

Análisis de la eficacia y seguridad de un sistema RFID para la identificación y seguimiento (trazabilidad) de pacientes en hospitales

Analysis of the sefficacy and safety of an RFID system for the identification and monitoring (traceability) of patients in hospitals

INFORMES, ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN

INFORMES DE EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS SANITARIAS



RED ESPAÑOLA DE AGENCIAS DE EVALUACIÓN
DE TECNOLOGÍAS Y PRESTACIONES DEL SISTEMA NACIONAL DE SALUD



Dirección General
de Infraestructuras Sanitarias
SERVICIO MADRILEÑO DE SALUD

Análisis de la eficacia y seguridad de un sistema RFID para la identificación y seguimiento (trazabilidad) de pacientes en hospitales

Analysis of the efficacy and
safety of an RFID system for the
identification and monitoring
(traceability) of patients in
hospitals

INFORMES, ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN

INFORMES DE EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS SANITARIAS

Análisis de la eficacia y seguridad de un sistema RFID para la identificación y seguimiento (trazabilidad) de pacientes en hospitales. Analysis of the safety and efficiency of an RFID system for the identification and monitoring (traceability) of patients in hospitals. Guadalupe Alemán Vega, María Martínez Pérez, Blanca Novella Arribas Madrid. Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. Unidad de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de la Comunidad de Madrid. 2017

1 Archivo PDF- (Informes, Estudios e investigación).

NIPO: 731-18-039-0

Dirección Técnica: Paloma Arriola Bolado

Autor: Guadalupe Alemán Vega; María Martínez Pérez; Blanca Novella Arribas.

Coordinación y gestión del proyecto: Unidad de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de la Comunidad de Madrid.

Apoyo y gestión documental: Olga Reillo

Revisión Externa: Ana Herranz; Francisco Rodríguez Salvanés

Este documento ha sido realizado por la Unidad de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de la Comunidad de Madrid en el marco de la financiación del Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social 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.

Para citar este informe: Alemán Vega G; Martínez Pérez M; Novella Arribas B. Análisis de la seguridad y eficiencia de un sistema RFID para la identificación y seguimiento (trazabilidad) de pacientes en hospitales. Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. Unidad de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de la Comunidad de Madrid. 2018

Este documento puede ser reproducido en todo o en parte, por cualquier medio, siempre que se cite explícitamente su procedencia.

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

Fecha de edición:

Edita: el Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social
Unidad de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de la Comunidad de Madrid. D. G. de Planificación, Investigación y Formación.

NIPO: 731-18-039-0

Contacto: sgtis@salud.madrid.org



Análisis de la eficacia y seguridad de un sistema RFID para la identificación y seguimiento (trazabilidad) de pacientes en hospitales

Analysis of the efficacy and safety of an RFID system for the identification and monitoring (traceability) of patients in hospitals

Declaración de intereses

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

Lista de abreviaturas y acrónimos

ACROBAT-NRSi: A Cochrane Risk Of Bias Assessment Tool: for Non-Randomized Studies of Interventions
AMSTAR: Assessing the Methodological Quality of Systematic Reviews (Evaluación de la calidad metodológica de las revisiones sistemáticas)
BCMA: bar code medication administration (componentes de administración de medicamentos con códigos de barras)
CASPe: Critical Appraisal Skills Programme (Programa de habilidades en lectura crítica)
EM: electromagnética
GHz: gigahertz (gigahercio)
GRADE: Grading the Quality of Evidence and the Assessment of Recommendations (Calificación de la calidad de la evidencia y la evaluación de las recomendaciones)
HTA: Health Technology Assessment (Evaluación de Tecnología de Salud)
IR: Infrarrojos
KHz: kilohertz (kilohercio)
LVQ: lista de verificación quirúrgica
MHz: megahertz (megahercio)
NFC: near field communication (comunicación cerca de un campo)
OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OMS: Organización Mundial de la Salud
PAMS: Patient Advancement Monitoring System (Sistema de monitorización de avance del paciente)
PICOD: Población, Intervención, Comparación, Resultados/Outcomes y diseño de los estudios
RTLS: Real Time Locating System (Sistema de Localización en tiempo real)
RFID: Radio Frequency Identification (Identificación por radiofrecuencia)
SNS: Sistema Nacional de Salud
UHF: ultra alta frecuencia
Wi-Fi: Wireless Fidelity

Índice

Resumen	9
Summary	11
Justificación	13
Alcance y Objetivos	15
Introducción	17
Descripción de la tecnología.....	17
Arquitectura del RFID	19
Eficacia.....	22
Seguridad.....	23
Ética y Legalidad	24
Limitaciones	24
Situación de comercialización en España	27
Utilización de RFID en Salud.....	29
Metodología	33
Tipo de estudio	33
Búsqueda.....	33
Criterios de selección	33
Extracción de datos	36
Evaluación de la Calidad Metodológica.....	37
Tipos de Sesgos	37
Síntesis de los Resultados.....	38
Resultados	41
Descripción de la evidencia disponible.....	41
Resultados de la búsqueda	41
Descripción de los estudios incluidos	43

Discusión	65
Eficacia.....	65
Seguridad.....	66
Encuesta de Satisfacción	67
Ética.....	68
Limitaciones	69
Lagunas de Conocimiento.....	69
Conclusiones	71
Anexos	73
Anexo Nº I . Estrategia de la búsqueda bibliográfica	73
Anexo Nº II. Bibliografía clasificada según motivos de inclusión/exclusión	76
Anexo Nº III. Herramienta de valoración de la calidad metodológica de revisiones sistemáticas AMSTAR	89
Anexo Nº IV . Características de los estudios incluidos	92
Eficacia.....	92
Seguridad.....	95
Referencias	97

Resumen

Introducción: La tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos que utiliza ondas radiales para identificar de manera automática a personas u objetos. Ha sido implementada en una amplia variedad de industrias, siendo el sector sanitario uno de ellos. La trazabilidad de pacientes en ambientes intrahospitalarios es uno de los contextos de aplicación, donde RFID podría garantizar la transparencia en el flujo de personas.

Objetivo: Evaluar eficacia y seguridad de la radiofrecuencia para la identificación de pacientes en el ámbito intrahospitalarios, desde la zona de Urgencias a cualquier unidad de hospitalización.

Material y método: Se realizó una revisión sistemática de la literatura consultando en las principales bases de datos biomédicas: páginas web de Agencias y Unidades de Evaluación de Tecnologías Sanitarias nacionales e internacionales y POP Database (EUnetHTA) hasta octubre 2017.

Se establecieron alertas en MedLine (mediante Pubmed) con el objetivo de identificar documentos publicados desde que se finalizó la búsqueda bibliográfica hasta la terminación del informe (diciembre 2017).

Se realizó la lectura crítica y valoración del riesgo de sesgos de los estudios incluidos, así como una síntesis cualitativa de los resultados.

RESULTADOS: Se localizaron 134 referencias (43 en OVID-MEDLINE, 25 en PUBMED, 30 en EMBASE, 1 en HTA (Health Technology Assessment), 9 en The Cochrane, 25 de búsqueda manual y 1 con las alertas establecidas). Finalmente, se incluyeron 8 artículos.

En términos de eficacia, todos los estudios encontrados demuestran disminución de los tiempos de trabajo tras implementar el sistema RFID, ahorro de tiempo tanto en la administración de medicación como de la trazabilidad de las transfusiones sanguíneas, e incluso parece que es muy preciso en la localización de personas, tanto de pacientes como personal sanitario.

En cuestión de seguridad, los estudios objetivan una disminución del número de errores en la identificación y administración de medicación. Y respecto a los problemas éticos asociados a esta tecnología, no se encontró ningún artículo científico.

Conclusiones: No existen ensayos clínicos ni revisiones sistemáticas con estudios cuantitativos de una calidad aceptable.

En el caso del rastreo de pacientes con RFID en hospitales puede ser beneficioso en ahorros de tiempo invertido en los procedimientos de seguimiento de pacientes, y en la minimización de los errores humanos, pero las limitaciones encontradas en el estudio de la evidencia científica, impide en este momento hacer una recomendación de uso no protocolizado de esta tecnología.

Por ello, es necesario realizar nuevas investigaciones y desarrollar sistemas que resuelvan el lugar de la RFID en el seguimiento de pacientes hospitalizados.

Summary

Background/Introduction : Radio frequency identification (RFID) technology is a remote data storage and retrieval system that uses radio waves to automatically identify people or objects. It has been implemented in a wide variety of industries, with the health sector being one of them. The traceability of patients in hospital settings is one of the application contexts, where RFID could guarantee transparency in the flow of people.

Objective: To evaluate the efficacy and safety of radiofrequency for the identification of patients in the hospital setting, from the emergency area to any hospitalization unit..

Methods: A systematic review of the literature was performed by consulting the main biomedical data bases: web pages of national and international Health Technology Assessment Agencies and Units and POP Database (EU-netHTA) until October 2017.

Alerts were established in MedLine (through Pubmed) with the aim of identifying published documents from the end of the bibliographic search to the end of the report (December 2017).

The critical reading and assessment of the risk of bias of the included studies was carried out, as well as a qualitative synthesis of the results.

Results: 134 references were located (43 in OVID-MEDLINE, 25 in PUBMED, 30 in EMBASE, 1 in HTA (Health Technology Assessment), 9 in The Cochrane, 25 of manual search and 1 with established alerts). Finally, 8 articles were included.

