\*3 centros consideran que los valores publicados por Rodríguez et al son plausibles para su centro. \*\*basado en percepción. SFH: Servicios de Farmacia Hospitalaria. En los casos en que no se indica el número de respuestas (n=1)

Los centros no cambiaron en número de recursos humanos, priorizando la atención farmacéutica, haciendo más con igual personal, reubicando los servicios a nuevas necesidades o compensando la creciente demanda interna (del centro)/externa (cronicidad), o por ejemplo, no pudiendo ajustarse porque en los centros muy pequeños no se puede prescindir de unos mínimos. La pregunta por tanto se convirtió en qué recursos adicionales se requerirían en caso de no disponer del robot. Se asignaron letras a los centros que hicieron una estimación para la presentación anonimizada de los cambios sugeridos en las entrevistas en la tabla siguiente. Se destaca en las entrevistas que, en Cataluña, suele contratarse “técnicos farmacéuticos” en contraste con el resto de España, donde se contratan “auxiliares de enfermería”.

Tabla 28. Recursos adicionales que se requerirían en caso de no disponer del robot (en comparación de tenerlo) en los SFH de los entrevistados según marca del robot

Variable de resultado	Externos		Ingresados
	Apostore®	Rowa®	Pillpick®***
Auxiliares administrativos	+1 [sólo en el centro "a"]	+1 [sólo en el centro "d"]	+0,5 [h] un profesional dedica muchas horas a seguir problemas de integración de software [i]
Farmacéuticos especialistas (F)	+0,5 [a]	+0,5 [e]	-1 profesional dedicó mucho tiempo en resolver problemas el 1er año [i]
Técnicos farmacéuticos (TF) o Auxiliares de Enfermería (AE)	+0,5 [a] -2 atienden mejor al paciente y su trabajo lo realiza 1 celador [b] +2 [c]	+0,5 [e] +4,5 [f]	+5 [h] (optimización en carga de trabajo de etiquetado/envasado, devoluciones, calidad en sí misma, gestión de caducidades...) +0,5. Las características del centro no permiten poder prescindir de personal, siendo difícil estimar el efecto potencial [i]
Mantenimiento/almacén	-	+0,5 [e]	-1 empleado actualmente dedica 1h diaria de supervisión y 3 empleados en periodo de guardias gestionan incidencias [i]
Todos los profesionales del servicio en conjunto	-	No hay cambios [g]	-
Promedio para el análisis en pacientes externos e ingresados*	Cambios en centros entre 900 o 1.200 camas +0,28 administrativos (+2 en 7 centros) +0,14 farmacéuticos (+1 en 7 centros) +1,21 técnicos farmacéuticos /AE (+8,5 en 7 centros) +0,07 mantenimiento/almacén (0,5 en 7 centros) [se calculan los proporcionales para hospitales de 300 y 600 camas]		Cambios en centros de entre 313 y 176 camas: +0,25 administrativos (0,5 en 2 centros) + 0 farmacéuticos +2,75 técnicos farmacéuticos / AE (5,5 en 2 centros) +0 mantenimiento/ almacén [se calculan los proporcionales para hospitales de 1.200 y 900 camas]

Para la descriptiva de esta variable se consideraron descripciones on-line de SFH, valores de entrevistas y Tabla 5. No se penalizaron las utilizations de recursos asociadas a la adaptación del centro a la robotización. Estos valores pueden venir condicionados por el número de residentes, horas por turno, guardias... [cada letra corresponde a la respuesta de uno de los 9 centros entrevistados]

SFH: Servicio de Farmacia Hospitalaria

Tabla 29. Otros resultados pre-post robotizar en los SFH de los entrevistados según marca del robot

Variable de resultado	Externos		Ingresados
	Apostore®	Rowa®	Pillpick®
Gasto, estancias, altas	-	- Si ocurren cambios, no los asociarían a la robotización	- Crecen con independencia de la robotización
Tiempo para dispensar	- Mejora de 10 a 5 minutos (-50%)	- La atención a un paciente puede tomar 5 minutos o más y se puede reducir 30 segundos (-17%)  - No hubo cambio porque los estantes estaban muy cerca, la ganancia se hizo en otros aspectos.	- Antes 15-30 minutos según unidad, ahora algunos minutos menos
Distribución de las dosis (en pacientes ingresados o externos según impacto de la tecnología)	- Un centro utiliza 1 brazo para 300 pacientes/día en pacientes externos y el resto del robot para 200 pacientes/día (35% - stock periférico de 17 unidades-)	-	<u>Pre</u> 5% SAD Pyxis urgencias 50% unidosis no automatizada 45% stocks periféricos  <u>Post</u> 9 % Unidosis Boxpicker 6 % SAD Pyxis Urgencias 48 % Stocks periféricos (botiquines preparados con Boxpicker) 2 % Stocks periféricos no automatizados*  35 % Unidosis Pillpick

\*almacenaje no automatizado (sólo productos de gran volumen como nutriciones, desinfectantes, etc.)

SFH: Servicios de Farmacia Hospitalaria; SAD: Sistema Automatizado de Dispensación

Tabla 30. Valoración del 0 al 10 del robot por los entrevistados según marca del robot en el Servicio de Farmacia Hospitalaria del entrevistado

Externos		Ingresados
Apostore®	Rowa®	Pillpick®
10 (n=2)	8 (n=1); 10 (n=3)	8 (n=1)

No se preguntó en dos de las entrevistas

## 4.3. Resultados del análisis económico

### 4.3.1. Ahorros potenciales por partida en el caso base

Las siguientes tablas muestran los resultados sobre potenciales ahorros por partidas en los perfiles considerados, ordenando por impacto económico y siguiendo las fórmulas indicadas en la sección de metodología.

Tabla 31. Potenciales ahorros por robotizar la dispensación a pacientes externos (caso base)

Partida	Potenciales ahorros anuales en costes Robotización vs “no robotización”			
	Hospital 300 camas	Hospital 600 camas	Hospital 900 camas	Hospital 1.200 camas
Inventario	$5.700 \text{ €} * 300 * 60\% * 7,5\% * 26,4\% = 20.284 \text{ €}$			
Recursos humanos	$[(18.378 \text{ €} * 0,35 + [19.672 \text{ €} * 0,02]) + [19.672 \text{ €} * 0,08 + [31.785 \text{ €} * 0,04]] = 9.592 \text{ €}$			
Caducidades	$22,22 \text{ €} * 300 * 60\% * 80\% = 3.200 \text{ €}$			
Seguridad	$45 * 300 * 0,54\% * (0,0022\% * 4449 \text{ €}) = 7,1 \text{ €}$			
<b>Total</b>	<b>33.083 €</b>	<b>66.167 €</b>	<b>104.046 €</b>	<b>127.537 €</b>

Se utilizan valores de la Tabla 11, Tabla 13 y Tabla 28

Tabla 32. Potenciales ahorros por robotizar dispensar pacientes ingresados (caso base)

Partida	Potenciales ahorros anuales en costes Robotización vs “no robotización”		
	Hospital 300 camas	Hospital 900 camas	Hospital 1.200 camas
Seguridad	$3.600 * 300 * 75\% * 4449 \text{ €} * ((0,795\% * 0,0022\%) + ((0,0022\% * 53\% * 100\%))) = 42.515 \text{ €}$		
Recursos humanos	$[(18.378 \text{ €} * 3,37 + [19.672 \text{ €} * 0]) + [19.672 \text{ €} * 0,31 + [31.785 \text{ €} * 0]] * 75\% = 51.035 \text{ €}$		
Inventario	$5.700 \text{ €} * 300 * 20\% * 7,5\% * 12,5\% = 3.206 \text{ €}$		
Caducidades	$22,22 \text{ €} * 300 * (20\%) * 80\% * 75\% = 800 \text{ €}$		
<b>Total</b>	<b>97.555 €</b>	<b>264.342 €</b>	<b>352.456 €</b>

Se utilizan valores de la Tabla 11, Tabla 13 y Tabla 28

### 4.3.2. Retorno de la inversión en el caso base

#### 4.3.2.1 Pacientes externos

Las cuatro tablas siguientes muestran que habría un retorno de la inversión en la robotización para pacientes externos en más de 10 años en hospitales

de unas 300 camas, de 7 años en hospitales de unas 600 camas, 6 años en hospitales de unas 900 camas, y de 5 años en hospitales de unas 1.200 camas.

Tabla 33. Análisis económico (miles €). Dispensación robotizada (externo; caso base; n=300)

	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión / Implantación*	450									
Mantenimiento y adaptación*	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Diferencia efecto de la utilización**	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33	-33
Total acumulado (miles €)***	425	387	341	289	234	180	129	85	47	22

Se consideran datos de la Tabla 12 (\*) y Tabla 31 (\*\*). \*\*\*se aplica tasa de descuento sobre los totales.

Tabla 34. Análisis económico (miles €) de la dispensación robotizada (externo; caso base; n=600)

	Año						
	1	2	3	4	5	6	7
Inversión / Implantación*	450						
Mantenimiento y adaptación*	8	8	8	8	8	8	8
Diferencia efecto de la utilización**	-66	-66	-66	-66	-66	-66	-66
Total acumulado (miles €)***	392	324	250	175	104	39	-16

Se consideran datos de la Tabla 12 (\*) y Tabla 31 (\*\*). \*\*\*se aplica tasa de descuento sobre los totales.

Tabla 35. Análisis económico (miles €) de la dispensación robotizada (externo; caso base; n=900)

	Año					
	1	2	3	4	5	6
Inversión / Implantación*	540					
Mantenimiento y adaptación*	21	21	21	21	21	21
Diferencia efecto de la utilización**	-104	-104	-104	-104	-104	-104
Total acumulado (miles €)***	456	362	263	164	71	-11

Se consideran datos de la Tabla 12 (\*) y Tabla 31 (\*\*). \*\*\*se aplica tasa de descuento sobre los totales.

Tabla 36. Análisis económico (miles €) de la dispensación robotizada (externo; caso base; n=1.200)

	Años				
	1	2	3	4	5
Inversión / Implantación*	540				
Mantenimiento y adaptación*	21	21	21	21	21
Diferencia efecto de la utilización**	-128	-128	-128	-128	-128
Total acumulado (miles €)***	432	316	197	83	-22

Se consideran datos de la Tabla 12 (\*) y Tabla 31 (\*\*). \*\*\*se aplica tasa de descuento sobre los totales.

#### 4.3.2.2 Pacientes ingresados

Las tres tablas siguientes muestran que habría un retorno de la inversión en la robotización de la dispensación de pacientes ingresados (unidosis) de más de 10 años en todos los tipos de hospitales en el caso base. No obstante, las modificaciones de otros parámetros, de forma conjunta a la reducción del precio, como (1) cambiar el porcentaje de errores con potencial daño de los errores de dispensación del 0,0022% a un teórico 0,05%, o (2) un incremento del 20% en las unidosis a incorporar en el robot, ya generaría escenarios de retorno entre los 8-10 años en hospitales de 900-1.200 camas.

Tabla 37. Análisis económico (miles €) de la dispensación robotizada (interno; caso base; n=300)

	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión / Implantación*	964									
Mantenimiento y adaptación*	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
Diferencia efecto de la utilización**	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98
Total acumulado (miles €)***	977	961	918	852	769	674	575	478	388	307

Se consideran datos de la Tabla 12 (\*) y Tabla 32 (\*\*). \*\*\*se aplica tasa de descuento sobre los totales.

Tabla 38. Análisis económico (miles €) de la dispensación robotizada (interno; caso base; n=900)

	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión / Implantación*	1512									
Mantenimiento y adaptación*	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231
Diferencia efecto de la utilización**	-264	-264	-264	-264	-264	-264	-264	-264	-264	-264
Total acumulado (miles €)***	1478	1403	1291	1150	992	827	665	513	379	264

Se consideran datos de la Tabla 12 (\*) y Tabla 32 (\*\*). \*\*\*se aplica tasa de descuento sobre los totales.

Tabla 39. Análisis económico (miles €) de la dispensación robotizada (interno; caso base; n=1200)

	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión / Implantación*	1961									
Mantenimiento y adaptación*	304	304	304	304	304	304	304	304	304	304
Diferencia efecto de la utilización**	-352	-352	-352	-352	-352	-352	-352	-352	-352	-352
Total acumulado (miles €)***	1913	1810	1661	1475	1268	1052	840	644	470	323

Se consideran datos de la Tabla 12 (\*) y Tabla 32 (\*\*). \*\*\*se aplica tasa de descuento sobre los totales.

### 4.3.3 Análisis de sensibilidad

La tabla siguiente resume los años de retorno de la inversión en función del análisis de sensibilidad realizado. Se observa que el modelo es robusto, dado que las variaciones en los inputs no causan grandes modificaciones en los resultados. No obstante, el resultado sí es sensible a no considerar los recursos humanos por re-ubicación a otras funciones como ahorro y relevantemente sensible al efecto en el almacén en pacientes externos. Asimismo, el resultado sí es sensible a las dosis que entran en el robot en pacientes ingresados.