In terms of efficacy, all the studies found show a reduction in work times after implementing the RFID system, saving time both in the administration of medication and the traceability of blood transfusions, and it even seems to be very precise in the location of people, both patients and health personnel. In terms of safety, the studies aim to reduce the number of errors in the identification and administration of medication. And regarding the ethical problems associated with this technology, no scientific article was found.

Conclusions: There are no clinical trials or systematic reviews with quantitative studies of acceptable quality.

In the case of tracking patients with RFID in hospitals, it can be beneficial in time savings in patient follow-up procedures and in the minimization of human errors, but its limitations in the evidence prevent at this time from making a recommendation of non-protocolized use of this technology.

Therefore, it is necessary to carry out new research and develop systems that make this technology more and more reliable.

Justificación

La identificación por radiofrecuencia (RFID) es un término genérico para definir tecnologías que emplean ondas radiales para identificar de manera automática a personas u objetos. Existen varios métodos de filiación, pero el más común es el uso del UID (Unique IDentifier), es un identificador único de fábrica de un microchip que se anexa a una antena (el microchip y la antena en conjunto se denominan transponedor de RFID o etiqueta de RFID). La antena permite que el microcircuito transmita la información de identificación a un lector. El lector convierte las ondas radiales emitidas por la etiqueta RFID en información digital que puede ser enviada a la aplicación encargada de gestionarla. Este UID se puede asociar en una base de datos con la información relevante de la persona u objeto que se desea identificar.

Las etiquetas o sensores de identificación por radiofrecuencia (RFID) están encontrando muchas aplicaciones. Algunos ejemplos incluyen aplicaciones a nivel farmacéutico, almacenaje, agrícola, industrial, seguridad alimentaria y seguridad del paciente, permitiendo el rastreo y monitorización de artículos a distancias, e incluso realizando inventarios, equipos móviles y personas en tiempo real.

En el ámbito sanitario su integración ha sido lenta, aunque se ha comenzado a utilizar en varias áreas: control de bolsas de sangre, trazabilidad y seguimiento, control de almacén de productos, trazabilidad de muestras de análisis clínicos y cultivos, garantía en la correcta dosificación y administración de medicamentos al paciente y control del material utilizado en quirófano, entre otros; con el fin de mejorar los procesos, así como emprender acciones de mejora en aquellos puntos en los que es preciso.

Aunque existen estudios que hablan positivamente respecto a la seguridad, calidad y eficiencia, la realidad es que existen diferencias en el alcance, los métodos de análisis, los resultados y la calidad de las revisiones sistemáticas y otros estudios de investigación. Por ese motivo, es necesario el estudio en profundidad de la evidencia existente hasta el momento con el fin de crear nuevas medidas de control y seguimiento de pacientes en relación con esta tecnología.

Este informe de evaluación ha sido realizado a petición de la Comisión de Prestaciones, Aseguramiento y Financiación, dependiente del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud, en el marco del plan anual de trabajo de la Red de Agencias.

Alcance y objetivos

Evaluación de la eficacia y seguridad del dispositivo de identificación por radiofrecuencia (RFID) en pacientes en el ámbito intrahospitalario. Esta evaluación se llevará a cabo mediante una revisión sistemática de la literatura y se centrará en aquellos artículos que hagan referencia al uso de esta tecnología en el caso de pacientes dentro de un centro sanitario, incluyendo su estancia desde la zona de Urgencias. Se excluirán aquellos que evalúen al uso del RFID en manejo de stocks de recursos sanitarios (medicamentos, comida, suministros...).

Los objetivos específicos se centran en:

- Evaluar eficacia y seguridad de la radiofrecuencia para la identificación de pacientes en el ámbito intrahospitalario, desde la zona de Urgencias a cualquier unidad de hospitalización y excluyendo la utilización del RFID como identificador de medicamentos.
- Valorar el impacto ético y/o legal de la implantación de RFID en pacientes hospitalizados.

Con este trabajo se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

¿Es útil en términos de eficacia y seguridad la identificación por radiofrecuencia en pacientes en el ámbito intrahospitalario?

El informe incluirá los siguientes dominios:

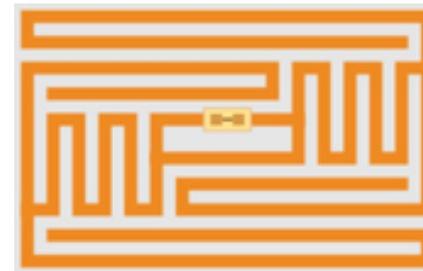
- Eficacia de su utilización para identificar pacientes en el ámbito sanitario.
- Seguridad de su utilización para identificar pacientes en el ámbito sanitario.
- Aspectos éticos y/o legales de su uso.

Introducción

Descripción de la tecnología

La identificación por radiofrecuencia (RFID) es una tecnología que utiliza ondas de radio para la recopilación y transferencia de datos, pudiendo capturarlos de forma eficiente y automática sin intervención humana¹.

Existe una gran diversidad en las características de los componentes con RFID. Sin embargo, el método de trabajo es el mismo para todos: una etiqueta adjunta al objeto o persona que desea identificar emite una señal de radiofrecuencia con información de identificación, un lector lo recibe y envía los datos a una aplicación informática que lo procesa. Los lectores pueden ser fijos o móviles como los que se encuentran integrados en teléfonos móviles u otros modelos para aplicaciones más industriales. Las etiquetas pueden ser activas si disponen de una batería para transmitir la información, pasiva si no disponen de batería, o semiactivo si su propia fuente de energía no se usa para transmisiones, sino para alimentar el circuito interno de su microchip.



Una etiqueta pasiva RFID EPC
en uso por Wal-Mart



Etiqueta pasiva RFID encapsulada
en uso por Wal-Mart

Son numerosas las empresas que disponen de esta tecnología para el seguimiento de productos en sus cadenas de suministros, identificación de empleados, gestión de libros, etc. Una interesante aplicación aboga por implantarla en el sector sanitario y cuidado de la salud², tanto a nivel intrahospitalario como en ambientes extrahospitalarios³.

Sobre esto último, en el ámbito sanitario, existen estudios que concluyen sobre su mejor manejo con la instrumentación quirúrgica⁴ o etiquetado de muestras⁵. Otros que hablan sobre su aplicabilidad para monitorización

ambiental, monitorización de actividades de la vida diaria, de calidad de sueño, y signos vitales⁶. Incluso, es interesante destacar un estudio realizado por Duregger, quien expone los resultados y beneficios de implantar esta tecnología en domicilios en niños oncológicos, con el fin de reducir la carga de su tratamiento haciendo más fácil la identificación del cumplimiento con la medicación⁷. Por último, algunos autores refieren potenciales beneficios teóricos de la aplicación del RFID en seguimiento de medicamentos, personal y pacientes en ambientes intrahospitalarios^{1,8,9}

Actualmente, el método más extendido de identificación de pacientes y de muestras es mediante codificación de barras. Los datos obtenidos del código de barras se usan habitualmente para identificar, localizar, estandarizar y auditar muestras con el fin de lograr la máxima eficiencia de laboratorio y la seguridad del paciente¹⁰, así como para identificar pacientes¹¹.



Los códigos de barras presentan diversas ventajas, como son la facilidad de implementación, bajo coste y amplia madurez y disponibilidad de productos. Pero por otra parte, presentan algunas desventajas frente a RFID: debe haber visión directa entre código y lector, la menor cantidad de datos que pueden almacenar y leer (los datos se leen de uno en uno) y la imposibilidad de disponer de una memoria física y modificar la información almacenada en la misma, si fuese preciso. Pero probablemente una de las limitaciones más importantes sea lo relacionado con la seguridad de los datos, puesto que no usan cifrado, y el estándar es bien conocido¹².

Otra tecnología menos usada para la identificación es la radiotelefonía. Ésta se ha utilizado en la atención médica desde que se introdujo el teléfono comercialmente en la década de 1950, pero hasta la introducción de los transceptores portátiles y la cobertura de redes celulares nacionales en los años 90 no se generalizó. Debido a su interfaz familiar, fácil uso de manejo y asequibilidad, el teléfono móvil puede ser uno de los mejores dispositivos de identificación para poblaciones como ancianos, discapacitados cognitivos y personas sin hogar¹³.

Por último, recientes publicaciones hablan de ensayos de implementación de chips en animales¹⁴. Algunos dispositivos biomédicos se están

haciendo implantables, tanto dentro de la piel como fuera. Es el caso de detectores de presión sanguínea o de determinados elementos de la sangre, como la glucosa. En humanos, todo esto genera mucha controversia, pues una de las múltiples aplicaciones que se vislumbran consiste en tener estos microchips de identificación dentro de la piel con todos los datos médicos, de forma que si una persona llega inconsciente al hospital se pueda leer de forma automática su grupo sanguíneo o sus alergias. Aunque la información esté cifrada, esos chips se pueden leer desde cierta distancia simplemente con un receptor de radio. Una posible solución es el almacenamiento de un identificador en la etiqueta, el cuál represente la historia clínica del paciente en el Servicio Nacional de Salud. De esta forma, lectores externos no tienen acceso a datos confidenciales.

Esta tecnología tiene mucho potencial, pero también mucho riesgo. Lo cierto es que la nanotecnología tiene un uso actual limitado, pero tiene muchas opciones de revolucionar tanto la entrega de la medicación como la gestión de la infraestructura hospitalaria. Haciendo hincapié a los problemas de gestión que pueden tener e asegurando una atención meticulosa a los detalles de la implementación, surgirán organizaciones que manejen estas tecnologías¹⁵.

El éxito de la tecnología RFID consiste principalmente en la gran capacidad que las etiquetas tienen para almacenar información de identificación de los sujetos u objetos que los llevan. Además, estos datos pueden codificarse y almacenarse. Las etiquetas no se dañan con el uso, resisten temperaturas extremas y se pueden leer o escribir simultáneamente sin necesidad de contacto directo con el lector y se puede localizar en el entorno inmediato con cierta precisión donde se encuentra ubicada una determinada etiqueta.

Estas propiedades hacen que RFID sea una tecnología ideal para su uso en cuestiones de trazabilidad en entornos de atención médica, ya sea a gran escala como en los centros hospitalarios o en pequeña escala como en unidades o servicios¹².

Arquitectura del RFID

El modo de funcionamiento de los sistemas RFID es simple. La etiqueta RFID, que contiene los datos de identificación del objeto al que se encuentra adherida, genera una señal de radiofrecuencia con dichos datos. Esta señal puede ser captada por un lector RFID, el cual se encarga de leer la información y enviarla en formato digital a la aplicación encargada de gestionarlos.

Un sistema RFID consta de los siguientes tres componentes:

- **Etiqueta RFID o transpondedor:** compuesta por una antena, un transductor radio y un material encapsulado o chip. El propósito de la antena es permitirle al chip, el cual contiene la información, transmitir la información de identificación de la etiqueta. El chip posee una memoria interna con una capacidad que depende del modelo y varía de una decena a millares de bytes. Existen varios tipos de memoria:
 - **Solo lectura:** el código de identificación que contiene es único y es personalizado durante la fabricación de la etiqueta. No es posible escribir información adicional en la memoria física de la etiqueta.
 - **De lectura y única escritura:** el código de identificación que contiene es único y es personalizado durante la fabricación de la etiqueta. La información de identificación puede ser modificada solo una vez por el lector.
 - **De lectura y múltiples escrituras:** el código de identificación que contiene es único y es personalizado durante la fabricación de la etiqueta. La información de identificación puede ser modificada una o más veces por el lector.

Existen varios tipos de etiquetas. Estas se clasifican principalmente en activas o pasivas. Las etiquetas pasivas no disponen de ninguna fuente de alimentación interna y son dispositivos puramente pasivos (sólo se activan y transmiten cuando un lector se encuentra cerca para suministrarles la energía necesaria). Las activas disponen de alimentación, es decir, de su propia energía que les permite iniciar la comunicación y transmitirle sus datos al lector.

	Etiquetas activas	Etiquetas pasivas
Incorporan batería	Si	No
Coste	Mayor	Menor
Tiempo de vida	Limitado	Casi ilimitado
Cobertura	Mayor	Menor

Cobertura: distancia máxima a la que una etiqueta puede ser leída.

Las etiquetas RFID pasivas, son mucho más baratas de fabricar y no disponen de batería. Suelen tener distancias de uso práctico comprendidas entre los 10 cm hasta unos pocos metros, según la frecuencia de funcionamiento y el diseño y tamaño de la antena. Como no disponen de alimentación energética, el dispositivo puede resultar muy pequeño; pueden incluirse en una pegatina o insertarse bajo la piel (etiquetas de baja frecuencia).

Las etiquetas activas utilizan su propia fuente autónoma de energía para dar corriente a sus circuitos integrados y propagar su señal al lector. Gracias a su fuente de energía son capaces de transmitir señales más potentes que las de las pasivas. Por el contrario, suelen tener un mayor tamaño y son más caras, y su vida útil es en general mucho más corta.

Otra forma de clasificar las etiquetas es según la banda de radiofrecuencia empleada en sus señales: baja frecuencia (frecuencia inferior a 135 KHz), alta frecuencia (frecuencia de funcionamiento de 13,56 MHz), ultra alta frecuencia (UHF) (frecuencias de funcionamiento en las bandas de 433 MHz, 860 MHz, 928 MHz) y frecuencia de microondas (bandas de funcionamiento de 2,45 GHz y 5,8 GHz)^{12,16}.

A continuación se muestra una comparativa de las características de las etiquetas dependiendo del intervalo de frecuencia de trabajo.

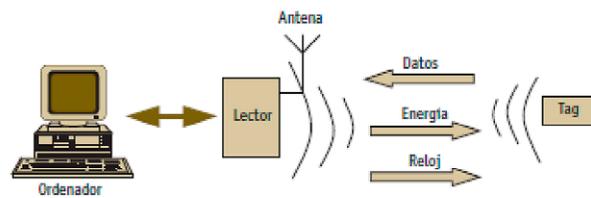
Parámetros	Baja frecuencia (< 135 KHz)	Alta frecuencia (13,56 MHz)	UHF (433 MHz, 860 MHz, 928 MHz)	Frecuencia microondas (2,45 GHz, 5,8 GHz)
Cobertura	Menor	↔		Mayor
Tamaño etiqueta	Menor	↔		Mayor
Velocidad de lectura de datos	Menor	↔		Mayor
Lectura en presencia de líquidos o metales	Mejor	↔		Peor
Lectura en presencia de interferencia EM	Peor	↔		Mejor

- **Lector de RFID o tranceptor:** compuesto por una antena, un tranceptor y un decodificador. El lector envía periódicamente señales para ver si hay alguna etiqueta en sus inmediaciones. Cuando capta una señal de una etiqueta (la cual contiene la información de identificación de esta u otra adicional), extrae la información y se la envía al subsistema de procesamiento de datos y puede actuar de 3 formas:
 - Interrogando su zona de cobertura continuamente, si se espera la presencia de múltiples etiquetas pasando de forma continua.
 - Interrogando periódicamente, para detectar nuevas presencias de etiquetas.
 - Interrogando de forma puntual, por ejemplo cuando un sensor se activa manualmente para detectar la presencia de una nueva etiqueta.

Una posible clasificación los divide en fijos o móviles dependiendo de la aplicación que se considere: los dispositivos fijos se posicionan

en lugares estratégicos como puertas de acceso, lugares de paso o puntos críticos dentro de una cadena de ensamblaje, de modo que puedan monitorizar las etiquetas de la aplicación en cuestión. Por el contrario, los lectores móviles suelen ser dispositivos de mano, incorporan una pantalla LCD, un teclado para introducir datos y una antena integrada dentro de una unidad portátil. Por esta razón, su radio de cobertura puede ser menor.

- **Subsistema de procesamiento de datos o middleware RFID:** proporciona los medios de proceso y almacenamiento de datos. Es el software que se ocupa de la conexión entre el hardware de RFID y los sistemas de información existentes en la aplicación.



Eficacia

Los pacientes de los hospitales esperan que sus tratamientos sean seguros, exitosos y eficientes. Para ello, la evolución de la actual estructura de salud española, europea y mundial exige que los hospitales aborden políticas de contención de los costes manteniendo o incluso incrementando su calidad de servicio. Ello exigirá, entre otras cosas, la automatización (sistematización e incorporación de tecnología) de procesos en la medida que sea posible y seguro.

La eficacia hace referencia al impacto o efecto de una acción llevada a cabo en las mejores condiciones posibles o experimentales. En el sector sanitario hace referencia al impacto o efecto de una acción sobre el nivel de salud o bienestar de la población, llevada a cabo en condiciones óptimas¹⁷. Una de las aplicaciones más extendidas del RFID es la ayuda para determinar o buscar las partes más eficientes y rentables de la cadena de suministro en la atención sanitaria.

Cuando se habla de la utilidad de la RFID básicamente se resume en ahorro de tiempo y costes. Desde un marco teórico, hay literatura que apoya que implantar este sistema de monitorización de activos puede ayudar a prevenir robos de activos y equipos valiosos que cuestan una gran cantidad de dinero a hospitales. Por otro lado, el seguimiento de

personas y activos puede mejorar la productividad del personal, disminuir el alquiler de equipos y mejorar cumplimiento normativo y seguimientos de protocolos clínicos.

También se podría controlar el estado de toda la sala de pacientes en espera de forma más efectiva y precisa. Los pacientes tendrían menos tiempo de espera y aquellos con síntomas severos se les podría dar alta prioridad en el tratamiento. Por otra parte, este sistema inalámbrico tendría el potencial de mejorar significativamente las operaciones quirúrgicas al monitorizar el activo y la localización del paciente a través del hospital¹⁹.

En definitiva, los beneficios son derivados del tiempo ahorrado en las actividades y una reducción significativa de las ubicaciones del inventario disponible. Incluso, los datos recogidos de pacientes etiquetados podrían mejorar los procesos de la salud, la utilización de recursos y la toma de decisiones por parte de directivos²⁰.

Seguridad

La seguridad del paciente es uno de los factores que refleja el nivel de calidad en servicios sanitarios y se considera un área prioritaria en el cuidado de la salud²¹. La aparición cada vez de más riesgos para los pacientes debido a la introducción de nuevas técnicas y tecnologías sanitarias obliga al sistema sanitario a investigar y evaluar estrategias innovadoras que aseguren un ambiente libre de riesgos. La asistencia sanitaria involucra factores inherentes al entorno que combinados con aquellos factores relacionados con el comportamiento humano y acciones hacen que sea una posible causa de la aparición de lo que se denomina eventos adversos, es decir, situaciones de causar daños al paciente durante el proceso de tratamiento que no se originan en la enfermedad base del paciente y puede provocar un daño significativo o incluso la muerte²².