Tabla 40. Análisis de sensibilidad del análisis económico de la dispensación robotizada

Variables modificadas	Valor caso base vs An. Sensibilidad	Pacientes externos-Pacientes ingresados			
		1.200 camas	900 camas	600 camas*	300 camas
Resultado del caso base		5 años- >10 años	6 años- >10 años	7 años	>10 años- >10 años
Resultados del análisis de sensibilidad					
Implantación del uso del código de barras de BCMA	100% vs 20%	5 años- >10 años	6 años- >10 años	7 años	>10 años- >10 años
Dosis unitarias al año en ingresados	3.600/cama vs +20%	5 años- >10 años	6 años- >10 años	7 años	>10 años- >10 años
Dispensaciones al año a pacientes externos	45/cama vs +20%	5 años- >10 años	6 años- >10 años	7 años	>10 años- >10 años
Valor medio del inventario antes de robotizar	5.700 €/cama vs +20%	5 años- >10 años	6 años- >10 años	7 años	10 años- >10 años
Recursos humanos	Se reubican vs se ahorran	7 años- >10 años	9 años- >10 años	9 años	>10 años- >10 años
Coste de error de medicación no asociado a hospitalización	4.449 € vs 500 €	5 años- >10 años	6 años- >10 años	7 años	>10 años- >10 años
% de errores de dispensación con potencial daño	0,0022% vs 0,05%	5 años- >10 años	6 años- >10 años	7 años	>10 años- >10 años
% de dosis que entran en el robot	75% vs 85%	5 años- >10 años	6 años- >10 años	7 años	>10 años- >10 años
Efecto en el almacén	7,5% vs 10%	4 años- >10 años	5 años- >10 años	6 años	10 años- >10 años

\*sólo en externos. En negrita valores que cambian respecto del caso base

Los resultados con una modificación del 50% se estimarían de forma tal que:

- en pacientes internos, el retorno de inversión ocurriría a los 8, 4, 4 y 3 años según los tamaños de hospitales considerados
- en pacientes externos, el retorno ocurriría a más de 10 años en hospitales en todos los escenarios pero con valores más cercanos a los 10 años



## 5. Discusión

La implementación de la robotización en la dispensación de la farmacia hospitalaria es un proceso cada vez más frecuente en los principales hospitales en España. Tras realizar una revisión sistemática de la literatura -encontrando 16 referencias con información de interés- y 9 entrevistas a responsables de farmacia con experiencia en el proceso, se observa que implica una mejora en los ratios de seguridad y efectividad del proceso. Asimismo, un análisis de modelización de costes para una implantación en pacientes ingresados y externos en unos hipotéticos hospitales de unas 1200, 900, 600 o 300 camas, estima en el caso base que el retorno de la inversión es de:

- más de 10 años en el proceso en pacientes **ingresados**,
- más de 10 años para el proceso en pacientes **externos** en hospitales de 300 camas,
- entre 5 y 6 años para el proceso en pacientes **externos** en hospitales de unas 600 o más camas.

Estos valores se ven claramente reducidos cuando se aplican descuentos relevantes en el precio del robot.

### 5.1. Discusión del método

La **discusión del método** incluye una valoración crítica y la consideración de las **limitaciones** asociadas a la estrategia de búsqueda, el proceso de búsqueda y extracción de información, los costes unitarios, la calidad de la evidencia, y el cumplimiento (o no) de paradigmas de la evaluación económica de tecnologías sanitarias.

La **estrategia de búsqueda** no encontró demasiados documentos robustos que mostraran las variables de resultado de interés. En este sentido, las búsquedas definitivas en Pubmed, Web of Science y Scopus se realizaron sin incorporar las variables de resultado en la estrategia, de cara a maximizar la certeza de que ningún documento estaba perdiéndose.

La diferenciación entre automatización y robotización, y entre pacientes ingresados y externos, así como el reconocimiento de que la robotización de la *dispensación* viene afectada y afecta a la del almacenaje y la administra-

ción, fueron tres elementos clave en el **proceso de búsqueda y extracción de información**. En este sentido, la concreción de estos aspectos al definir los criterios de inclusión/exclusión y del PICOTs del estudio se consideran una fortaleza del mismo.

La sensibilidad de los resultados a las variaciones y precisión de los **costes unitarios** del caso base se evaluó en el análisis de sensibilidad con ejemplos como la variación del 50% sobre el coste de compra del robot o la no consideración de los costes de errores de medicación con daño y no hospitalizados. A nivel internacional, se destaca que Van Der Meer estimó la compra conjunta de 9 robots Rowa®, lo que implica que por ejemplo, se podrían conseguir valores competitivos de compra considerando estrategias de compra conjunta entre varios centros<sup>56</sup>.

La **calidad de la evidencia** de los documentos encontrados fue muy baja, correspondiendo la mayoría a la mera descripción de resultados pre-post (o incluso sólo post) de la robotización en abstracts del European Journal of Hospital Pharmacy. Por ese motivo, las entrevistas en profundidad no sólo sirvieron para recoger información sobre la experiencia, sino para poder validar y complementar algunas de las magnitudes presentadas en estos documentos. Así, por ejemplo, se constató que las cifras de recursos humanos presentadas en estudios fuera de España no son extrapolables. El motivo principal es que el ratio de profesionales facilitados a los servicios de farmacia para atender a la demanda del paciente es muy inferior a la de otros países. Por otro lado, la calidad de los valores aportados por las entrevistas puede ser mejorable, dado que la información recogida corresponde en parte a estimaciones subjetivas, si bien este factor puede verse compensado por el hecho de que hayan participado en el estudio alrededor de la mitad de servicios de farmacia hospitalaria con dispensación robotizada en España. Adicionalmente, los valores considerados para el modelo de la Tabla 11 correspondieron a un número limitado de memorias y referencias públicas, pudiendo mejorarse las estimaciones finales si se dispusiera fácilmente de datos concretos de todos los hospitales públicos principales de España. En este sentido, se recomienda tomar con cautela los resultados del caso base y tener muy en cuenta tanto la robustez del modelo demostrada a través del análisis de sensibilidad, como los resultados del mismo.

Los resultados presentados en este informe encontrados en la literatura están basados en variables sobre seguridad, impacto económico y organiza-

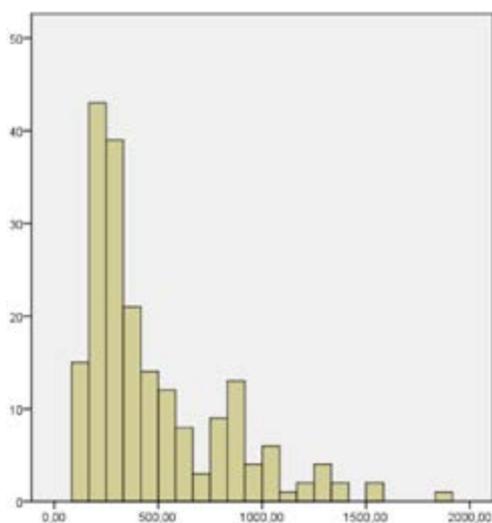
tivo, y **no en efectividad clínica**. El ejercicio de convertir la mejora en seguridad en años de vida ganados para facilitar un análisis de coste-efectividad se consideró de alto interés, pero de muy difícil ejecución. El problema principal para esta modelización es la diversidad de efectos adversos posibles (y por tanto de gravedades asociadas) y el correspondiente bajo número de los mismos que pueden evitarse gracias a la robotización. El análisis coste-efectividad, asimismo, es aún más difícil de plantear como **coste-utilidad**. Asimismo, se consideran despreciables y muy difíciles de estimar de forma robusta los cambios que podrían tener los pacientes, por ejemplo, asociados a un mayor nivel de adherencia o calidad de vida por un mayor tiempo de atención farmacéutica. Este hecho hace más difícil la toma de decisiones, ya que los decisores pueden, a partir del informe, tomar decisiones a partir de los años necesarios hasta el retorno de la inversión estimados, pero sin tener una cuantificación del impacto en términos de salud de la población.

La **metodología adoptada para la estimación del ahorro** asociado a los **cambios de necesidad de inventario/stock** también tiene varias limitaciones. Principalmente, según el tipo de gestión de cada hospital, la magnitud del inventario (y de su potencial reducción) puede no corresponder exactamente al 10% o no ser completamente proporcional al número de camas. Asimismo, por la misma variabilidad en la gestión de la magnitud del inventario, el valor del hospital de donde se extraiga el potencial ahorro por un menor espacio requerido, no tiene por qué ser representativa del total de hospitales. Asimismo, existe una limitación asociada a considerar el aumento de la capacidad del inventario basada en las entrevistas (el número de usuarios o datos disponibles son limitados). Estos aspectos se valoran no obstante en el análisis de sensibilidad, cuyas magnitudes vienen en parte avaladas por el conocimiento en gestión de inventarios de farmacia de los revisores externos de este informe (responsables en servicios de farmacia hospitalaria). Esta revisión externa, asimismo, aporta robustez en general a todo el documento y su contenido.

La simplificación del **caso base**, permitiendo poder analizar en función del número de camas del centro, pero a la vez delimitando cuatro modelos muy concretos de hospitales donde se pueda implantar la robotización también tiene sus posibles sesgos. Así, hay centros cuya actividad es inferior o superior a la que pueda reflejar el número de camas, dado que dan servicios de farmacia a centros cercanos, que pueden ocasionalmente tener camas no

ocupadas, o simplemente por circunstancias propias del centro. No obstante, esto podría ser proporcional a la importancia del centro (es decir, un centro mayor tendrá seguramente más incorporaciones al número de pacientes gestionados). Asimismo, la generación de escenarios basados en 300, 600, 900 o 1.200 camas se ha considerado que representa la variabilidad de los hospitales públicos en España y la aplicabilidad de los resultados representando suficientes escenarios para dotar con suficiente información para una adecuada toma de decisiones (Figura 4). En este sentido, no se ha conseguido tener el precio para hospitales de 600 camas para pacientes externos (quedando el escenario sin cubrir), pero ello no es especialmente grave a la vista de la distribución de la Figura 4.

Figura 4. Distribución por número de camas de los 199 hospitales de 150 o más camas de titularidad no privada en España



Fuente: Catálogo Nacional de Hospitales de España, Diciembre de 2016  
Eje X número de camas; eje Y número de centros

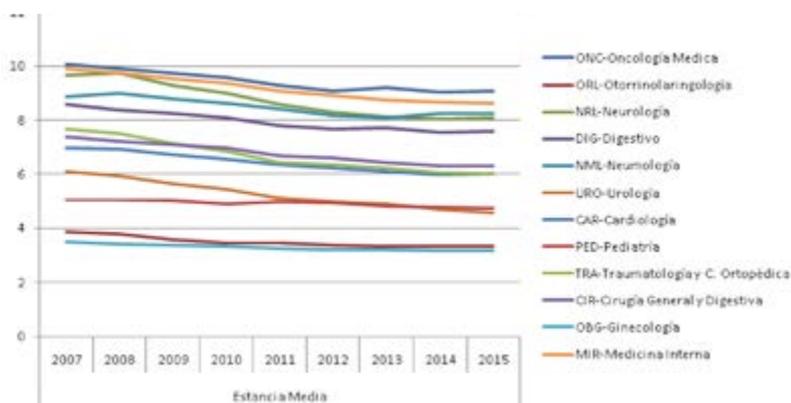
De esta manera, considerando la robotización del proceso para pacientes externos y/o ingresados, también es relevante considerar otros aspectos como la necesidad de traslado a un nuevo espacio, la posible fusión de diferentes centros, o, por cualesquiera que sean las circunstancias, la necesidad de reducir el porcentaje histórico de errores de dispensación o administración en un centro. Así, muchos centros tendrán que sopesar el equilibrio entre sus

necesidades de mejora, las ventajas que puedan aportar otras alternativas (por ejemplo de robotización de la preparación de citostáticos), y la capacidad presupuestaria que tenga disponible el centro en el período en que se quiera tomar una decisión.

En relación a los supuestos de los inputs de **seguridad**, éstos tendrían su limitación por la calidad y escasez de la evidencia. No obstante, los valores del estudio EMOPEM son coherentes con los del estudio de Pastó-Cardona L et al. Finalmente, la utilización de un promedio entre el máximo y el mínimo en los porcentajes de errores de dispensación para determinar la diferencia tiene los sesgos correspondientes a las combinaciones de estudios. No obstante, esta variable se incluye en el análisis de sensibilidad sin producir cambios relevantes en los resultados.

La definición de los **escenarios** del caso base no consiste solamente en comparar robotizar vs no robotizar, sino en considerar un contexto en que habitualmente conviven en los centros los modelos de dispensación centralizados y descentralizados en farmacia con o sin robotización. Asimismo, podría haberse comparado un modelo robotizado (por definición centralizado en farmacia) **vs un modelo SAD en todas las unidades del hospital** (modelo totalmente descentralizado). El contexto de esa posibilidad es el siguiente: hay una corriente de opinión no despreciable para la cual, como cada vez más pacientes estarían menos tiempo ingresados, incluso no alcanzando las 24h, la gestión de la unidosis cada 24h sería cuestionable. El modelo cambiante de paciente cuya salida del hospital ocurre en menos de 24 horas tendría asociada una alta cantidad de devoluciones. Esta reducción de tiempo se podría asociar a tratamientos más agresivos en menos tiempo o a la desviación de pacientes ingresados a externos. Este escenario podría implicar (1) proponer gestionar todas las plantas con SAD y que los profesionales de enfermería prepararan las unidosis como alternativa a la robotización, o (2) gestionar la robotización con la preparación de “unidosis” (que formalmente dejarían de serlo al no ser cada 24 horas) desde los servicios de farmacia dos o tres veces al día –lo que implicaría muy probablemente no triplicar, pero sí doblar la carga de trabajo en este sentido-. Si se contrastan estas tendencias con datos observamos que las estancias medias en las unidades que ocupan el 80% de los casos en España bajan con el tiempo, pero son siempre superiores en promedio a un día.

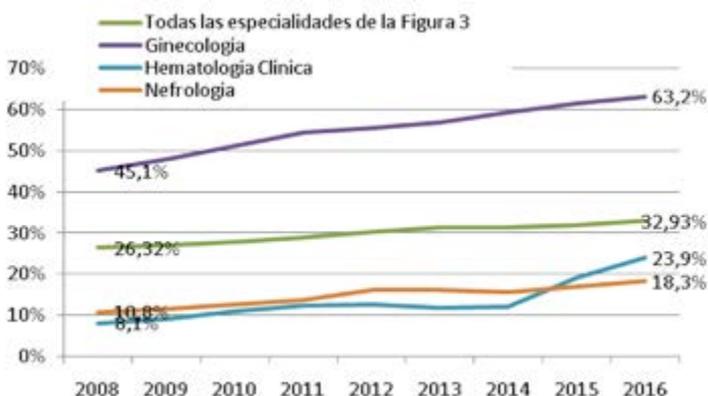
Figura 5. Media de días de estancia en las principales unidades/servicios de hospitales en España



Elaboración propia con datos de Conjunto Mínimo Básico de Datos en España, 2017

No obstante, el aspecto que específicamente más refleja el cambio es la evolución del porcentaje de altas médicas con estancias iguales o menores a 1 día, entre el total de altas médicas. Así, se observa que hay ciertas unidades con un crecimiento anual relevante y un crecimiento general, pero, a la vista del crecimiento general se podría considerar que no es suficientemente relevante como para proponer un escenario en que todas las unidades “de planta” estuvieran automatizadas con SAD.

Figura 6. Porcentaje de altas médicas con 0 o 1 días de estancia en Cataluña



Elaboración propia a partir de datos de Conjunto Mínimo de Base de Datos de Cataluña, 2017

Adicionalmente, las **fórmulas de adquisición** diferentes del pago único inicial no se han tenido en cuenta en el análisis de sensibilidad. No obstante, se quiere anotar que existen otras opciones de pago, como una inversión con **renting** o *leasing* con/sin un interés negociado, o un “contrato de mantenimiento” por un número de años prorrogables. En este caso no se trataría de un “mantenimiento” desde la perspectiva del arreglo de la tecnología sino de continuidad, y, podría por ejemplo formularse con un pago por día de disponibilidad de la tecnología. En este sentido, el modelo supone que las revisiones de contratos se harán manteniendo los costes de inversión.

Finalmente, **no se plantea** en la modelización,

- diferenciar entre **marcas comerciales** en el análisis de robotización en pacientes externos, dado que cada convocatoria tiene un probable concurso asociado
- la **utilización parcial** de los robots para pacientes ambulatorios, ni **mixta** (un robot para pacientes ingresados y externos), ni la utilización de un robot únicamente de almacenaje para pacientes **ingresados** - opciones factibles, pero de momento anecdóticas actualmente en España-.
- evaluar el impacto económico de diferentes números de **brazos**, si bien hay que destacar que, incluso algún hospital tiene un brazo sin uso (“de back-up”).
- la **perspectiva** social dado que, por un lado, el impacto en costes médicos no sanitarios o indirectos derivables de la implementación se valoran como despreciables, y por otro, aún siendo un paradigma para la evaluación económica, no se corresponde con el objetivo del estudio.

## 5.2. Discusión de los resultados

Los **valores encontrados en la literatura** sobre seguridad y efectividad del proceso fueron relativamente coherentes entre documentos. No obstante, no hubo muchos documentos de referencia para poder realmente evaluar de forma robusta la variabilidad entre ellos, y las variables de resultado consideradas y su definición fue también diversa. Precisamente por estos motivos, no se consideró necesario ni apropiado hacer un análisis de síntesis (ni con descriptivos básicos ni meta-análisis). Asimismo, la diferenciación entre los

resultados de seguridad con las diferentes tecnologías disponibles (diferenciando para pacientes ingresados y externos) fue suficientemente pequeña como para no considerar que se puedan inferir diferencias entre ellas. Por tanto, sí tienen sentido como criterios de referencia para la toma de decisiones y para diferenciar entre tecnologías aquellos utilizados y presentados anteriormente en este informe para la toma de decisiones en el Hospital Gregorio Marañón, así como los **valores mostrados en las entrevistas** (debe considerarse también que los robots pueden evolucionar en el tiempo respecto al momento de las entrevistas y, por tanto, de las decisiones de adquisición).

Los dos revisores de AQuAS decidieron **no incluir para la extracción de información** un estudio correspondiente a la implantación en servicio de farmacia hospitalaria de una prisión, en que Le Gonidec (2009) et al indicaban los errores de dispensación tras utilizar Pillpick en 0,5%. No obstante, también se acordó que, dado que la decisión podía estar sujeta al criterio del revisor, se indicaría la decisión en esta discusión del informe. Al plantearse la posible inclusión en el marco de las entrevistas se consideró que, sin conocer en profundidad el documento, la implantación podría compararse con aquella correspondiente a un centro sociosanitario. Asimismo, a través de la lectura de la revisión de Perras et al, se detectó un artículo de Slee et al en que se abordaba el impacto de la implantación de un robot Rowa Speedcase<sup>57</sup>. El estudio no se incluyó (por referencia cruzada) dado que se implementó entre 2000 y 2001, y se consideró que las características basales para un análisis pre-post de un servicio de farmacia hospitalaria de hace 15 años no serían comparables a los actuales. Se decidió incluir la publicación de Kasbekar con dudas, dado que no habían referencias de mejor calidad para mostrar el efecto económico del inventario<sup>50</sup>. Otro estudio descartado a destacar fue el de Barrett et al.<sup>58</sup> El análisis no incluye el robot implementado en dos servicios de farmacia hospitalaria en el Reino Unido y aporta información sobre el impacto de forma únicamente cualitativa. Así, si bien muestra unas altas expectativas por parte de los profesionales de los centros y concluye una mejora de la eficiencia en la dispensación y en las tasas de error global, se muestra un gran descontento en: (1) el proceso de carga, (2) las necesidades de tiempo y esfuerzo para la adaptabilidad del robot al centro, (3) la funcionalidad del único brazo robotizado disponible y (4) el número de errores que ocurrían (al menos al inicio del uso del robot).

El resultado intermedio del **ahorro anual en el caso base utilizando la robotización** en la dispensación en pacientes ingresados, resulta alrededor de

un 50% superior a la encontrada por Viprey et al<sup>32</sup>, que estimaron que la diferencia entre utilizar un sistema robotizado o no por cama era de 21€mes (252€/año).

La consideración de un **0,0022%** de errores de medicación con potencial daño entre todas las medicaciones en ingresados y un **valor equivalente de errores de dispensación de medicación** con daño podría estar sujeta a crítica. Los valores del modelo, por ejemplo para un hospital de 300 camas, por los que apenas habrían errores con potencial daño en externos y 10 errores con potencial daño en ingresados, encajarían con valores disponibles de la SEFH: en media/mediana, en servicios de farmacia hospitalaria de 250-500 camas en España, las reacciones adversas a medicamentos reportadas en servicios de farmacia son 27/3<sup>31</sup>. El modelo no obstante es sensible al cambio a, por ejemplo, un porcentaje a 0,05% en errores de dispensación, pero la hipótesis de errores con potencial daño a los que el modelo atribuiría coste se elevaría a 38.

### 5.3. Interpretación de los resultados

Los resultados de seguridad de la **literatura** muestran que los centros tienen una necesidad no cubierta en forma de margen de mejora y que la robotización, cuanto mayor sea ese margen, implica una mejor oportunidad para reducirlos. Los resultados encontrados de efectividad del proceso de robotización, de sus costes, y de su eficiencia, muestran el potencial que pueden tener estas tecnologías a la práctica, conjuntamente con la adopción de la prescripción electrónica asistida y/o códigos de radiofrecuencia.

Las **entrevistas** aportaron información adicional fuera del guion que puede ser clave para la toma de decisiones. La primera destacada es que la adopción de la robotización sin objetivos claros, monitorización y planificación, y sin rigor por parte de los implementadores, no se traducirá en los éxitos esperables. Asimismo, se sugirió considerar aprovechar la tecnología de unidosis entre centros cercanos geográficamente de cara a optimizar la eficiencia de la utilización de los robots, si bien no se ha estimado económicamente en este estudio.. Asimismo, tampoco se incluyó en el análisis, pero se citó que resulta inevitable una inversión de tiempo en la implantación asociada a la integración de los sistemas informáticos del entorno de robotización y del resto de partes del proceso de dispensación. Este proceso puede ser tedioso y, si bien los primeros dos a seis meses seguramente serían dificultosos, si no

se planifica adecuadamente, la inversión de tiempo puede pasar, de recuperarse rápidamente, a alargarse durante años. Asimismo, es importante en el momento de la negociación económica considerar la posición de un técnico del proveedor *in situ*, la inclusión de los fungibles, o, si aplica, la posibilidad de tener más de un robot/brazo y gestionarlos de forma que uno pueda cubrir a otro en caso de dejar de funcionar (si bien esto apenas ocurre en ninguno de los robots estudiados). Adicionalmente, se concluye que resulta relevante aprovechar y/o anticipar procesos de fusión o traslado de centros, tanto por el re-aprovechamiento común de la tecnología, como para evitar gastos de traslado e instalación de la tecnología (alcanzaron en un ejemplo 102.817€). Finalmente, en las entrevistas se cuestionó que los resultados que puedan aparecer sobre cambio en el valor económico del consumo anual de medicamentos, si bien puedan existir, se puedan asociar al efecto de la robotización, y no a otros factores contextuales.

Los resultados económicos están sujetos a las circunstancias de cada centro, es decir, a los resultados mostrados, no tanto en el caso base, como en el análisis de sensibilidad. Berdot S, en 2016, mostró en un **estudio analizando el modelo Rowa®** en un hospital de 800 camas, **su retorno de inversión** en 8 años (2008 a 2015)<sup>55</sup>. El coste de inversión fue de 1M€ desglosados en compra, mantenimiento, reparación y actualización: 484k\$, 184k\$, 30k\$ y 276k\$. El valor del retorno de inversión estaría en coherencia con los 8 años encontrados en el estudio de retorno de la inversión presentado en este informe para la robotización en pacientes externos de este estudio. No se encontró ninguna publicación científica en la revisión sistemática para las tecnologías implementadas en pacientes ingresados en este sentido (estimación detallada del retorno de la inversión), siendo la de este informe la primera detectada.

Es de especial interés conocer la existencia de una compra innovadora reciente detectada fuera de la revisión de la literatura, en cuyo proceso interviene el robot de dispensación. En concreto se trata de las características específicas del pliego de prescripciones técnicas especificadas para la contratación de validación del servicio integral de promoción y seguimiento de la adherencia para pacientes ancianos en atención terapéutica desde la unidad fármaco-terapéutica de pacientes externos del Hospital Universitario Miguel Servet de Zaragoza<sup>60</sup>. El motivo del interés es que, tal y como el nombre de este pliego indica, se adjudicó un servicio de valor añadido asociado a la monitorización de la adherencia del paciente incluyendo un sistema de información y formación sobre su patología y tratamiento, y permitiendo,

entre otros, la valoración de la concordancia entre prescripción y dispensación para detectar el incumplimiento primario.

Los resultados principales mostrados están basados en seguridad, efectividad y costes desde la perspectiva del Sistema Nacional de Salud. Desde una perspectiva más amplia para la toma de decisiones, basada en evaluar de forma cualitativa considerando los principios y criterios de análisis del tipo Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA)<sup>61,62</sup>, se podrían realizar las siguientes valoraciones (algunas de ellas ya introducidas en los párrafos anteriores):

- **necesidad:** En *general*, en centros en que haya niveles de error superiores a los descritos en la literatura (ver Tabla), puede valorarse como susceptible de ser valorado el implantar la tecnología. En relación a la *severidad de la enfermedad*, el porcentaje de errores de dispensación (y de medicación) que se asocian a la necesidad de cambiar el tratamiento o requerimientos de hospitalización es estimable como bajo. Por tanto, los beneficios que pueda llegar a aportar la robotización serían reducidos. Finalmente, En relación a la disponibilidad de alternativas, existen la opción de no robotizar, con, principalmente, un riesgo de errores superior.
- **seguridad y efectividad:** El principal resultado de cambio encontrado sobre el proceso pre-post robotización en pacientes ingresados fue una reducción en los errores de dispensación, pasando de una oscilación entre 0,8-1% (pre) a una variación entre 0,13-0,08% (post). Asimismo, los errores de dispensación encontrados para pacientes externos oscilaron en general entre 0,64%-1,3% (pre), y entre 0,27%-0,6% (post). En relación a la efectividad clínica se consideró excesivamente complejo la estimación de su impacto (ver Anexo 3). La calidad de la evidencia disponible, en general, es baja (corto seguimiento, no hay información de todas las partidas de todas las alternativas).
- **beneficio clínico:** La tecnología no aporta relevante reducción de mortalidad, alargamiento de la expectativa de vida y/o en cambios de calidad de vida.
- **eficiencia:** el coste unitario de los productos evaluados es estimable como alto y el retorno de la inversión que significaría su compra

para el hospital oscila según el número de camas (o de pacientes a atender), siendo su estimación siempre superior a los cinco años. Se podría considerar la adopción de formas de compra innovadoras basadas en resultados o pagos fraccionados o de renting para facilitar el acceso en los casos en que se decidiera considerar incorporarla.

- **equidad y solidaridad:** la adopción de la tecnología no diferencia el acceso al medicamento ni desde la perspectiva logística, ni de capacidad adquisitiva, si bien, bajo la perspectiva del paciente, se esperaría una mejora en el tiempo (y por tanto en la calidad) de la atención farmacéutica hospitalaria, así como un tiempo de espera para la dispensación inferior.
- **tamaño de la “población”:** afectado por la decisión de invertir en la robotización, por ejemplo, en este caso, se podrían valorar en aproximadamente 100 centros en España con unas dimensiones suficientes como para poder considerar la inversión. Desde una perspectiva agregada y a largo plazo (por ejemplo, más de ocho años), los beneficios en seguridad en pacientes ingresados, y los beneficios económicos tanto en pacientes ingresados o externos, podrían ser relevantes.
- **entorno:** existe (1) una presión mediática y un creciente interés por parte de la sociedad por la implementación de sistemas robotizados, acompañados de (2) una posible sensación de que en otros sectores donde se manejan productos unitarios con menos coste, o con unos volúmenes de stock de dimensiones similares, se utiliza sin cuestión la robotización para mejorar las garantías asociadas a seguridad.
- **otros:** No se observaron aspectos diferenciales y, por tanto, de interés, a nivel ético, legal o cambios sustanciales para la salud pública en general asociados a la adopción de la tecnología.