Una cuestión importante cuando se habla de la implementación de un sistema RFID es la seguridad del paciente. Justifica su uso que esta tecnología sea una herramienta valiosa para recuperar información y monitorizar la ubicación del paciente, especialmente en niños²³. También permite la confirmación del fármaco, servicios de alerta pueden identificar posibles errores humanos y advertir al proveedor de cuidado en una situación peligrosa. En caso de emergencia, es posible encontrar el equipo requerido con un retraso mínimo, lo que implica salvar vidas.

La posibilidad de disponer casi en tiempo real de la información clínica hospitalaria del sistema informático hospitalario, gracias a la lectura y/o detección de un dispositivo RFID, puede mejorar el diagnóstico y la toma de decisiones, ya que el personal médico puede tener acceso inmediato y preciso a la información del paciente, en base a la cual pueden tomar decisiones

rápidas y correctas²⁰.

Ética y legalidad

Sin embargo, los sistemas de RFID introducen una preocupación ética y legal con respecto a la privacidad y seguridad. Los problemas éticos vienen por su mal uso, denegación de utilización o el manejo no autorizado de información²⁴.

Los problemas de privacidad provienen principalmente de la detección de datos no autorizados, interceptación o falsificación de datos confidenciales contenidos en las etiquetas. Estas pueden estar sujetas a ataques físicos y operar en entornos inseguros. De hecho, la dependencia de la mayoría de las etiquetas en la interfaz inalámbrica abre vulnerabilidades para la inducción de fallas, ataques de sincronización y ataques de análisis de potencia²⁵.

A pesar de ser una tecnología joven, ya han aparecido casos de compromisos de seguridad en sistemas RFID. Por ejemplo, en enero de 2005 un grupo de estudiantes consiguió romper el cifrado del sistema de puntos de venta RFID de Exxon Mobil y en 2006, Adi Shamir, un profesor del Instituto Weizmann, demostró que era posible monitorizar los niveles de potencia de etiquetas RFID utilizando una antena direccional y un osciloscopio. Utilizando esta información y un teléfono móvil podría comprometerse la información que se transmite vía RFID. Por supuesto, es también posible atacar la información contenida en la etiqueta¹².

La identificación fiable y correcta es esencial en aplicaciones de salud y telemedicina, no solo requiriendo un método seguro, sino que cumpla las condiciones de privacidad y cuestiones éticas. Con el fin de apoyar la estandarización en e-salud, la Comisión Europea financió el proyecto BioHealth, demostrando su utilidad en la promoción de normas y la sensibilización de las partes interesadas²⁶. Es preciso implementar y evaluar técnicas disponibles que faciliten incrementar la seguridad en los sistemas RFID y analizar el grado de compromiso de las mismas con la necesidad de la protección de los datos de los pacientes durante su proceso asistencial.

Limitaciones

Una limitación que hay que tener en cuenta a la hora de elegir un equipo de RFID es el área de cobertura de la antena requerido para la aplicación, de modo que sea lo suficientemente grande para detectar las etiquetas, pero lo suficientemente pequeño para evitar lecturas espurias no válidas que pueden afectar y confundir al sistema. Otro aspecto que puede afectar a la cobertura es la orientación de la antena del lector con respecto a la etiqueta, que influye sobre la cantidad de potencia transferida a la etiqueta, afectando

en ocasiones de forma significativa a la lectura¹². Sin olvidar los posibles problemas en el caso de intentar leer etiquetas adheridas sobre ciertos materiales como líquidos en vidrio y/o plástico y metales, que pueden ser evitados con el empleo de ciertas técnicas. Por lo tanto, son parámetros fundamentales a considerar en el proceso de ingeniería del diseño de la arquitectura técnica de un sistema RFID.

La OCDE²⁷ ha puesto de relieve la importancia de los aspectos de privacidad en los sistemas y desarrollos relacionados con RFID. En el estudio se menciona también otro estudio realizado por *EU Article 29 Working Party on DataProtection*, un grupo establecido en relación con el Artículo 29 de la directiva Europea de privacidad 95/46/EC (Artículo 29,2005a). Este estudio apoya los resultados del informe de la OEDC sobre privacidad. De acuerdo con la opinión de la OEDC y de muchas otras organizaciones, la seguridad y la privacidad deben verse como dos caras de una misma moneda. El Workshop de la Unión Europea de mayo de 2006, sobre RFID, hizo especial hincapié sobre la importancia de la privacidad y la seguridad como dos aspectos dominantes en el éxito de la implantación futura de estos sistemas.

La asociación estadounidense CASPIAN (Consumers Against Supermarket Privacy Invasion and Numbering) lo considera un nuevo medio de intrusión y vigilancia de la vida privada de las personas. Asimismo, en Francia, la CNIL (Comisión Nationale de l'Informatique et des Libertés) ha calificado la tecnología RFID como de riesgo para las libertades individuales¹².

Las principales amenazas a la privacidad en los sistemas RFID provienen de:

- Lecturas no autorizadas de las etiquetas. Las etiquetas pueden contener información personal, como nombres, fechas de nacimiento, direcciones, etc. Pueden contener también datos en forma de una clave de acceso a una base de datos con información confidencial sobre las personas.
- Seguimiento de las personas, preferencias, gustos, etc.
- Uso de datos para extracción de información personal. A partir del conjunto de datos de una persona extraídos del uso de RFID se pueden emplear, por ejemplo, técnicas de minería de datos para encontrar patrones, correlaciones de comportamiento, prioridades, etc., de una persona.
- Uso de datos para propósitos diferentes de su empleo original. Una vez se dispone de los datos, nada impide utilizarlos para cualquier propósito.
- Uso de datos para monitorización de comportamientos específicos. Esta monitorización se podría realizar en tiempo real, pero también mediante almacenamiento de datos y estudio posterior de los mismos¹².

Aparte de los problemas de seguridad mencionados anteriormente, uno

de los principales inconvenientes del RFID es que los dispositivos médicos electrónicos pueden fallar en su presencia, sobre todo si se trata de un lector de alta potencia y si son etiquetas activas, afectando, por ejemplo, a la calidad de imágenes de procedimientos como las resonancias magnéticas²⁸.

La otra gran barrera es el despliegue económico que supone. Los costes iniciales incluyen la compra inicial de hardware y software, entrenamiento al personal, así como el mantenimiento de la infraestructura RFID, etiquetas y lectores, servidores adicionales, bases de datos, middleware y aplicaciones.

Las principales variables que influyen en el coste son las etiquetas y en estas son determinantes el tipo y cantidad que se adquieran. Cada etiqueta RFID pasiva cuesta aproximadamente 10 centavos de dólar y la activa cuesta entre 30 a 90 dólares, en comparación con 3 centavos por etiqueta de código de barras. Y sin olvidar los costes indirectos: diseño del proceso, cambio de organización y mano de obra. Aunque el coste de etiquetado está disminuyendo, el coste total de adoptar RFID es aún significativo²⁹. En otro estudio para la implementación de un sistema RTLS con etiquetas activas WIFI hablan de un coste de 41 euros por cada etiqueta activa WIFI, 1000 euros por cada lector WIFI RFID (punto de acceso) y 0,3 euros por cada etiqueta pasiva¹⁶.

Estas diferencias se deben principalmente a la complejidad de la lógica del circuito, de la construcción de la etiqueta o de su capacidad de memoria, que influirá en el coste tanto de los transpondedores como de los lectores y programadores.

Respecto al coste de las etiquetas hay que valorar el tipo de algoritmo de transmisión que presenta. El “Protocolo Orden-Respuesta”, en el que el lector ordena a un transpondedor que cese su transmisión cuando reconoce que ya ha recibido la información, es de los más baratos. Otro método alternativo, denominado “Sondeo Selectivo”, que es más seguro pero más lento y costoso, el lector busca específicamente las etiquetas que tienen una determinada identificación y las interroga por turnos. Por último, otra aproximación, mucho más cara, incluye el empleo de varios lectores multiplexados en un único interrogador.

En el coste también influye la forma de la etiqueta, es decir, el modo en que el dispositivo es encapsulado para formar la etiqueta pudiendo representar una proporción significativa del coste total del transpondedor (el 30%). Otros motivos de aumento de coste se fundamentan en la frecuencia de trabajo de la etiqueta (en general, los transpondedores de baja frecuencia son más baratos) y del tipo de etiqueta (posibilidades de lectura/escritura, activas o pasivas)¹².

Respecto a la duración de la batería de las etiquetas depende directamente del modelo del dispositivo seleccionado así como de la configuración

global del funcionamiento del sistema RFID. Es preciso diseñar un protocolo de reutilización y/o reciclado de los materiales del hardware utilizado, con el fin de respetar y no dañar en ningún caso el medio ambiente, y a su vez minimizar el coste derivado del uso de nuevas y punteras tecnologías como RFID. Todo ello indica que la clave es seleccionar escenarios donde esté justificado la implantación del sistema RFID, analizando previamente los beneficios que esta puede aportar al paciente, a los profesionales sanitarios y a los centros hospitalarios. El objetivo debe ser implantar RFID en aquellos procesos que permita emprender acciones de mejora y aumentar la seguridad, eficiencia y por lo tanto la calidad de la atención recibida por el paciente durante su estancia en el centro hospitalario [16] [46].