La **línea futura** principal complementaria que se recomendaría tras este estudio sería la **recogida de datos** formal a través de un estudio observacional (idealmente prospectivo, pero también puede serlo retrospectivo) de datos de recursos humanos requeridos, seguridad y gestión de stock en varios centros con la evidencia suficiente para una toma de decisiones y estimación

económica más detallada. Esta línea es especialmente relevante ante la limitación del estudio económico, que no diferencia entre el pre-post según modelos de robot.

Asimismo, se podría analizar con más profundidad la aportación asociada a los códigos de barras en pacientes ingresados y cuantificar económicamente el reaprovechamiento en varios centros de las posibilidades de los robots. Finalmente, sería de interés complementar este informe con uno que se focalice en los SAD, dado que también está en discusión su compra, incluso en hospitales de nueva construcción.



# 6. Conclusiones y recomendaciones

## 6.1. Conclusiones

El análisis de los resultados obtenidos tras una revisión de la literatura, 9 entrevistas a responsables de farmacia hospitalaria, y un análisis económico de retorno de la inversión realizado sobre la implementación de la dispensación robotizada bajo la perspectiva del Sistema Nacional de Salud permiten concluir que:

- Acorde a la literatura, el principal resultado de **seguridad** encontrado sobre el proceso pre-post robotización en pacientes **ingresados** fue una reducción en los errores de dispensación, pasando de una oscilación entre 0,8-1% (pre) a un rango de 0,08-0,13% (post).
- Asimismo, los errores de dispensación encontrados para pacientes **externos** oscilan en general entre 0,6-1,3% (pre), pasando a un rango de 0,27-0,6% (post). Los errores de administración pasarían de un 10,6% previo a la dispensación robotizada a un 5% posterior, lo que conllevaría una reducción del 53% de los errores.
- Estas estimaciones podrían tener un **sesgo de publicación**. Por un lado, algunos hospitales podrían tener datos basales no publicados de errores de dispensación más altos. Por otro lado, algunos usuarios de la dispensación farmacéutica robotizada en hospitales entrevistados indicaron que las mejoras reales, especialmente en errores de administración, podrían ser mayores a las encontradas en la literatura. Así, si el criterio de decisión fuera evitar a toda costa o reducir cualquier tipo de error de medicación que pudiera poner en peligro a un paciente, especialmente en pacientes ingresados, y asimismo el decisor tuviera disponibilidad a pagar, podría considerarse adecuado implantar la robotización.
- Acorde a la literatura, la implantación de la robotización, tanto para realizar el proceso de preparación de unidades como para realizar la dispensación a pacientes externos, impacta en una menor necesidad de **recursos humanos** y una mejor gestión de **stock/inventario**.

- Acorde a la literatura, la implantación de la robotización impacta en aspectos organizativos como la **gestión de recursos humanos o el control del inventario**. No obstante, los datos disponibles en la literatura sobre recursos humanos pueden no ser aplicables debido a que las dotaciones en los servicios de farmacia hospitalaria españoles son inferiores a las de otros países. La realidad del impacto en recursos humanos es que la robotización incurre en un ahorro técnico, pero no una reducción de plantilla, dado que los recursos humanos acaban siendo re-utilizados para lograr una mejor atención farmacéutica o compensar un aumento de la demanda (más pacientes crónicos, más tratamientos dispensados en hospital, más tratamientos citostáticos dispensados...)
- Estos cambios en seguridad, recursos humanos o inventario se traducen en la literatura en resultados económicos. El análisis económico realizado en este estudio muestra que el retorno de la inversión de la robotización de la dispensación en pacientes **ingresados** ocurriría, en general, al cabo de más de diez años. Este umbral de diez años descendería en caso de una reducción relevante no sólo del precio, sino de alguna condición adicional del caso base (por ejemplo, el efecto en el stock/inventario). En pacientes **externos**, el retorno ocurriría, considerando las características del caso base, en más de diez años, siete, seis o cinco según si se consideran hospitales de unas 300, 600, 900 o 1.200 camas.
- El retorno de la inversión comentado sería sensible al efecto considerado en el inventario y el porcentaje de dosis unitarias que pueden incluirse en el robot de pacientes ingresados.

## 6.2. Recomendaciones

- En centros de unas **300 camas**, en general, no se recomendaría la robotización en pacientes ingresados, y sí en pacientes externos cuando el valor del inventario sea superior a los 5.700€ por cama.
- En centros de unas **600 camas o 900 camas**, se debe valorar si el gasto, con un retorno de la inversión a 6 o 7 años, es asumible, y a su vez, se considera prioritario introducir mejoras en el sistema actual de dispensación farmacéutica. En este sentido, (1) la reducción del precio del robot considerado en el modelo al 50% implicaría un retorno

de inversión mucho más asumible, (2) la prioridad podría venir impulsada por una ausencia de políticas de recursos humanos para reajustar las crecientes necesidades de los servicios de farmacia (ver ejemplos en Anexo 8) o (3) la prioridad podría venir impulsada por porcentajes pre- en errores de seguridad muy superiores a los anteriormente anotados o (4) la prioridad podría venir impulsada por una gestión de inventario mejorable (baja rotación de stock). Los resultados en pacientes ingresados invitarían a considerar la robotización en hospitales de 900 camas, de nuevo si el gasto es asumible por el centro, si se tiene una mentalidad de inversión con potenciales ahorros a largo plazo (10 años), y si se garantiza que el 85% de las dosis entran en el robot y/o, si como se ha descrito, hubiera una reducción considerable del precio considerado en el caso base del modelo. Adicionalmente, sería de especial valor añadido para la decisión la convergencia con los puntos (2) y (3) anteriores

- Para centros hospitalarios de 1.200 camas, un robot para pacientes **externos** tendría un retorno de la inversión en un plazo estimable como razonable (5 años), y especialmente si hay una baja rotación de stock. Asimismo, puede resultar prioritario si el gasto es asumible en el centro y se cumplen los 4 supuestos descritos arriba para centros de 600 a 900 camas. Los resultados para hospitales de 1.200 camas en el caso de pacientes **ingresados** invitarían a considerar la robotización cuando se cumplieran estos mismos 4 supuestos, sumándose como argumento adicional a favor de la inversión el hecho de dispensarse muchas más de 3.600 dosis unitarias al año por cama, ya que en este supuesto, por ejemplo, hay más errores potencialmente evitables
- Es relevante considerar que hay mejoras continuas en el mercado asociado a la tecnología que podrían mejorar los resultados observados en aspectos económicos, organizativos o en seguridad. Por ejemplo, hay nuevas prestaciones en los sistemas de corte o que permiten la entrada de forma caótica en el robot de un más tipos de productos. No obstante, también es relevante exigir evidencia detallada a largo plazo de calidad que avale estos hipotéticos resultados en el mundo real. Asimismo, pueden aparecer y/o encajar nuevos programas de valor añadido asociados a la compra de la tecnología que ayuden a un mejor seguimiento para evaluar el éxito de la implementación.

- La intervención en forma de robotización debe venir acompañada de una **planificación** general con objetivos definidos y una recogida protocolizada de resultados pre-post de proceso, y a poder ser, en salud, para poder facilitar la toma de decisiones futura en este campo, así como para evaluar la decisión tomada.
- El proceso de decisión debería incorporar una valoración de las **fortalezas y debilidades** identificadas en este estudio o por el propio centro que plantea la adquisición de robots de dispensación farmacéutica robotizada.

# ANEXO 1. Guión de las entrevistas

## Introducción

A continuación, le mostramos el guion correspondiente a la entrevista telefónica que tenemos concertada con usted en junio de 2017. El objetivo es, desde la perspectiva de usuario, analizar la **seguridad, efectividad y coste-efectividad sobre dispensación robotizada de fármacos en hospitales en España**. La duración esperada de la entrevista es de una hora. **Le agradecemos** desde l'Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya (AQUAS) su colaboración en el proyecto. No dude en **contactar** en cualquier momento que considere necesario para cualquier duda sobre el mismo.

## Primera parte. Caracterización del caso como usuario (primeros 25 minutos de la entrevista)

1. A parte de los hospitales listados a continuación, ¿conoce algún otro con robotización en la dispensación?

(Virgen de las Nieves (Granada), Virgen de la Candelaria (Tenerife), Hospital del Mar (Barcelona), Príncipe de Asturias (Alcalá), Gregorio Marañón (Madrid), La Fe (Valencia), La Paz (Madrid), Sant Joan (Reus), Xeral Cies (CHUVI; Vigo), Álvarez Buylla (Mieres), Cruces (Bilbao), Clínic (Valencia) y Clínic (Barcelona))

2. En su centro, ¿qué sistema de dispensación tenían pre-post la robotización?

	Sistema pre	Sistema post Año robotización:
Pacientes Ingresados (hospitalizados o ingresados) (% dosis)	Almacenaje automatizado (p.e. Kardex) ___% Unidosis ___% SAD (Pyxis...) ___% Stocks periféricos  Almacenaje no automatizado ___% Unidosis ___% SAD (Pyxis...) ___% Stocks periféricos  ___% Otros: _____  (Nota: el total de las siete subcategorías ha de ser igual a 100%)	Almacenaje automatizado (p.e. Kardex) ___% Unidosis ___% SAD (Pyxis...) ___% Stocks periféricos  Almacenaje no automatizado ___% Unidosis ___% SAD (Pyxis...) ___% Stocks periféricos  Gestión Robotizada ___% Unidosis (p.e. Pillpick) ___% Para Stocks periféricos (p.e. Rowa) ___% Para SAD (Pyxis) (p.e. Rowa) ___% Otros: _____  (Nota: el total de las diez subcategorías ha de ser igual a 100%)
	¿Tienen PEA? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	¿Tienen PEA? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Pacientes Externos (% dispensaciones)	___% Manual ___% Automatizado. Sistema: _____ ___% Otro: _____	___% Manual ___% Automatizado. Sistema: _____ ___% Robotizado. Robot utilizado: _____ ___% Otro: _____
	¿Tienen PEA? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	¿Tienen PEA? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

Prescripción Electrónica Asistida (PEA). Pacientes ingresados: unidades/servicios/áreas de pacientes en planta, agudos o post-agudos, urgencias, rehabilitación, quirófanos, UCIs....  
 Pacientes externos: dispensación ambulatoria...

3. ¿Hubo cambios adicionales no mostrados en la tabla anterior? (cambios de protocolos, informáticos...)
4. ¿Qué condicionó la elección del tipo de robot? (2 razones principales)<sup>f</sup>)
5. ¿Qué implicó robotizar en horas anuales de formación (por tipo de trabajador)?
6. ¿Qué uso de recursos o costes implicó hasta la actualidad (reparar/ mantener/ consumible/ errores/ actualizar/ mejora)?
7. ¿Hay disponible una referencia pública de la inversión que implicó la robotización del centro (p.e. cifra publicada en la memoria anual del hospital disponible online)? En caso negativo, ¿qué valor tuvo la compra y ha tenido el mantenimiento?<sup>7</sup>
8. Bajo su perspectiva actual, valore por favor del 0 (mala decisión) al 10 (muy buena decisión) la decisión de implementar la dispensación farmacéutica robotizada en su centro hospitalario.
9. ¿Qué dos debilidades o limitaciones destacaría de la dispensación robotizada en un centro hospitalario?
10. ¿Y cuáles serían las dos principales fortalezas de este tipo de dispensación farmacéutica hospitalaria?
11. ¿Se modificó el valor del inventario del almacén de farmacia hospitalaria en su centro?<sup>7</sup>
12. ¿Se han generado diversidad de opiniones sobre la adopción de la dispensación robotizada entre el personal de su centro? (p.e. reticencia o resistencias por parte de determinados perfiles?)
13. ¿Recomendaría la adopción de un sistema de dispensación farmacéutica robotizada a otro centro hospitalario que actualmente no lo tuviera implantado? ¿Por qué? ¿En qué circunstancias (sí o no)?
14. ¿Cuáles serían los factores clave para que la implantación de la dispensación robotizada tenga éxito en un centro hospitalario?
15. ¿Y qué tipo de barreras deben ser tenidas en cuenta a la hora de decidir si se adopta este tipo de dispensación farmacéutica

---

f el análisis se presentará de forma agregada en pacientes internos/externos y Rowa, Apostore y Pillpick+Boxpicker

Segunda parte (siguientes 25 minutos de la entrevista)

**1. Sobre errores...**

**1.1** ¿Cree que son aplicables a la práctica real estos valores y afirmaciones como estimaciones medias provenientes de la literatura?

- a.** Los errores de medicación ocurren alrededor de en un 27% de dosis dispensadas. Sin errores de hora e información a paciente, ocurren en un 12,2%
- b.** El desglose aproximado del 27% del ítem anterior corresponde a: 13% prescripción/ transcripción (médico), 3% dispensación (farmacia) y 11% administración (enfermería)
- c.** Los errores de administración pueden reducirse aproximadamente del 11% al 4% con la robotización de las unidades
- d.** Los errores de dispensación en pacientes externos pueden reducirse aproximadamente del 1,3% al 0,6% con la robotización de la dispensación (tabla de ejemplo)<sup>g</sup>

DIFERENCIACIONES OBSERVADAS		PRE-IMPLANTACIÓN		POST-IMPLANTACIÓN	
		N	%	N	%
Tipo de error		3.234		3.004	
Documentación incorrecta	Lapso / Después	25	0,76	9	0,17
Cantidad dispensada incorrecta <sup>h</sup>	Stock por debajo del límite de seguridad	17	0,52	8	0,17
Omnibus		11	0,33	2	0,07
	Stock out	11	0,33	0	0,00
	Lapso / Después	0	0,00	2	0,07
Cantidad dispensada incorrecta		9	0,27	7	0,23
	Lapso / Después durante el recuento	7	0,21	7	0,23
	Interpretación incorrecta prescripción manual	2	0,06	0	0,00
Dosis dispensada incorrecta	Lapso / Después / Falta de seguimiento del PNT	1	0,03	0	0,00
Nº total de errores de dispensación		63	—	19	—
Nº total de prescripciones incorrectamente dispensadas		43	1,31	19	0,63

**e.** Los errores de medicación que requieren cambio de tratamiento o hospitalización son aproximadamente el 0,14% del 27%. El 0,14% se distribuye en 0,13% de errores que tienen asociada necesidad de tratamiento (333/año) y un 0,008% hospitalización (21/año). Ocurren de forma proporcional según la sección b) de éste cuestionario).

**1.2** En su experiencia pre-post robotización<sup>h</sup> (si no lo sabe con certeza, por favor proporcione una respuesta estimada a los siguientes tres ítems, indicando que se trata de una estimación)

<sup>g</sup> <http://eprints.ucm.es/33546/1/T36521.pdf>

<sup>h</sup> el análisis se presentará de forma agregada en pacientes internos/externos y Rowa, Apostore y Pillpick+Boxpicker

a. ¿Cuál fue el cambio en errores de administración?

-----% a -----%

b. ¿Cuál fue el cambio en errores de dispensación en pacientes ingresados?

-----% a -----%

c. ¿Cuál fue el cambio en errores de dispensación en pacientes externos?

\_-----\_% a \_-----\_%

## 2. Sobre el potencial ahorro...

1.1 ¿Cree que son aplicables a la práctica real estos valores y afirmaciones como estimaciones medias provenientes de la literatura?

Suponiendo un centro de 450 camas, robotizar la dispensación implica aproximadamente ahorrar (o reubicar servicios) al año...

- a. En dispensación interna (si la robotización se hizo en éste ámbito): 1 administrativo, 0,2 profesionales de almacén, 0,2 auxiliar farmacéutico y 1 auxiliar enfermería
- b. En dispensación externa (si la robotización se hizo en éste ámbito): 1 administrativo, 0,1 profesionales de almacén, 0,5 auxiliar farmacéutico y 0 auxiliar enfermería
- c. La gestión de las devoluciones y caducidades mejora con la robotización, consiguiendo ahorrar un 2% sobre el valor del inventario. El valor del inventario se podría estimar, de forma media, en 2.000€/cama del hospital.

1.2 En su experiencia pre-post robotización<sup>7</sup>

a. ¿Cuál fue el ahorro/año en los cuatro tipos de profesionales citados arriba? \_\_\_\_, \_\_\_\_, \_\_\_\_ y \_\_\_\_

b. ¿Cuál fue el ahorro de inventario? \_\_\_\_\_

3. ¿Puede aportarnos algún valor pre-post robotizar en su centro<sup>7</sup>?

Ejemplos:

- Gasto farmacéutico por paciente/año  
\_\_\_\_\_ pre \_\_\_\_\_ post-

- Número de errores de medicación/año  
\_\_\_\_\_ pre    \_\_\_\_\_ post
- Número de errores que implican cambios de tratamiento o hospitalización/año  
\_\_\_\_\_ pre    \_\_\_\_\_ post
- Errores de medicación (por 1000 dispensaciones)  
\_\_\_\_\_ pre    \_\_\_\_\_ post
- % errores de dispensación  
\_\_\_\_\_ pre    \_\_\_\_\_ post
- % de hospitalizaciones evitadas  
\_\_\_\_\_ pre    \_\_\_\_\_ post
- Unidades relativas de valor/año  
\_\_\_\_\_ pre    \_\_\_\_\_ post
- Tiempo para preparar la dispensación  
\_\_\_\_\_ pre    \_\_\_\_\_ post
- Otros (especificar)\_\_\_\_\_    \_\_\_\_\_ pre    \_\_\_\_\_ post

**4.** Se añaden (si aplica) preguntas adicionales por centro específico, para clarificar aspectos de publicaciones (10 minutos finales)



## ANEXO 2. Terminología sobre errores de medicación<sup>65,63</sup>

**Errores de medicación:** Es cualquier error que se produce en cualquiera de los procesos del sistema de utilización de los medicamentos

**Acontecimiento adverso potencial:** Es un EM grave que podría haber causado un daño, pero que no lo llegó a causar, bien por suerte (por ejemplo, el paciente no tuvo una reacción alérgica a un medicamento que recibió, a pesar de que estaba anotado en la historia clínica que sí era alérgico) o bien porque fue interceptado antes de que llegara al paciente (por ejemplo, la enfermera se dio cuenta de que estaba prescrito un medicamento al que el paciente era alérgico y contactó con el médico para que lo cambiara).

**Acontecimiento adverso por medicamentos (AAM):** Cualquier daño, grave o leve, causado por el uso (incluyendo la falta de uso) de un medicamento” o “cualquier daño resultante del uso clínico de un medicamento”.

Los AAM pueden clasificarse en dos tipos:

- prevenibles: causados por EM. Suponen, por tanto, daño y error.
- no prevenibles. Se producen a pesar de un uso apropiado de los medicamentos (daño sin error) y se corresponden con las denominadas **reacciones adversas a medicamentos (RAM)**.



# ANEXO 3. Valoración de la efectividad clínica de la robotización

El cambio en efectividad clínica por la implantación de la robotización no se mide habitualmente. Las entrevistas de este proyecto mostraron tanto la posición de interés sobre saber qué se podría realizar en este sentido como la de considerar no adecuado plantearse este tipo de análisis en este contexto. En contraposición, se miden otros resultados, de seguridad, asociados al tiempo para la dispensación (indicadores de eficiencia), de mejora en la gestión de inventario (por ejemplo, índice de rotación).

La asociación de la mejora en seguridad de la robotización trasladada a efectividad clínica es un ejercicio de complicada ejecución. Una forma de estimación podría ser caracterizar los acontecimientos adversos por medicamentos prevenibles (AAP) –a los que se asocia daño y error de medicación-, para entonces cuantificar y asociarles un efecto clínico. Si se analizan los casos que en 2015 tuvieron como motivo principal de hospitalización un AAP (a través del portal estadístico del MSSSI con datos del CMBD considerando los códigos CIE-9-MC E850-E858.9, 960 a 979, y E980<sup>64</sup>), resultaron 8.632 casos que con un coste medio de 4.449€ -ver Tabla 13 - resulta en un coste total evitable de 38 millones de euros. Esta estimación incluiría tanto los ingresos de novo por AAP como las prolongaciones, y no estaría sesgada por la infradeclaración. Estos valores serían coherentes con los 11.955 casos graves o potencialmente mortales que estimaba Otero M en 2006<sup>65</sup>.

No obstante, esta estimación no incluiría (1) los AAP cuyo daño no acaba siendo la parte más relevante de una hospitalización –podrían corresponder a daños moderados o leves - o (2) los AAPs que incurrir en necesidades sanitarias en ámbitos diferentes al ingreso hospitalario. Aún con estas limitaciones, la estimación es comparable a los 91 o 88 millones de euros para efectos adversos anteriormente estimados para España<sup>66, 67</sup> (aplicando un 42,8% a “evitables” encontrado en el estudio ENEAS<sup>68</sup>: 39 o 37 millones de euros).

Aceptadas estas limitaciones, el 51% de los errores asociados a AAP graves seleccionados se asociarían a los códigos CIE-9-MC correspondientes a “en-

venenamientos” debidos a “tranquilizantes basados en benzodiazepinas”, “analgésicos”, “antipsicóticos/ neurolépticos”, “anticoagulantes” o “glucósidos cardiotónicos”. El 66% de los errores asociados a AAP graves basados en estos errores encontrados a través del análisis del CMBD también se asociarían a los servicios de psiquiatría o medicina interna.

Estos errores serían los más frecuentes, pero no tendrían por qué asociarse a los más graves (aquellos que tengan implicaciones relevantes en la calidad de vida del paciente, y sobre los cuáles una reducción de errores, gracias a la utilización de un robot, podría asociarse a un beneficio en efectividad clínica). En este sentido, con mucha diferencia, el código CIE al que se asoció el mayor coste por proceso fue el de intoxicación por fármaco hemático no especificado (n=6; coste promedio= 14.882€). Se podría asociar a estos últimos un error en la administración de quimioterápicos. No obstante, la amplitud de posibles alternativas, de hecho, para cada CIE, es excesiva para construir una base sólida de asociación de errores a su origen (prescripción, transcripción, dispensación o administración) o a cantidades de pérdida de calidad de vida. Por tanto, se observa la dificultad de asociar los potenciales beneficios de la robotización en seguridad y trasladarlos a efectividad.

En este contexto, resulta también especialmente complejo presentar resultados de coste-efectividad o coste-utilidad, si bien se puede valorar la eficiencia a largo plazo dado que existen ventajas a nivel de efectividad y éstas se traducen en una inversión eficiente cuando en el largo plazo pueda ocurrir un retorno de la inversión.

# ANEXO 4. Estudios seleccionados

Las **referencias finalmente incluidas** (fuente donde se encontraron) ordenadas por tipo de documento y fuente fueron las siguientes:

## Artículos científicos

- Cousein E et al. Effect of automated drug distribution systems on medication error rates in a short-stay geriatric unit. *J Eval Clin Pract.* 2014 Oct; 20(5): 678–684 (Pubmed/Medline)
- García Collado C et al. Mejoras en las consultas de pacientes externos tras la implantación de un robot automático de dispensación. *Farm Hosp.* 2012;36(6) :525-530 (Pubmed/Medline)
- Bepko Jr. RJ et al. Implementation of a pharmacy automation system (Robotics) to ensure medication safety at norwalk hospital. *Qual.Manage.Health Care* 2009;18(2):103-114 (Pubmed/Medline)
- James KL et al. The impact of automation on pharmacy staff experience of workplace stressors. *Int.J.Pharm.Pract.* 2013;21(2):105-116 (Pubmed/Medline)
- Franklin BD et al. An evaluation of two automated dispensing machines in UK hospital pharmacy. *Int J Pharm Pract* 2008;16:47-53 (Scopus/Web of Science)
- Beard R et al. Integrated electronic prescribing and robotic dispensing: a case study. *Beard and Smith SpringerPlus* 2013 2; 295
- Berdot S et al. Return on Investment after Implementation of a Centralized Automated Storage System in a Hospital Pharmacy. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 4 (2016) 526-532 (Motores de búsqueda)
- Kasbekar N. PillPick and Boxpicker from Swisslog. *Pharmacy Purchasing and Products*, Vol. 10, July 2013, p. 40 (Motores de búsqueda)

## Posters, presentaciones en jornadas o tesis

- Gómez-Ulloa D et al. Estudio del uso y la eficiencia de un sistema robotizado en el área de dispensación ambulatoria. Congreso SEFH. Zaragoza, 25 septiembre 2009 (Motores de búsqueda)
- Rodríguez CG. Modelo de excelencia en la atención farmacéutica especializada al paciente crónico en el ámbito hospitalario. Madrid, 2015 (Motores de búsqueda)
- Salvador P. Trazabilidad en la administración de la medicación a paciente ingresado. Grupo TECNO SEFH. Módulo VI : Barcelona, 24 de Enero de 2013 (Motores de búsqueda)
- Cousein E et al. Drug Distribution Systems: effect on medication error rates and cost of safety in a geriatric short stay unit. GRP-053. Eur J Hosp Pharm 2013;20(Suppl 1):A1-238 (Literatura gris) (el estudio del abstract de Cousein de 2013 son precursores de los resultados definitivos en el artículo de 2014)
- Viprey et al. The effect of a robotic unit dose drug dispensing system on medicines administration errors and the cost of drug dispensing. TCH-047. EJPH 2013;20(Suppl 1):A1-238 (Literatura gris)
- François O et al. DSL-003. Automation of drug distribution: impact on error rate and distribution speed. Eur J Hosp Pharm 2013 (Literatura gris)
- Massé C et al. DD-014 Study of the reduction in the rate of dispensing errors following the installation of an automated delivery robot. Vol 21; Eur J Hosp Pharm Issue Supl 1 2014 (Literatura gris)

# ANEXO 5. Calidad de los estudios incluidos y de la revisión sistemática

Se aplicó la escala ACROBAT-NRSI para analizar los estudios observacionales (tipología de estudio de todos los documentos). También se analizó el nivel de evidencia con la escala SIGN. En relación al sesgo de selección, en ausencia de ensayos aleatorizados, se consideró válido incluir estudios observacionales prospectivos o transversales. En la misma línea, el sesgo de detección suele estar asociado al cegamiento del investigador, evaluación que no tendría por tanto todo el sentido en éste análisis.