Situación de comercialización en España

El artículo 10 del Reglamento que establece el procedimiento para la evaluación de conformidad de los aparatos de telecomunicaciones, aprobado por Real Decreto 1890/2000, de 20 de noviembre, en la redacción dada por el Real Decreto 424/2005, de 15 abril, establece que la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información publicará como resolución en el «Boletín Oficial del Estado» las interfaces reglamentadas en España que hayan sido notificadas a la Comisión Europea, de este modo esta interfaz podrá ser revisada, de acuerdo con lo establecido en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias en vigor, como consecuencia de nuevas necesidades nacionales en cuanto al uso eficaz del espectro radioeléctrico o bien como consecuencia de tratados o acuerdos internacionales en los que España sea parte³⁰.

Es importante resaltar que en España, el impulso definitivo de la RFID llegó en enero de 2007, de la mano de la Dirección General de Telecomunicaciones y Tecnologías, quién aprobó la liberalización de frecuencias 865-868 MHz para usos UHF RFID. Esta nueva legislación permite el uso libre de esta frecuencia sin necesidad de solicitar ningún permiso a la Administración, además de asegurar la interoperabilidad entre países.

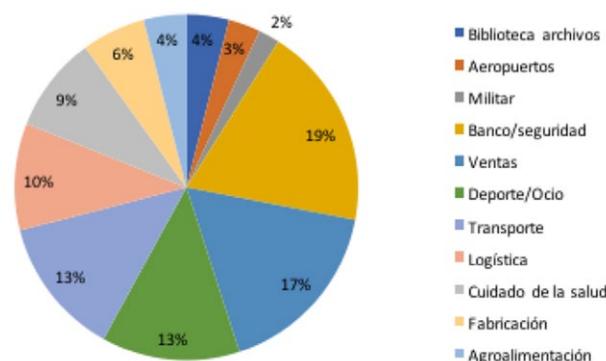
En este momento hay más de 100 empresas que comercializan RFID en nuestro país, que pueden estar relacionados con RFID para uso informático, Publicidad, sistemas, software, mantenimiento, etiquetas, industria, seguridad, servicios industriales, etc...¹².

A nivel internacional, donde existe un mayor registro es en IDTechEx28 (empresa que recopila casos de estudio a nivel mundial, así como otra información relevante relacionada con la tecnología RFID) y da una idea de los usos y volúmenes de negocio de RFID en diversos países.

Aplicación	Volumen potencial	Comentarios
Identificación. Tarjetas inteligentes inalámbricas	Italia, 50 millones U.K., 58 millones India, 500 millones China, 970 millones	China envió 8 millones de tarjetas a sus países vecinos. En 2010 China necesitará aprox 1.000 millones de tarjeta, otros países tendrán necesidades similares.
Pasaportes electrónicos	400 millones anuales	EEUU, U.K., Australia y Tailandia tienen entre sus planes incluir chips RFID en los pasaportes. Ya existen en las primeras versiones operativas
Llantas de automóviles	200 millones anuales	El Acta TREAD de EEUU ordena utilizar RFID en las llantas para monitorizar presión y temperatura
Lavanderías	Hasta 1.000 millones de etiquetas al año	Área con gran potencial de crecimiento. Ya se han vendido como 70 millones de etiquetas
Archivo	Hasta 100.000 millones de etiquetas	Mercado potencialmente masivo, incluyendo bibliotecas y entradas a todo tipo de eventos.
Transportes	2.000 millones por año	Útil para palés y cartones de embalaje. También para necesidades en elementos como CD, DVD, hojas de afeitar o marcado de equipajes en aeropuertos.

Respecto a la distribución de los casos por ámbitos de aplicación:

Gráfico 1. Distribución de los casos de estudios almacenados en IDTechEx (julio 2007)



Las anteriores aplicaciones se presentan desde un punto de vista general. Si nos centramos en el ámbito de la salud³¹, objetivo de este informe, podemos ser más específicos en el ámbito de las aplicaciones:

- Identificación y localización del personal sanitario que trata a pacientes, periodicidad y tiempo dedicado a cada visita.
- Identificación y localización de pacientes, así como el almacenamiento de su historia clínica, y control de su tratamiento, entre otros usos.
- Identificación y control de las visitas.
- Etiquetado de material sanitario y productos farmacéuticos: trazabilidad y localización¹².

Utilización de RFID en salud

Ya se ha comentado cómo la tecnología RFID se emplea principalmente para dos grandes aplicaciones:

- Etiquetar para mejorar la gestión.
- Localizar para obtener una monitorización: el análisis de las ubicaciones registradas de los pacientes, personal sanitario, medicación, equipamiento, etc. permite una monitorización del funcionamiento de las actividades del proceso asistencial en las que participan.

Esta localización puede ser:

- RFID con una precisión a nivel de zona: los lectores o interrogadores están fijados en lugares estratégicos a lo largo del recinto y son capaces de detectar cuándo un objeto/persona ha pasado por un determinado lugar.
- RFID con una precisión mayor (máximo 1-4 metros¹⁶). Combina RFID con otras tecnologías inalámbricas (generalmente WiFi) para obtener localización en tiempo real dentro de un entorno determinado. Se conoce como RTLS (Real Time Locating System).

Los RTLS se usan para seguir y localizar objetos en tiempo real utilizando etiquetas que se adhieren o embeben en los objetos y dispositivos lectores que reciben la señal inalámbrica de dichas etiquetas, permitiéndoles calcular su posición.

Una solución RTLS basada en RFID utiliza típicamente etiquetas RFID activas para detectar la presencia y localización, en combinación con un sistema de posicionamiento, generalmente WiFi. Los sistemas RFID-WiFi dependen de múltiples factores, como por ejemplo si el centro hospitalario ya dispone de una red WiFi desplegada en el mismo.

Este propósito se puede plantear sobre dos tipos de recursos:

- Etiquetado de material, tanto de medicamentos como de otros suministros de bienes hospitalarios (instrumental médico, bolsas de sangre, implantes ortopédicos) donde los más importantes, por el volumen y la necesidad de seguridad relacionada, podrían ser los medicamentos, mejorando no solo la gestión, sino evitando falsificaciones, pero sin olvidar otros objetos como puede ser la prevención de robos y la mejora en el inventariado, o incluso llegando a un extremo con el olvido de material quirúrgico en el cuerpo de un paciente. También se está utilizando para asegurar la medicación y dosificación correcta, así como comprobar que la transfusión es del grupo adecuado, o incluso para la gestión de historias clínicas de los pacientes.

- Etiquetado de personal: tanto del profesional sanitario como de los propios pacientes:
 - Identificación de pacientes para consultar su historial clínico, comprobar el tratamiento que sigue (el medicamento adecuado en la dosis adecuada) y prevenir de ese modo errores.
 - Localización de personas en el centro médico: tanto de los profesionales sanitarios, como de los pacientes o sus visitas.
 - Localización de personas mayores en sus domicilios.
 - Grabación y monitorización de situaciones clínicas como caídas, por ejemplo, y constantes vitales que permiten tener disponible el protocolo de actuación seguido con un paciente.
 - Seguridad y control de accesos a zonas restringidas.

Por último, los entornos donde se ha considerado que pueden implantarse estas aplicaciones son:

- En las empresas que suministran a la institución sanitaria material médico o farmacéutico.
- En las instituciones sociosanitarias: hospitales, centros sanitarios, residencias de la tercera edad, centros de día.
- En ubicaciones fuera del entorno sanitario: el domicilio del paciente, la oficina, en movilidad (en la calle)¹².

Aplicación en empresas suministradoras de bienes médicos y/o farmacéuticos

Las expectativas iniciales sobre el etiquetado y seguimiento de medicamentos y activos en el entorno sanitario, que podrían servir de tractor para el resto de las aplicaciones del RFID, han quedado limitadas por la decisión de la directiva de anti-falsificación europea publicada en 2016, y que entrará en vigor en 2019, con el fin de realizar la identificación y trazabilidad de productos médicos y farmacéuticos con datamatrix en lugar de RFID.

Aplicación en pacientes fuera del entorno hospitalario

Es la aplicación de RFID cuando el paciente sale del entorno sanitario, pero sigue requiriendo determinados cuidados o facilidades específicas que vienen determinadas por su estado de salud. Esta tecnología se ha experimentado en pacientes con alergias graves y peligrosas, u otras condiciones médicas peligrosas, como los pacientes anticoagulados, pueden llevar un brazalete o collar con una identificación.

Otra aplicación es la desarrollada por Verichip que ha desarrollado y patentado un sensor RFID implantable (Verimed), aprobado por la FDA, que permite,

entre otras funciones, identificar al paciente, así como realizar seguimiento de sus movimientos. De este modo, los profesionales médicos pueden disponer de los datos del paciente en tiempo real, y acelerar así los protocolos de actuación. Esto resulta especialmente útil y ventajoso para los pacientes crónicos. El sensor almacena un código de 16 dígitos que no contiene ninguna información del paciente, sino que sirve de enlace con la base de datos del hospital donde está almacenada la información. A este sensor implantable se le pueden añadir diversas funcionalidades. Por ejemplo, la Digital Angel Corporation ha desarrollado un sistema con un biosensor embebido que utiliza este microchip RFID implantable. El sistema es capaz de medir el nivel de glucosa en sangre del paciente y de transmitirlo a un escáner que se pone encima de él. El microchip es pasivo por lo que se alimenta de la energía proporcionada por el escáner.