Referencia	Nivel de evidencia***	Evaluación del sesgo de selección (criterios de inclusión) Elección inadecuada de; en los centros participantes	Evaluación del sesgo de detección		(medida de los resultados)**
			Errores sistemáticos en la medida de resultado	Errores sistemáticos en el seguimiento de desenlaces de interés	
Franklin et al 2008	2+	⊕; ⊕	⊕; ⊕	⊕; ⊕	Errores sistemáticos al establecer la presencia del desenlace de interés
Gómez-Ulloa et al 2009	2-	⊕; ⊕	⊕; ⊕	⊕; ⊕	
Bepko et al 2009	2-	⊕; ⊕	⊕; ⊕	⊕; ⊕	
G. Collado et al 2012	2-	⊕; ⊕	⊕; ⊕	⊕; ⊕	
Kasbekar 2013	ND	⊕; ND	⊕; ND	⊕; ND	
Viprey et al 2013	ND	⊕; ⊕	⊕; ⊕	⊕; ⊕	
François et al 2013	2-	⊕; ⊕	⊕; ⊕	⊕; ⊕	
Cousein et al 2013	2-	⊕; ⊕	⊕; ⊕	⊕; ⊕	
Salvador et al 2013	2-	⊕; ⊕	⊕; ⊕	⊕; ⊕	
James et al 2013	2+	⊕; ⊕	⊕; ⊕	⊕; ⊕	
Cousein et al 2014	2-	⊕; ⊕	⊕; ⊕	⊕; ⊕	
Massé et al 2014	3	⊕; ⊕	⊕; ⊕	⊕; ⊕	
Beard et al 2013	2+	⊕; ⊕	⊕; ⊕	⊕; ⊕	
Rodríguez CG 2015	2+	⊕; ⊕	⊕; ⊕	⊕; ⊕	
Berdot et al 2016	2-	⊕; ⊕	⊕; ⊕	⊕; ⊕	

\*todos los centros no tenían características propias que hicieran incurrir en algún sesgo, existiendo variabilidad en los tamaños de los centros

\*\*Las variables de medida fueron diversas tanto para efectividad como seguridad). Los resultados no fueron ni finales ni clínicos. Los seguimientos fueron, en general, bastante insuficientes

\*\*\* 2- Estudios de cohortes bien realizados, con bajo riesgo de confusión, sesgos o azar y moderada probabilidad de relación causal; 2-Cohortes o casos y controles con alto riesgo de confusión, sesgos o azar y significativa probabilidad de relación no causal (se interpreta que, aunque pueda ser causal, no hay suficiente información para aseverar causalidad); 3- Estudios no analíticos (observaciones clínicas y series de casos), ND: Información del diseño del estudio insuficiente y No Disponible para valorar suficientemente los riesgos y sesgos correspondientes a la clasificación

Referencia	Evaluación del sesgo de confusión (control de factores de confusión) Errores sistemáticos en la medida y en el ajuste del análisis estadístico de los factores pronósticos	Evaluación del sesgo de desgaste (seguimiento) Errores sistemáticos en el tiempo seguimiento o en el número de pérdidas*
Franklin et al 2008		- 2 semanas de seguimiento diferenciadas por al menos un año
Gómez-Ulloa et al 2009		- 1 semana de seguimiento
Bepko et al 2009		+ 5 meses de seguimiento
G.Collado et al 2012		+ 2 meses (considerados como período corto por parte de los autores)
Kasbekar 2013		ND. Se evalúan 1471 vs 1762 (pre-post) administraciones, pero no queda claro el tiempo de seguimiento
Viprey et al 2013		+ 6 meses de seguimiento
François et al 2013		ND
Cousein et al 2013	- **	ND. Se analizaron 28 vs 31 "rondas" (inclerto)
Salvador et al 2013		+ : año de seguimiento
James et al 2013		+ 6 semanas de seguimiento
Cousein et al 2014		+ 2-3 meses pre y post de seguimiento
Massé et al 2014		ND
Beard et al 2013		+ 2 años de seguimiento post
Rodríguez CG 2015		52 días de seguimiento. Sólo se evaluaron días entre semana
Berdot et al 2016		+ 7 años de seguimiento post

\*en ningún estudio se hace un abordaje sobre las pérdidas (horizonte temporal corto) \*\*ningún estudio hace un análisis estadístico en relación a los factores de confusión  
 ND: Información sobre el diseño del estudio insuficiente y No Disponible para poder valorar suficientemente los riesgos y sesgos correspondientes a la clasificación

Asimismo, se estudiaron los factores que permiten disminuir o incrementar la calidad de la evidencia según la perspectiva de la herramienta

	Factores que permiten bajar la calidad de la evidencia				Factores que permiten aumentar la calidad			Calidad*	Importancia	
	Diseño y riesgo de sesgos	Inconsistencias	Indirectividad	Imprecisión de los estimadores del efecto	Sesgo de publicación	Magnitud importante	Gradiente dosis-respuesta			Impacto de las variables de confusión
Franklin et al 2008	Diseño de todos los estudios: observacional.	La variabilidad de los resultados intra e inter estudios parece coherente, si bien las diferencias no se justifican en ningún documento	Toda la evidencia es directa	Los errores de dispensación no están evaluados para la robotización en pacientes ingresados. Tampoco lo están los errores de administración para la robotización en pacientes externos. La definición de casos base cambia según centro y circunstancia.	+	El porcentaje de errores es pequeño, pero los centros realizan los estudios son grandes (ver camaras en las tablas de evidencia encontrada).	No aplica	No se valora en los documentos	Alta	
Gómez-Ulloa et al 2009									Baja	
Bepko et al, 2009	Las variables recogidas en todos los estudios salvo CG son insuficientes o tienen asociadas incertidumbres para poder conocer la realidad del impacto de la robotización.				+			Baja		
G.Collado et al 2012								Media		
Viprey et al 2013					Abstract congreso			Baja		
Kasbekar 2013								Baja		
François et al 2013					Documento sin formato científico			Baja		
Cousein et al 2013								Baja		
Salvado et al 2013					Abstract congreso			Baja		
James et al 2013								Baja		
Cousein et al 2014					+			Media		
Massé et al 2014								Baja		
Beard et al 2013					Abstract congreso			Baja		
Rodríguez CG 2015								Baja		
Berdot et al 2016					+	Tesis doctoral		Alta		
								Baja		

\*Evaluación global como referencia para las variables de resultado buscadas en el estudio



Finalmente, se evaluó la revisión sistemática realizada desde la perspectiva de la herramienta de valoración de la calidad metodológica de revisiones sistemáticas AMSTAR.

Criterio	Evaluación
1. ¿El diseño se proporcionó a priori?	Sí, a través de un protocolo
2. ¿La selección de estudios y extracción de datos se realizó por pares?	Sí, por pares
3. ¿Se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva?	Sí, se utilizaron múltiples fuentes de información
4. ¿El tipo de publicación (es decir, literatura gris) se empleó como un criterio de inclusión?	Sí
5. ¿Se proporcionó una lista de estudios (incluidos y excluidos)?	Sí
6. ¿Se proporcionaron las características de los estudios incluidos?	Sí
7. ¿Se evaluó y documentó la calidad de la evidencia de los estudios incluidos?	Sí
8. ¿Se empleó de manera adecuada la calidad de la evidencia de los estudios incluidos en la formulación de conclusiones?	Sí
9. ¿Se emplearon métodos adecuados para el análisis agregado de los hallazgos de los estudios?	Sí
10. ¿Se valoró la probabilidad de sesgo de publicación?	Sí
11. ¿Se declaró la existencia de conflictos de interés?	Sí

# ANEXO 6. Exclusión de estudios de la revisión sistemática

Selección de documentos a través de la revisión con Pubmed/Medline por parte de dos revisores

Documentos seleccionados por orden cronológico de publicación	Inclusión o Motivo de exclusión en fase de resúmenes			Inclusión o exclusión en fase de lectura completa
	Criterio del revisor 1	Criterio del revisor 2	Proceso de Consenso (y decisiones si aplica)	
Bepko Jr. RJ, Moore JR, Coleman JR. Implementation of a pharmacy automation system (Robotics) to ensure medication safety at norwalk hospital. Qual.Manage.Health Care 2009;18(2):103-114	√	√	√	√
Garcia Collado C, Madrid Paredes A, Jimenez Morales A, Calleja Hernandez MA. [Improvement of the outpatient clinics after the implementation of an automated robot for delivery]. Farmacia hospitalaria : organo oficial de expresion científica de la Sociedad Espanola de Farmacia Hospitalaria 2012 2012 Nov-Dec;36(6):525-30	√	X PE Consultas externas no están incluidas	√ Revisor 2 da razón a revisor 1 de que la dispensación robotizada ocurre también en pacientes externos	√
James KL, Barlow D, Bithell A, Hiom S, Lord S, Oakley P, et al. The impact of automation on pharmacy staff experience of workplace stressors. Int.J.Pharm.Pract. 2013;21(2):105-116	√	√	√	√
Cousein E et al. Effect of automated drug distribution systems on medication error rates in a short-stay geriatric unit. J Eval Clin Pract. 2014 Oct;20(5):678-84.	√	√	√	√
Le Gonidec P et al. Performances of an automated dispensing system combined with a computerized prescription order entry. Ann Pharm Fr. 2009 Mar;67(2):84-90	√	X Análisis en entorno no hospitalario (PE)	X Revisor 1 da razón a revisor 2 (PE)	
Idzinga JC, de Jong AL, van den Bemt PM. The effect of an intervention aimed at reducing errors when administering medication through enteral feeding tubes inan institution for individuals with intellectual disability. J Intellect Disabil Res. 2009 Nov;53(11):932-8.	X Análisis de reducción de errores en administración por tubo enteral (AE)	X Análisis en entorno no hospitalario (PE)	X (AE+PE)	

Documentos seleccionados por orden cronológico de publicación	Inclusión o Motivo de exclusión en fase de resúmenes			Inclusión o exclusión en fase de lectura completa
	Criterio del revisor 1	Criterio del revisor 2	Proceso de Consenso (y decisiones si aplica)	
Bond CA et al. 2006 national clinical pharmacy services survey: clinical pharmacy services, collaborative drug management, medication errors, and pharmacy technology. <i>harmacotherapy</i> . 2008 Jan;28(1): 1-13.	X Descriptiva general de servicios de farmacia (AE)	X Intervención errónea (IE)	X (AE+IE)	
Peters BJ, Capelle MA, Arvinte T, van de Garde EM. Validation of an automated method for compounding monoclonal antibody patient doses: case studies of Avastin (bevacizumab), Remicade (infliximab) and Herceptin (trastuzumab). <i>MABs</i> 2013 Jan-Feb;5(1):162-170	X IE Evaluación de un método automatizado para administrar medicamentos	X PE	X (PE+IE)	
Rajamuthiah R, Fuchs BB, Jayamani E, Kim Y, Larkins-Ford J, Conery A, et al. Whole animal automated platform for drug discovery against multi-drug resistant staphylococcus aureus. <i>PLoS ONE</i> 2014;9/2	X IE Evaluación de una automatización animal	X IE+PE	X (PE+IE)	
Inch J, Notman F, Watson M, Green D, Baird R, Ferguson J, et al. Telepharmacy in rural Scotland: a proof of concept study. <i>Int.J.Pharm.Pract.</i> 2017 Jun;25(3):210-219	X IE Telemedicina en la Escocia Rural	X PE	X (PE+IE)	
Chen W-, Shen L-, Guan R-, Lin Wu F-. Assessment of an automatic robotic arm for dispensing of chemotherapy in a 2500-bed medical center. <i>J.Formos.Med.Assoc.</i> 2013;112(4):193-200	X Se evalúa un robot que dispensa quimioterapia (IE)	✓	X Revisor 2 da razón a revisor 1 (IE)	
Gaspar L, Reich M, Kassai Z, Macasek F, Rodrigo L, Kruzliak P, et al. Long-term quality assurance of [(18)F]-fluorodeoxyglucose (FDG) manufacturing. <i>Am.J.Nucl.Med.Mol. Imaging</i> 2016 Jul 6;6(3):154-165	X IE	X IE	X IE	
Kirschling TE, Rough SS, Ludwig BC. Determining the feasibility of robotic courier medication delivery in a hospital setting. <i>Am.J.Health-Syst. Pharm.</i> 2009;66(19):1754-1762	X IE AGV	X IE AGV	X IE	
Lee H, Ahn S, Chun W, Kim G. Enhancement of cell viability by fabrication of macroscopic 3D hydrogel scaffolds using an innovative cell-dispensing technique supplemented by preosteoblast-laden microbeads. <i>Carbohydr.Polym.</i> 2014 Apr 15;104:191-198	X IE Análisis de un macroscopio	X IE	X IE	
Lee W, Debasitis JC, Lee VK, Lee JH, Fischer K, Edminster K, et al. Multi-layered culture of human skin fibroblasts and keratinocytes through three-dimensional freeform fabrication. <i>Biomaterials</i> 2009 Mar;30(8):1587-1595	X IE Análisis de microcultivos	X IE	X IE	

Documentos seleccionados por orden cronológico de publicación	Inclusión o Motivo de exclusión en fase de resúmenes			Inclusión o exclusión en fase de lectura completa
	Criterio del revisor 1	Criterio del revisor 2	Proceso de Consenso (y decisiones si aplica)	
Ling XB. High throughput screening informatics. Comb.Chem. High Throughput Screen. 2008 Mar;11(3):249-257	X IE Análisis de cribados	X IE	X IE	
Meller RD, Pazour JA, Thomas LM, Mason SJ, Root SE, Churchill WW. Third-party repackaging in hospital pharmacy unit dose acquisition. Am.J.Health-Syst.Pharm. 2010;67(13):1108-1114	X IE Análisis sobre una encuesta sobre máquinas re-empaqueta-doras	X IE	X IE	
Summerfield MR, Seagull FJ, Vaidya N, Xiao Y. Use of pharmacy delivery robots in intensive care units. Am.J.Health-Syst.Pharm. 2011;68(1):77-83	√	X IE	X IE Revisor 1 da razón a revisor 2	
Yaniv AW, Knoer SJ. Implementation of an i.v.-compounding robot in a hospital-based cancer center pharmacy. Am.J.Health-Syst.Pharm. 2013;70(22):2030-2037	X IE Análisis de un robot para administración intravenosa	√	X IE Revisor 2 da razón a revisor1	
Tsao NW et al. Decentralized automated dispensing devices: systematic review of clinical and economic impacts in hospitals. Can J Hosp Pharm. 2014 Mar;67(2):138-48. Review.	X Foco en sistemas automatizados descentralizados (IE)	√	X Se añadió la consideración de la exclusión de los sistemas automatizados descentralizados de forma explícita como criterio final utilizado (IE)	
Lazaro P et al. Share experiment: hospital mobile pharmaceutical teams, a proven concept!. Ann Pharm Fr. 2013 Sep;71(5):364-8	X Foco en sistemas automatizados descentralizados (IE)	√	X Se añadió la consideración de la exclusión de los sistemas automatizados descentralizados de forma explícita como criterio final utilizado (IE)	
Brouard A, Fagon JY, Daniels CE. Analysis of the medication-use process in North American hospital systems: underlining key points for adoption to improve patient safety in French hospitals. Stud.Health Technol.Inform. 2011;166:148-155	√	√	√	X No se encontró información de interés
Crane J, Crane FG. Preventing medication errors in hospitals through a systems approach and technological innovation: a prescription for 2010. Hosp.Top. 2006;84(4):3-8	√	√	√	X No se encontró información de interés