En Finlandia (Imatra), Medixine Ltd, realizó en 2006 un piloto en colaboración con la operadora de telecomunicaciones Elisa, la Sociedad Finesa del Alzheimer (entidad financiadora), Nokia (proveedora de teléfonos móviles NFC) y Pfizer (proveedora de fármacos). El piloto tiene por objeto que las personas que se encuentran en las primeras fases de la enfermedad puedan continuar viviendo en su domicilio. Para ello se dota a la persona con un teléfono móvil con tecnología NFC y un “Tablero de Comunicación” que puede incorporar hasta seis etiquetas personalizadas a los requerimientos de cada medicación. En el piloto desarrollado, se utilizaron únicamente tres etiquetas, señalizadas con tres símbolos que representaban: “me he tomado la medicación”, “me siento solo” y “me encuentro mal”. Cada vez que el paciente se encuentra en uno de esos tres estados, acerca su teléfono NFC al símbolo correspondiente, y el terminal móvil emite un aviso a través de la red móvil al Centro de Atención, que responde en consecuencia. Si el paciente olvida tomar la medicación, no se emite ningún mensaje y el SW genera una alarma de recordatorio vía voz. Del éxito del proyecto depende su comercialización. La idea es ofrecer el terminal móvil, etiquetas y soporte médico por 20-30 € al mes.

La empresa Medixine cuenta con otras soluciones NFC-RFID. Por ejemplo, posee una solución para el control de las visitas del médico o enfermera. El profesional médico que visita la casa del paciente acerca su teléfono móvil a la etiqueta RFID que posee el paciente en su domicilio para que el evento de la visita quede grabado y llevar así un control exhaustivo de dichas visitas¹².

Aplicación en hospitales

Tradicionalmente, los hospitales han tenido problemas con la gestión del material médico y la localización de determinado equipamiento (electrocardiogramas, bombas intravenosas, ventiladores de respiración). Es por ello que un número cada vez mayor de hospitales combinan sus redes de comunicación inalámbrica y sus sistemas de información con la tecnología RFID

para crear un sistema de localización en tiempo real. Los proveedores de tecnologías aseguran que, en los hospitales donde ya existe un sistema inalámbrico de comunicaciones, resulta ágil y sencillo añadir componentes de RFID para desplegar un sistema RTLS¹². Aunque es preciso realizar previamente un exhaustivo estudio de ingeniería para determinar la viabilidad y el diseño de la arquitectura técnica del sistema RFID que se pretende integrar en cada centro y siempre adaptado a las características propia del mismo (funcionales y de arquitectura).

Respecto a otras utilidades de la RFIS en hospitales, existen algunos estudios de implementación de este sistema con medición de resultados. En Brasil, Filho³² mostró una buena precisión (92%) en la monitorización del cumplimiento de la higiene de las manos en un estudio realizado durante 14 semanas. Martínez³³ estableció un rango de precisión en la localización de pacientes entre 1-4 metros en una encuesta realizada a sus empleados sanitarios.

Otros estudios hablan de su aplicación en la administración de medicamentos o la trazabilidad en el procedimiento de la transfusión sanguínea. Sarraj³⁴ describe una reducción en la devolución de los productos sanguíneos y un aumento de las transfusiones efectivas. Davis y Gutierrez³⁵ realizaron una localización y rastreo de los productos sanguíneos de forma cualitativa, concluyendo que las transfusiones fueron más eficientes y en menor tiempo. En España, Aznar³⁶ concluye en su estudio con la mejora del tiempo transcurrido desde la extracción sanguínea, aumento de la eficiencia operativa, aumento del control de la calidad de los productos y disminución de la búsqueda de unidades sanguíneas.

Numerosas páginas web e informes tecnológicos de consultoras independientes reflejan que esta tecnología se está implantando a pasos agigantados en el medio hospitalario.

Según refleja el informe de IDTechEx, en este caso específico del sector de cuidados de la salud “RFID in Healthcare 2006-2016”, que presenta datos sobre el volumen del mercado global de etiquetas y sistemas RFID aplicados a la salud, se aprecia un incremento a nivel mundial del gasto en RFID desde los 90 millones de dólares en 2006 hasta los 2.100 millones en 2016. El citado informe afirma que las principales aplicaciones que liderarán este crecimiento serán el etiquetado de medicamentos y los Sistemas de Localización en Tiempo Real (RTLS) para el personal, los pacientes y los objetos o equipamiento crítico en general, en aras de mejorar la eficiencia, seguridad y disponibilidad, y de reducir las pérdidas que una mala gestión de los mismos conlleva¹².

Metodología

1. Tipo de estudio

Revisión sistemática siguiendo las recomendaciones de la declaración PRISMA³⁷ y de la Guía para la elaboración y adaptación de informes rápidos de evaluación de la Red Española de Agencias de Evaluación de Tecnologías y Prestaciones del SNS³⁸.

2. Búsqueda

Se elaboraron estrategias de búsquedas bibliográficas utilizando términos *Mesh* y *Emtree*, así como lenguaje libre. Las estrategias utilizadas se muestran en el Anexo I.

Las bases de datos referenciales consultadas hasta agosto 2017 fueron las siguientes: MedLine (a través de la plataforma OvidSP), EMBASE y MedLine (a través de Pubmed). Además, se consultó la Red Internacional de Agencias de Evaluación de Tecnologías (INAHTA).

Se realizó una revisión manual, así como la revisión cruzada a partir de las referencias bibliográficas de los artículos recuperados.

Por último, se establecieron alertas en MedLine (mediante Pubmed), con el objetivo de identificar documentos publicados desde que se finalizó la búsqueda bibliográfica hasta 31 de octubre del 2017.

Una vez realizada esta búsqueda y ante la inexistencia con esta estrategia de encontrar información indexada sobre aspectos éticos se hizo una búsqueda de literatura gris a través de búsqueda en Google Scholar con las mismas palabras clave, seleccionando artículos no indexados en bases de datos científicas. También se buscó en páginas web y blogs relacionados con la industria de RFID.

3. Criterios de selección

La selección de las referencias localizadas se realizó por un investigador. En caso de existir discrepancias se resolvieron por consenso con técnicos expertos.

Los criterios de inclusión y exclusión para la selección de los estudios se describen a continuación, y las referencias de los mismos se encuentran en el anexo II:

Criterios de inclusión

Se seleccionaron para su inclusión, aquellas referencias que respondieran la pregunta de investigación formulada siguiendo el formato PICOd (Población, Intervención, Comparación, Resultados/Outcomes y Diseño de los estudios).

- **Población:** pacientes intrahospitalarios
- **Intervención:** Uso de RFID, tanto de tarjetas activas como pasivas.
- **Comparación:** Comparación con práctica habitual u otras tecnologías de identificación (código de barras e infrarrojos).
- **Resultados:** solo se incluirán aquellos estudios que tengan en cuenta eficacia y seguridad. Si fuera posible, se incluirán variables de costes.
 - **Eficacia:** correcta identificación del paciente y del personal, administración medicación y transfusiones, localización cirugías, etc la estimación real sobre la duración de los procedimientos en comparación con la práctica habitual, mejorar la labor productiva del personal sanitario (disminuir tiempos en llegar a la habitación del paciente, de introducir pacientes a salas de quirófano, de administrar derivados sanguíneos...), satisfacción de los pacientes y los usuarios con el uso de la tecnología.
 - **Seguridad:** se medirá en relación con efectos adversos y complicaciones generados por el uso del sistema de identificación (riesgos potenciales para los usuarios, personal sanitario, salud pública o medio ambiente)
- **Diseño:** Revisiones sistemáticas, meta-análisis, ensayos clínicos y estudios observacionales de seguimiento prospectivos y retrospectivos, que incluyeran resultados sobre la identificación de pacientes.

No se incluyeron aquellos artículos donde usaban en RFID en pacientes, pero de forma indirecta, por ejemplo, mediante procesamiento de muestras sanguíneas o medicación.

Criterios de exclusión

Se consideraron los siguientes criterios para la exclusión de las referencias localizadas:

- No se incluyeron aquellos artículos donde usaban en RFID en pacientes, pero de forma indirecta, por ejemplo, mediante procesamiento de muestras sanguíneas o medicación.
- Respecto a la población, se descartaron aquellos artículos cuya población fuera diferente a los pacientes: estudios sobre el propio sistema de información, procesamiento de stock hospitalario u otros dispositivos hospitalarios, interferencias con otros dispositivos médicos, aplicación en animales/células biológicas, aquellos estudios intrahospitalarios en pacientes que no estudiaran trazabilidad del RFID, estudios en el ámbito extrahospitalario y estudios no relacionados con la pregunta de la búsqueda.
- Respecto a la intervención se incluyeron dentro del motivo de exclusión “Intervención” aquellos que analizaran otro tipo de redes inalámbricas: todos los artículos científicos que hablaran sobre otro tipo de redes inalámbricas como sistema de identificación (GPS, códigos de barras, nanotecnologías), así como otras formas de uso del RFID (estudio de ondas de radio sobre la superficie corporal, fluidos corporales sobre las etiquetas...)
- Respecto al diseño, se descartaron artículos de opinión o revisiones literarias, revisión de normativas, aspectos éticos y legales y estudios cuya medida de resultado fueran encuestas de satisfacción. En este apartado también se excluyeron los protocolos donde solo que expusieran un modelo de seguimiento para implantar el sistema RFID sin ninguna medida de resultado de la misma.
- Respecto a resultados, se desechó aquellos estudios cuyo análisis estadístico era insuficiente para sacar conclusiones para este informe.