Documentos seleccionados por orden cronológico de publicación	Inclusión o Motivo de exclusión en fase de resúmenes			Inclusión o exclusión en fase de lectura completa
	Criterio del revisor 1	Criterio del revisor 2	Proceso de Consenso (y decisiones si aplica)	
Fox BI, Pedersen CA, Gumpfer KF. ASHP national survey on informatics: Assessment of the adoption and use of pharmacy informatics in U.S. hospitals-2013. Am.J.Health-Syst. Pharm. 2015;72(8):636-655	X IE Análisis de una encuesta sobre informática	√	√ Se decide que puede haber algún dato de interés en la encuesta	X No se encontró información de interés
Alsultan MS et al. Hospital pharmacy practice in Saudi Arabia: Dispensing and administration in the Riyadh region. Saudi Pharm J. 2012 Oct;20(4):307-15.	X Estudio descriptivo, no se compara	X Estudio descriptivo, no se compara (AE)	√ A pesar de las opiniones previas, se decide incluir porque puede haber información adicional de interés en una lectura completa	X No se encontró información adicional de interés
Pedersen CA et al. ASHP national survey of pharmacy practice in hospital settings: dispensing and administration--2011. Am J Health Syst Pharm. 2012 May 1;69(9):768-85.	X Descriptiva equipamientos SADme, no se evalúa (AE)	√	√ Se decide incluir porque puede haber información adicional de interés en una lectura completa	X No se encontró información adicional de interés
Reynolds M et al. Using discrete event simulation to design a more efficient hospital pharmacy for outpatients. Health Care Manag Sci. 2011 Sep;14(3):223-36	√	X Se evalúan las habilidades del personal (AE)	√ Se decide incluir porque puede haber información adicional de interés en una lectura completa	X No se encontró información de interés
Alvarez Díaz AM et al. New technologies applied to the medication-dispensing process, error analysis and contributing factors. Farm Hosp. 2010 Mar-Apr;34(2):59-67.	√	√	√	X No se encontró información de interés
Kirschling TE, Rough SS, Ludwig BC. Testing of robotic medication-delivery systems. Am.J.Health-Syst. Pharm. 2010;67(6).	√	√	√	X No se encontró información de interés
Pedersen CA, Schneider PJ, Scheckelhoff DJ. ASHP national survey of pharmacy practice in hospital settings: Dispensing and administration - 2008. Am.J.Health-Syst.Pharm. 2009;66(10):926-946	√	√	√	X No se encontró información de interés

Documentos seleccionados por orden cronológico de publicación	Inclusión o Motivo de exclusión en fase de resúmenes			Inclusión o exclusión en fase de lectura completa
	Criterio del revisor 1	Criterio del revisor 2	Proceso de Consenso (y decisiones si aplica)	
Pedersen CA, Schneider PJ, Scheckelhoff DJ. ASHP national survey of pharmacy practice in hospital settings: Dispensing and administration - 2005. Am.J.Health-Syst.Pharm. 2006;63(4):327-345	√	√	√	X No se encontró información de interés
Pedersen CA, Gumpfer KF. ASHP national survey on informatics: Assessment of the adoption and use of pharmacy informatics in US hospitals-2007. American Journal of Health-System Pharmacy 2008 DEC 1 2008;65(23):2244-2264	√	√	√	X No se encontró información de interés
Zini A. Update on robotic medication-delivery system. Am.J.Health-Syst.Pharm. 2009;66(22).	√	√	√	X No se encontró información de interés

AE: Análisis erróneo; IE: Intervención errónea; OE: Outcome erróneo; PE: Población errónea



# ANEXO 7. Algoritmos de búsqueda

Fuente	Algoritmo											
<b>Pubmed</b>	<table border="1"> <tr> <td>#1</td> <td>dispens* OR (Automatic Data Processing"[Mesh] OR "Medication Systems, Hospital"[Mesh] OR "automated dispensing" OR "automated drug distribution" OR "automatic dispensing" OR "automated dose dispensing" OR "automated multi-dose drug dispensing" OR "automated medication dispensing"</td> <td rowspan="5">33</td> </tr> <tr> <td>#2</td> <td>robot*[tiab] OR robotics[mesh]</td> </tr> <tr> <td>#3</td> <td>drug OR drugs OR medicat* OR pharmac*</td> </tr> <tr> <td>#4</td> <td>hospital*</td> </tr> <tr> <td>#5</td> <td>#1 AND #2 AND #3 AND #4</td> </tr> </table> <p>Filtros adicionales: Publication date from 2006/01/01 to 2017/12/31; Catalan; English; French; Spanish</p>	#1	dispens* OR (Automatic Data Processing"[Mesh] OR "Medication Systems, Hospital"[Mesh] OR "automated dispensing" OR "automated drug distribution" OR "automatic dispensing" OR "automated dose dispensing" OR "automated multi-dose drug dispensing" OR "automated medication dispensing"	33	#2	robot*[tiab] OR robotics[mesh]	#3	drug OR drugs OR medicat* OR pharmac*	#4	hospital*	#5	#1 AND #2 AND #3 AND #4
#1	dispens* OR (Automatic Data Processing"[Mesh] OR "Medication Systems, Hospital"[Mesh] OR "automated dispensing" OR "automated drug distribution" OR "automatic dispensing" OR "automated dose dispensing" OR "automated multi-dose drug dispensing" OR "automated medication dispensing"	33										
#2	robot*[tiab] OR robotics[mesh]											
#3	drug OR drugs OR medicat* OR pharmac*											
#4	hospital*											
#5	#1 AND #2 AND #3 AND #4											
<b>Scopus</b>	<table border="1"> <tr> <td>#1</td> <td>dispens* OR (automat* W/2 Data NEAR/2 Process*) OR (Medication NEAR/2 System* NEAR/2 Hospital*) OR (automat* NEAR/2 dispens*) OR (automat* NEAR/2 drug* NEAR/2 distribut*) OR (automat* NEAR/2 dispens*) OR (automat* NEAR/2 dose* NEAR/2 dispens*) OR (automat* multi-dose* NEAR/2 drug* NEAR/2 dispens*) OR (automat* NEAR/2 medication* NEAR/2 dispens*)</td> <td rowspan="5">37</td> </tr> <tr> <td>#2</td> <td>robot* OR robotics</td> </tr> <tr> <td>#3</td> <td>drug OR drugs OR medicat* OR pharmac*</td> </tr> <tr> <td>#4</td> <td>hospital*</td> </tr> <tr> <td>#5</td> <td>#1 AND #2 AND #3 AND #4</td> </tr> </table> <p>Filtros adicionales: Refinado por: Idiomas: ( ENGLISH OR SPANISH OR FRENCH ) Período de tiempo: 2006-2017. Idioma de búsqueda=Auto</p>	#1	dispens* OR (automat* W/2 Data NEAR/2 Process*) OR (Medication NEAR/2 System* NEAR/2 Hospital*) OR (automat* NEAR/2 dispens*) OR (automat* NEAR/2 drug* NEAR/2 distribut*) OR (automat* NEAR/2 dispens*) OR (automat* NEAR/2 dose* NEAR/2 dispens*) OR (automat* multi-dose* NEAR/2 drug* NEAR/2 dispens*) OR (automat* NEAR/2 medication* NEAR/2 dispens*)	37	#2	robot* OR robotics	#3	drug OR drugs OR medicat* OR pharmac*	#4	hospital*	#5	#1 AND #2 AND #3 AND #4
#1	dispens* OR (automat* W/2 Data NEAR/2 Process*) OR (Medication NEAR/2 System* NEAR/2 Hospital*) OR (automat* NEAR/2 dispens*) OR (automat* NEAR/2 drug* NEAR/2 distribut*) OR (automat* NEAR/2 dispens*) OR (automat* NEAR/2 dose* NEAR/2 dispens*) OR (automat* multi-dose* NEAR/2 drug* NEAR/2 dispens*) OR (automat* NEAR/2 medication* NEAR/2 dispens*)	37										
#2	robot* OR robotics											
#3	drug OR drugs OR medicat* OR pharmac*											
#4	hospital*											
#5	#1 AND #2 AND #3 AND #4											
<b>Web of Science</b>	<table border="1"> <tr> <td>#1</td> <td>dispens* OR (automat* W/2 Data W/2 Process*) OR (Medication W/2 System* W/2 Hospital*) OR (automat* W/2 dispens*) OR (automat* W/2 drug* W/2 distribut*) OR (automat* W/2 dispens*) OR (automat* W/2 dose* W/2 dispens*) OR (automat* multi-dose* W/2 drug* W/2 dispens*) OR (automat* W/2 medication* W/2 dispens*)</td> <td rowspan="5">51</td> </tr> <tr> <td>#2</td> <td>(robot* OR robotics)</td> </tr> <tr> <td>#3</td> <td>(drug OR drugs OR medicat* OR pharmac*)</td> </tr> <tr> <td>#4</td> <td>(hospital*)</td> </tr> <tr> <td>#5</td> <td>#1 AND #2 AND #3 AND #4</td> </tr> </table> <p>Filtros adicionales: (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2015) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2014) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2013) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2012) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2011) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2010) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2009) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2008) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2007) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2006)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE, "French") OR LIMIT-TO (LANGUAGE, "Spanish"))</p>	#1	dispens* OR (automat* W/2 Data W/2 Process*) OR (Medication W/2 System* W/2 Hospital*) OR (automat* W/2 dispens*) OR (automat* W/2 drug* W/2 distribut*) OR (automat* W/2 dispens*) OR (automat* W/2 dose* W/2 dispens*) OR (automat* multi-dose* W/2 drug* W/2 dispens*) OR (automat* W/2 medication* W/2 dispens*)	51	#2	(robot* OR robotics)	#3	(drug OR drugs OR medicat* OR pharmac*)	#4	(hospital*)	#5	#1 AND #2 AND #3 AND #4
#1	dispens* OR (automat* W/2 Data W/2 Process*) OR (Medication W/2 System* W/2 Hospital*) OR (automat* W/2 dispens*) OR (automat* W/2 drug* W/2 distribut*) OR (automat* W/2 dispens*) OR (automat* W/2 dose* W/2 dispens*) OR (automat* multi-dose* W/2 drug* W/2 dispens*) OR (automat* W/2 medication* W/2 dispens*)	51										
#2	(robot* OR robotics)											
#3	(drug OR drugs OR medicat* OR pharmac*)											
#4	(hospital*)											
#5	#1 AND #2 AND #3 AND #4											
<b>CRD</b>	0 resultados para hospital dispensing errors automated											
<b>Trip Database</b>	31 resultados para hospital dispensing errors automated 0 al leer los títulos (todos asociados a la evaluación clínica, no a la robotización de la farmacia)											
<b>Cochrane Library</b>	4 resultados para hospital dispensing errors automated 0 cuando se incorpora la robotizada											

Fuente	Algoritmo
<b>Conceptos en motores generales de búsqueda</b>	Búsquedas principales: robot "farmacia hospitalaria" filetype:pdf Búsquedas principales: "sistema robotizado" "farmacia hospitalaria" filetype:pdf 5 documentos seleccionados
<b>Literatura gris</b>	Buscador del EJHP*: 60 resultados de: robot dispensing error

EJHP: European Journal of Hospital Pharmacy. CRD: Centre of reviews and dissemination

# ANEXO 8. Pre-Post en las necesidades de recursos humanos de farmacia hospitalaria

Los robots, como se ha comentado a lo largo de todo el informe, permiten, no sólo reubicar y optimizar las tareas de los farmacéuticos a aquellas con un valor añadido, sino también lidiar con las tareas automatizables en un contexto de aumento de la demanda. Cuando en las recomendaciones de éste informe se apela a la conveniencia según “grandes necesidades de mejora” en gestión de recursos humanos se corresponde a si el tipo de incrementos de la demanda que se muestran en la siguiente tabla no se corresponden con aumentos de recursos disponibles. Es relevante a la hora de hacer el análisis para un centro específico, no hacer un mero análisis pre-post de farmacéuticos, sino al menos separar entre las necesidades para pacientes ingresados y externos. Asimismo, si el centro ha adquirido o modificado competencias, ello no debería sesgar el análisis comentado.

Ejemplos del crecimiento de la demanada en pacientes externos en hospitales del Sistema Nacional de Salud

Hospital	Variable	Evolución
<b>Gregorio Marañón de Madrid</b>	Número de pacientes externos atendidos	2.696 (2000) a 6.930 (2011) (+14% anual)
<b>Cruces de Bilbao</b>	Número de pacientes externos atendidos	2.481 (2004) a 4.500 (2016) (+7% anual)
<b>Complejo Hospitalario de Salamanca</b>	Dispensaciones a pacientes externos	42.743 (2014) a 53.429 (2016) (+12,5% anual)
<b>Virgen de la Arrixaca de Murcia</b>	Número de pacientes externos atendidos	alrededor de 5.000 (2008) a alrededor de 10.000 (2016) (+12,5% anual)
<b>Virgen de la Macarena de Sevilla</b>	Número de pacientes externos atendidos	5.069 (2013) a 6.626 (2015) (+15% anual)
<b>Complejo Hospitalario Navarra</b>	Número de pacientes externos atendidos Dispensaciones a pacientes externos	5.720 (2015) a 6.675 (+17% anual) 27.559 (2015) a 31.750 (+15% anual)

Fuente: elaboración propia con informes o memorias de hospitales, tesis doctorales o datos de entrevistas



# REFERENCIAS

- 1 SEFH. Informe de alegaciones de la Sociedad Española de Farmacia Hospitalaria al Proyecto de Resolución de la Dirección General de Cartera Básica de Servicios del Sistema Nacional de Salud y Farmacia, por la que se procede a modificar las condiciones de financiación de medicamentos incluidos en la prescripción farmacéutica del Sistema Nacional de Salud mediante la asignación de aportación del usuario. 20 diciembre de 2012.
- 2 Thessaloniki K. General introduction and the use of automated picking systems for packages and unit dose systems. 21 April 2012. Klinik Apotheke
- 3 Alvarez Díaz AM et al. New technologies applied to the medication-dispensing process, error analysis and contributing factors. *Farm Hosp.* 2010 Mar-Apr;34(2):59-67.
- 4 Sanjurjo M. Gestión Hospitalaria: de la teoría a la práctica. Cursos de verano. Innovaciones en gestión de servicios de salud: mejora de la calidad. 2008.
- 5 Shack & Tulloch. ROI series. The medical center at bowling green. Re-Engineers its Pharmacy with Automation Technologies, Re-Energizes Patients Safety.
- 6 Bonafont X. Gestión en farmacia hospitalaria. Universitat Oberta de Catalunya
- 7 Marzal B. Eficiencia de la dosis unitaria automatizada versus convencional. 55 congreso SEFH. 2010
- 8 McCarthy's introduction to HealthCare Delivery: A premier for pharmacists. 2017.
- 9 Poon EG. et al. Effect of Bar-Code Technology on the Safety of Medication Administration *NEJM* 2010; 362: 1698-1707
- 10 Agrawal A. Medication errors: prevention using information technology systems. *Br J Clin Pharmacol.* 2009 Jun; 67(6): 681-686.
- 11 Bates D et al. Effect of computerized physician order entry and a team intervention on prevention of serious medication errors. *JAMA* 1998; 280 (15): 1311-1316
- 12 Instituto para el Uso Seguro de Medicamentos. Grupo Ruiz-Jarabo

2000. Clasificación de los errores de medicación (versión 2). Mayo 2008
- 13 Vicente E et al. Errores de medicación en pacientes externos.294. Congreso SEFH 2008
  - 14 Lacasa C. Et al. EstudioMulticéntrico español para la Prevención de Errores de Medicación. Resultados de cuatro años (2007-2011). Farm Hosp 2012; 36 (5): 356-67
  - 15 Plan Nacional para el Sistema Nacional de Salud. Estudio Nacional sobre los Efectos Adversos ligados a la Hospitalización. ENEAS 2005. Informe. Febrero 2006.
  - 16 Pastó-Cardona L et al. Incident study of medication errors in drug use processes: prescription, transcription, validation, preparation, dispensing, and administering in the hospital environment. Farm Hosp. 2009;33(5):257-68
  - 17 Shah K et al. Bar Code Medication Administration Technology: A Systematic Review of Impact on Patient Safety When Used with Computerized Prescriber Order Entry and Automated Dispensing Devices. Can J Hosp Pharm. 2016 Sep-Oct; 69(5): 394–402.
  - 18 Rottenkolber D et al. Costs of adverse drug events in german hospitals- a microcosting study. Value Health 2012; 15(6):868-75.
  - 19 Plan de Calidad para el Sistema Nacional de Salud. Revisión bibliográfica sobre trabajos de costes de la “no seguridad del paciente” en administración de medicamentos. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo; 2008
  - 20 García Collado C et al. Mejoras en las consultas de pacientes externos tras la implantación de un robot automático de dispensación. Farm Hosp. 2012;36(6) :525-530
  - 21 Web del Hospital Universitario La Paz. Los hospitales La Paz y Gregorio Marañón a la vanguardia de la Farmacia del siglo XXI. Noticias años anteriores (26/5/2014).
  - 22 Servicio de mantenimiento del robot de dispensación de pacientes externos APOSTORE del Hospital Universitario de Son Espases (num. De inventario 10055224)
  - 23 España-Alcalá de Henares: Servicios de reparación y mantenimiento de equipo médico y de precisión 2015/S 190-344385.Anuncio de licitación

- 24 Gómez-Ulloa D et al. Estudio del uso y la eficiencia de un sistema robotizado en el área de dispensación ambulatoria. 54 Congreso Nacional de la SEFH.
- 25 Paradela Carreiro A et al. Utilización de un sistema robotizado (Rowa V-Max) en la automatización de la reposición de botiquines de planta. Farmacia Hospitalaria. Volumen 37. Suplemento 1-2013
- 26 Paradela Carreiro A et al. Garantía de calidad en un proceso de re-ensado de medicamentos robotizado. 792. 56 congreso de Farmacia Hospitalaria. 2011
- 27 Ramos E et al. Lo que opina el paciente importa. Congreso SAFH 20-22 abril Granada 2016.
- 28 Salvador P. Trazabilidad en la administración de la medicación a paciente ingresado. Grupo TECNO SEFH. Módulo VI : Barcelona, 24 de Enero de 2013
- 29 Ine.es. Local. Las Cuencas. La farmacia del siglo XXI. El hospital de Mieres, que dispensa un millar de medicamentos al día, tiene un sistema robotizado que hace casi imposible equivocarse en el tratamiento. 6.10.2016.
- 30 Rodríguez CG. Modelo de excelencia en la atención farmacéutica especializada al paciente crónico en el ámbito hospitalario. Memoria para optar al grado de doctora. Madrid, 2015
- 31 SEFH. Informe sobre la situación de los servicios de farmacia hospitalaria en España: infraestructura, recursos y actividades. 2015
- 32 Beard R et al. Integrated electronic prescribing and robotic dispensing: a case study. Beard and Smith SpringerPlus 2013 2;295. (Artículo asociado a las siguientes referencias adicionales: (a) Linking integrated electronic prescribing and robotic dispensing: Identifying benefits at ward level. Euro.J.Hosp.Pharm.Sci.Pra. 2014;21(1):65-68 y a (b) Supplemented by data at 14 February on-line article at Hospital Pharmacy Europe website (e-Prescribing and robotic dispensing: part I)
- 33 Colquhoun A. Could automation improve efficiency and help pharmacies with cost saving? The Pharmaceutical Journal. 20 November 2010 (Vol 285)
- 34 Garriga J. Sistema de almacén y dispensación robotizada de productos farmacéuticos. Vic, Junio. 2008. Proyecto final de Carrera.

- 35 Helmons PJ et al. Effects of a direct refill program for automated dispensing cabinets on medication-refill errors. *Am J Health Syst Pharm*. 2012 Oct 1;69(19):1659-64.
- 36 Puñal-Riobóo J et al. Red Española de Agencias de Evaluación de Tecnologías Sanitarias y Prestaciones del SNS. Agencia Gallega para la Gestión del Conocimiento en Salud. Unidad de Asesoramiento Científico-técnico, avalia-t; 2016.
- 37 Systematic Reviews. CRD's guidance for undertaking reviews in health care. January 2009.
- 38 NICE. Appendix B Methodology checklist: systematic reviews and meta-analyses. The social care guidance manual. Process and methods [PMG10]. Last updated: April 2013.
- 39 Urrutia G, Bonfill X. PRISMA declaration: a proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses. *Med Clin* 2010 Oct 9; 135 (11): 507-11
- 40 López-Bastida J et al. Spanish recommendations on economic evaluation of health technologies. *Eur J Health Econ*. 2010 Oct;11(5):513-20
- 41 Anuncio de adjudicación. Hospital de Cruces. Mantenimiento de sistema automatizado de dispensación de medicamentos robot Rowa del Servicio de Farmacia. Expediente G/202/11/1/0503/O661/0000/022015
- 42 Acobur. Resumen del día 7/5/2013. Anuncios de adjudicación. Complejo Hospitalario Universitario de Vigo. Servicio de mantenimiento integral del robot ARX-rOWA y su software, con los accesorios 1 Prolog y 1 cámara frigorífica
- 43 Primer conveni col·lectiu de treball dels hospitals d'aguts, centres d'atenció primària, centres sociosanitaris i centres de salut mental, concertats amb el servei català de la salut. Entra en vigor el 1 de maig de 2015
- 44 García A. CIM. El computador en la automatización de la producción. Ediciones de la Universidad de Castilla La Mancha. 2007.
- 45 François O et al. DSL-003. Automation of drug distribution: impact on error rate and distribution speed. *Eur J Hosp Pharm* 2013
- 46 James KL et al. The impact of automation on workload and dispensing errors in a hospital pharmacy. *Int J Pharm Pract* 2013;21(2):92-104
- 47 Gómez-Ulloa D et al. Estudio del uso y la eficiencia de un sistema ro-

botizado en el área de dispensación ambulatoria. Congreso SEFH. Zaragoza, 25 septiembre 2009

- 48 Cousein E et al. Effect of automated drug distribution systems on medication error rates in a short-stay geriatric unit. *J Eval Clin Pract*. 2014 Oct; 20(5): 678–684.
- 49 Cousein E et al. Drug Distribution Systems: effect on medication error rates and cost of safety in a geriatric short stay unit. GRP-053. *Eur J Hosp Pharm* 2013;20(Suppl 1):A1–238.
- 50 Kasbekar N. PillPick and Boxpicker from Swisslog. *Pharmacy Purchasing and Products*, Vol. 10, July 2013, p. 40.
- 51 Franklin BD et al. An evaluation of two automated dispensing machines in UK hospital pharmacy. *Int J Pharm Pract* 2008;16:47-53
- 52 Viprey et al. The effect of a robotic unit dose drug dispensing system on medicines administration errors and the cost of drug dispensing. TCH-047. *Eur J Hosp Pharm* 2013;20(Suppl 1):A1–238
- 53 Bepko Jr. RJ, Moore JR, Coleman JR. Implementation of a pharmacy automation system (Robotics) to ensure medication safety at norwalk hospital. *Qual.Manage.Health Care* 2009;18(2):103-114
- 54 Massé C et al. DD-014 Study of the reduction in the rate of dispensing errors following the installation of an automated delivery robot. Vol 21; Issue Supl 1
- 55 Berdot S et al. Return on Investment after Implementation of a Centralized Automated Storage System in a Hospital Pharmacy. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 4 (2016) 526-532
- 56 Van Der Meer R et al. Early-stage experiences of the implementation of a large-scale robotic storage and distribution system in a hospital pharmacy service within a large UK health authority.
- 57 Slee A, Farrar K, Hughes D. Implementing an automated dispensing system. *Pharm J* 2002;268(7191):437-8 (referencias cruzadas)
- 58 Barrett M, Oborn E, Orlikowski WJ, Yates J. Reconfiguring boundary relations: Robotic innovations in pharmacy work. *Organ.Sci.* 2012;23(5):1448-1466
- 59 Datos del contrato. SERGAS. Traslado e Instalación de dos Robots de la marca Rowa, emplazados en el Hospital Xeral al Hospital Alvaro

Cunqueiro. Expediente NB-EIV1-15-019.

- 60 Pliego de prescripciones técnicas que habrá de regir la contratación de validación de un servicio integral, de promoción y seguimiento de la adherencia para pacientes ancianos en atención terapéutica desde la unidad fármaco-terapéutica de pacientes externos del Hospital Universitario Miguel Servet de Zaragoza, mediante procedimiento abierto num. 11 HMS/17, con varios criterios de adjudicación.
- 61 Thokala P et al. Multiple Criteria Decision Analysis for Health Care Decision Making — An Introduction: Report 1 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force. *Value in Health* 19 (2016). 1-13.
- 62 Golan O et al. Health technology prioritization: which criteria for prioritizing new technologies and what are their relative weights? *Health Policy*. 2011 Oct;102(2-3):126-35
- 63 Otero M. et al. 2.14. Errores de Medicación. Biblioteca Virtual de la SEFH
- 64 Zapatero A et al. Acontecimientos adversos causados por medicamentos en pacientes ingresados en medicina interna. *Rev Clin Esp* 2010;210:263-9
- 65 Otero M et al. Acontecimientos adversos prevenibles causados por medicamentos en pacientes hospitalizados. *Med Clin (Barc)*.2006;126(3):81-7
- 66 Allué N et al. Impacto económico de los eventos adversos en los hospitales españoles a partir del Conjunto Mínimo Básico de Datos. *Gac Sanit* vol.28 no.1 Barcelona ene./feb. 2014
- 67 Antoñanzas F. Aproximación a los costes de la no seguridad en el Sistema Nacional de Salud. *Rev Esp Salud Pública* 87 (3). 2013.
- 68 Estrategia de seguridad del Paciente del Sistema Nacional de Salud. Período 2015-2020. MSSSI. 2016
- 69 François O et al. DSL-003. Automation of drug distribution: impact on error rate and distribution speed. *Eur J Hosp Pharm* 2013
- 70 James KL et al. The impact of automation on workload and dispensing errors in a hospital pharmacy. *Int J Pharm Pract* 2013;21(2):92-104
- 71 Gómez-Ulloa D et al. Estudio del uso y la eficiencia de un sistema robotizado en el área de dispensación ambulatoria. Congreso SEFH. Zaragoza, 25 septiembre 2009

- 72 Cousein E et al. Effect of automated drug distribution systems on medication error rates in a short-stay geriatric unit. *J Eval Clin Pract.* 2014 Oct; 20(5): 678–684.
- 73 Cousein E et al. Drug Distribution Systems: effect on medication error rates and cost of safety in a geriatric short stay unit. GRP-053. *Eur J Hosp Pharm* 2013;20(Suppl 1):A1–238.
- 74 Kasbekar N. PillPick and Boxpicker from Swisslog. *Pharmacy Purchasing and Products*, Vol. 10, July 2013, p. 40.