Para la selección y clasificación de la documentación localizada en la búsqueda bibliográfica se utilizó el programa de gestión de referencias Mendeley Desktop versión 1.8.3. Todas las referencias localizadas se recopilaron en una tabla ad hoc, clasificándolas como incluidas, excluidas o duplicadas.

Tabla 1. Resumen de criterios de inclusión y exclusión

	Inclusión	Exclusión
Población	Pacientes intrahospitalarios	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de información • Stocks hospitalarios • Interferencias con otros dispositivos • Animales/Células biológicas • Pacientes extrahospitalarios • Pacientes intrahospitalarios sin trazabilidad
Intervención	RFID (tarjetas activas y pasivas)	<ul style="list-style-type: none"> • Otras redes inalámbricas (GPS, código barras, nanotecnología) • Otros usos del RFID (ondas de radio sobre superficie corporal)
Comparación	Práctica habitual	-
Resultados	Variables de eficacia y seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Deficiente análisis estadístico
Diseño	Revisiones sistemáticas Meta-análisis Ensayos clínicos Estudios observacionales	<ul style="list-style-type: none"> • Artículos de opinión • Revisiones literarias • Revisión normativa, aspectos éticos y legales • Protocolos • Encuestas
Otros motivos	-	<ul style="list-style-type: none"> • Artículos no encontrados

4. Extracción de los datos

La extracción de información de los artículos incluidos se realizó por dos investigadores, resolviéndose las posibles discrepancias con técnicos expertos.

Para la extracción de los datos se elaboró una hoja de recogida de variables. Se seleccionaron las variables que aportaran información general de los documentos incluidos para la síntesis de resultados. Estas variables fueron el autor y el año de publicación, el país donde se desarrolló el estudio, los objetivos planteados, las características de la población incluida, tipo de RFID aplicada, así como datos de la intervención evaluada y el periodo de seguimiento, en los resultados se detalla la medida de resultado y el dominio (en términos de eficacia y seguridad) principal del estudio.

Como variables específicas se incluyeron variables o indicadores que evaluaran la eficacia (en términos de validez diagnóstica y precisión) y seguridad.

5. Evaluación de la calidad metodológica

Se realizó un análisis crítico de la calidad metodológica de los estudios incluidos en la presente revisión considerando el tipo de diseño. Según el tipo de estudio encontrado, se aplicó la herramienta correspondiente:

- La herramienta de valoración de la calidad metodológica de revisiones sistemáticas AMSTAR, que consta de 11 preguntas con 4 opciones de respuestas (sí, no, no se puede responder, no aplicable) y un espacio abierto para realizar comentarios sobre cada una de ellas, así como un espacio final donde realizar un comentario general sobre el estudio (Anexo III)
- La herramienta ACROBAT-NRSI de evaluación del riesgo de sesgo de estudios observacionales. Dicha herramienta se basa en la comprobación de 4 dominios relacionados con 4 tipos de sesgos (de selección, de desgaste, de detección y de confusión), con una valoración global final y posibilidad de realizar comentarios abiertos sobre la calidad del artículo (Anexo III).

6. Tipo de sesgos

Los tipos de sesgos se establecieron tras realizar la lectura exhaustiva de los artículos observacionales. Se identificaron cuatro tipos de sesgos:

- Sesgo de selección. En este caso se evidencia error en la elección de los individuos o dentro de los grupos que participaron en el estudio. Se consideró que existía riesgo de sesgo si:
 - No había muestra aleatorizada de la población.
 - No se especificaban criterios de inclusión o exclusión de la muestra.
 - Se realizó autoselección, es decir, si la población tuvo la decisión de participar en relación con el objetivo del estudio.
 - Si hubo pérdidas del estudio, sin cuantificarse y no explicando sus posibles condicionantes.
- Sesgo de detección. Se presenta cuando un evento es detectado desigualmente en los dos grupos, también conocido como sesgo del observador. Se consideró que podría existir este sesgo cuando para validar la lectura, se solicitaba a un investigador que confirmara los datos generados por los pacientes al pasar por las antenas de detección de RFID. Entendemos que el investigador estaría más atento en los grupos que tuvieran etiquetas y sesgaría los resultados en términos de mejora de los tiempos, es decir, cuando se presenciaban errores sistemáticos en el momento temporal en el que se establece la presencia del desenlace de interés.

- Sesgo de desgaste. Ocurre cuando existen datos incompletos. Se consideró este tipo de sesgo si se evidenciaba:
 - Estudio con datos de resultados incompletos
 - No especifica tiempos de seguimiento
- Sesgo de confusión. Se presenta cuando una variable externa enmascara una verdadera asociación, es decir, una asociación aparente entre una mejora en los tiempos y el uso de RFID. Los estudios que presentaban este sesgo tenían:
 - Errores sistemáticos en la medida de las variables pronósticas.
 - Errores sistemáticos en el ajuste del análisis estadístico de los factores pronósticos.

La proporción de evaluación del riesgo de sesgo para cada dominio de la herramienta se clasificó dentro de sus 3 categorías: alto riesgo, bajo riesgo, riesgo no claro. Se consideró alto riesgo de sesgo cuando cumplía alguna de las características expuestas anteriormente; bajo riesgo en caso contrario, y riesgo no claro cuando faltaba detalles que lo aclararan.

7. Síntesis de los resultados

La síntesis de los resultados se realizó por dos investigadores y de forma cualitativa debido a la heterogeneidad de los estudios incluidos, principalmente en lo relativo a la unidad de análisis (RFID sobre pacientes, personal sanitario, muestras sanguíneas...) y al tipo de estudio (observacionales, revisiones sistemáticas...), que impedía la obtención de estimadores agregados. Por este mismo motivo y por el tipo de los estudios localizados, se descartó utilizar el sistema GRADE para asignar niveles de evidencia y elaborar recomendaciones.

Para realizar una lectura comprensible se decidió agrupar la información en dos tipos de tablas. La primera de ellas, Tabla 2 y 3, detalla la información relacionada con las características de la población y del estudio. El segundo tipo de tabla, tablas 5 y 6 del Anexo IV, expresa el resumen de los resultados de estudios incluidos, detallando objetivos, resultados principales, conclusiones, sesgos principales y la calidad del estudio. A su vez, se decidió englobar los estudios en dos apartados, según si sus variables resultados expresaran eficacia o seguridad. Aquellos estudios que incluyeran resultados en ambos, es decir, en eficacia y seguridad, se incluyeron en ambos apartados. Posteriormente se ordenaron por sentido cronológico.

En cuanto al primer tipo de tabla (Tabla 2 y 3) se incluyeron las siguientes variables: referencia con la cita abreviada (autor/año), período de

realización del estudio, diseño, tipo de población y tamaño muestral, intervención (tarjeta pasiva o activa de RFID y frecuencias de manejo) y período de seguimiento. En el segundo tipo de tabla (tabla 5 y 6) se resumen los resultados, incluyendo variables de autor/año, objetivo, principal unidad de medida de resultado (encuestas de satisfacción, tiempos de búsqueda, tasa de lectura de RFID), principales resultados, conclusiones y nivel de sesgos.

Una vez realizada la síntesis de los resultados y la valoración de la calidad metodológica, se otorgó al estudio la etiqueta de calidad muy baja, baja, moderada o alta, según criterio del investigador. Si el estudio presentaba 3 o 4 sesgos claros y/o alguno no claro o muy pocos resultados analíticos se le asignó calidad muy baja; si tenía 2 sesgos claros y/o 3 no claros calidad baja; si presentaban 1 sesgo claro y/o 2 no claros, se le otorgó calidad moderada.

Resultados

1. Descripción de la evidencia disponible

Resultado de la búsqueda

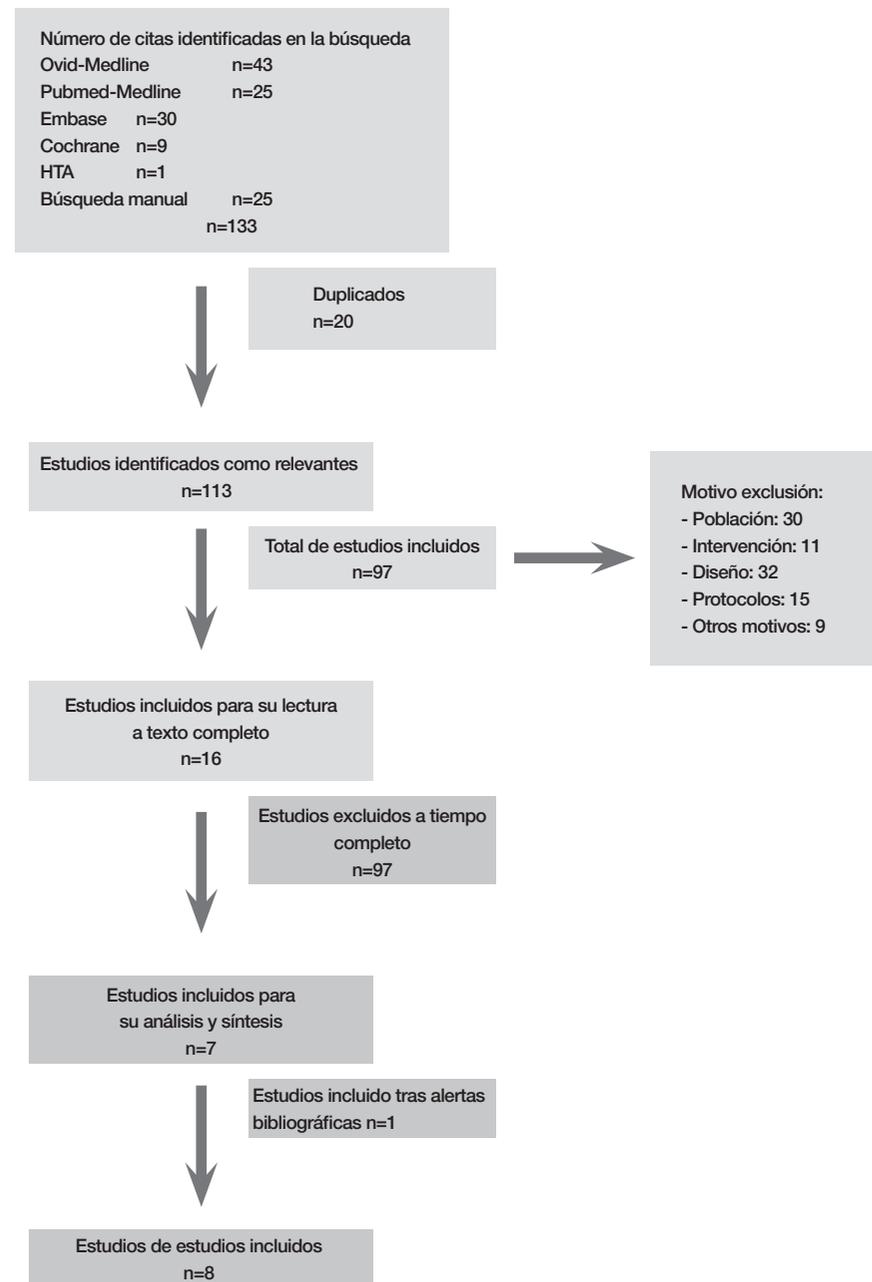
Como resultado de la búsqueda bibliográfica de eficacia y seguridad sobre RFID, se localizaron un total de 133 referencias (43 en OVID-MEDLINE, 25 en PUBMED, 30 en EMBASE, 1 en HTA (Health Technology Assessment), 9 en The Cochrane y 25 de búsqueda manual).

De estos, 20 fueron excluidos como duplicados (documentos que se catalogaron como repetidos ya que fueron encontrados en más de una). Tras eliminar los duplicados, el número final de referencias fue de 113. Una primera lectura por título y resumen permitió descartar 97 referencias que no cumplían los criterios de inclusión. Los motivos de esta primera exclusión fueron 30 relacionados con el tipo de población estudiada (1 estudio sobre el dispensador solución alcohólica, 5 cuyo estudio se centraba en animales o células, 4 sobre interferencias con otros dispositivos electrónicos, 3 relacionados con control de stocks hospitalarios, 9 estudios que no medían trazabilidad en pacientes, 5 por ser extrahospitalarios, 3 no relacionados por tratarse de otro tipo de población), 11 por tipo de intervención, 32 por el diseño de los estudios, 15 al tratarse de protocolos de implementación de RFID y 9 por otros motivos (estudios no encontrados/de pago).

Tras el cribado inicial, se identificaron 16 documentos potencialmente elegibles, que fueron revisados posteriormente a texto completo. En una segunda exclusión y tras realizar una lectura más exhaustiva, se excluyeron 9 artículos: 3 por los resultados expuestos (no aportaban resultados estadísticos), 4 por el diseño del estudio (1 estudio que era la implementación de un protocolo con resultados teóricos sobre eficacia y reducción de costes, 1 artículo que parecía una revisión sistemática y era una clasificación de estudios por ámbitos de aplicabilidad de RFID y 2 estudios cualitativos que no incluían preguntas sobre trazabilidad de pacientes en sus encuestas) y 2 protocolos. El número final de documentos incluidos fue de 7, un 6,02% del total inicial. Finalmente, una vez iniciado el vaciado del contenido de los estudios, se recibió una alerta con un estudio que cumplía los criterios de inclusión, por lo que se decidió añadirlo, quedando en total 8 artículos con los que se realizará el informe final.

Además, estos motivos de exclusión se detallan en el Anexo II. En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo que resume el proceso de selección de documentos.

Figura 1 - Diagrama de flujo de la información en la búsqueda para la revisión de eficacia y seguridad.



Descripción de los estudios incluidos

Los estudios incluidos en este informe fueron: 1 revisión sistemática y 7 estudios observacionales. A continuación, se describen sus principales características mediante una síntesis cualitativa de los datos de los estudios incluidos. Además, se han identificado las principales características y resultados obtenidos en tablas de evidencia que se adjuntan en el Anexo II.

Los 8 estudios incluidos se engloban dentro de los dominios eficacia (8 artículos) y seguridad (3 artículos). Tres de estos artículos exponen resultados tanto de eficacia como seguridad, por lo que se decidió incluir dentro de cada dominio los resultados relacionados con el mismo. Posteriormente se describen ordenados cronológicamente, es decir, por orden de publicación.

Eficacia

En la tabla 2 se muestra detalladamente la información relacionada con las características de la población y de los estudios clasificados según si las variables de resultado expresaban eficacia.

Tabla 2. Características de la población y de los estudios con variables de resultado de eficacia

Cita Abreviada	Período realización	Diseño	Muestra	Intervención y comparador	Período seguimiento
Liu, et al.	2009	Estudio observacional	Pacientes quirúrgicos atendidos por 174 sanitarios	Tarjeta RFID activa (frecuencia 2,4 GHz). Comparador con práctica habitual	Agosto 2007 a julio 2008
Ohashi, et al.	2009	Estudio observacional	Pacientes hospitalizados atendidos por 8 enfermeras	RFID pasiva (13,56 MHz) y activa (300 MHz). Comparador con código de barras	No especificado
Chen, et al.	2011	Estudio observacional	6 pacientes en citas simuladas	RFID pasiva (860–915 MHz). No comparador	No especificado
Okoniewska, et al.	2011	Estudio observacional	Pacientes atendidos en un hospital universitario.	Tarjeta RFID activa (2,45 GHz) y seguimiento mediante WIFI (RTLS). No comparador	4 meses
Dobson, et al.	2011	Revisión sistemática	Pacientes pediátricos	Búsqueda de tecnologías de seguimiento de pacientes, (ej infrarrojos o RFID) Se encontró 5 artículos de RFID y ningún estudio para RFID combinada con IR.	Hasta 2009
Saito, et al.	2013	Estudio observacional	n=120 lecturas en seguimiento de personas y equipos	Tipo de RFID no especificado. No comparador.	No especificado
Vakili et al.	2015	Estudio observacional	112 pacientes con 252 eventos	Comparación de RFID pasiva (900 mHz), IR y manual	6 días
Wang, et al.	2016	Estudio observacional	40 participantes: profesionales sanitarios y cuidadores de pacientes.	RFID en comparación con práctica habitual. Tipo RFID no especificado	No especificado

1. Liu et al, 2009¹⁹

Diseño del estudio: estudio observacional.

Descripción de la población: Pacientes quirúrgicos atendidos un hospital de Taiwan en el período entre agosto 2007 y julio 2008.

Intervención y comparadores: Con el objetivo de controlar el flujo de trabajo de los pacientes quirúrgicos mediante RFID (frecuencia 2,4 GHz), se utilizaron sistemas de monitorización para el seguimiento del paciente (PAMS: Patient Advancement Monitoring System) que integra múltiples puertos de entrada de datos a través de los puertos multifuncionales de equipos quirúrgicos. Se colocó una tarjeta activa y los lectores RFID en los techos de las salas, de modo que registraban la entrada de los 20 puntos de control. Cuando los pacientes iban avanzando en cada punto de actuación, los lectores de RFID en los techos identificaban la entrada automáticamente, sin la necesidad de alineación de las etiquetas de código de barras de pulsera tradicionales

La posterior identificación del paciente y la entrada de datos podrían ser confirmados de acuerdo con el flujo de trabajo basado en la ubicación básica. Se recogieron las variables relacionadas con horario de operación, procesos de cuidado, datos de afiliación del paciente y datos de anestesia. Se precisaba que un miembro del personal del hospital verificara la identificación del paciente y el aviso de alerta de la llegada de un nuevo paciente en el punto de control recogida por el sistema de RFID y solo una vez confirmados se permitía la carga automáticamente de la información del paciente de su situación. Como comparador, el personal de quirófano verificó el “inicio de sesión”, el “tiempo de espera” y el “cierre de sesión” de la lista de verificación quirúrgica (LVQ) de la OMS, y se comparó los tiempos requeridos en los pacientes sometidos a RFID frente a la práctica habitual.

Principales resultados: Respecto a la identificación del paciente al inicio del proceso, las tasas de finalización de la verificación aumentaron del 75% al inicio del estudio al 100% después de la implementación del sistema RFID. Las tasas de retraso de la primera operación disminuyeron del 4% a 1% y el tiempo promedio de retraso se redujo de 25 a 10 minutos. La media de tiempo de respuesta en la sala de quirófano pasó de 16 a 9,4 minutos, y la ejecución de tiempos de espera de los médicos pasó del 43 al 70%.

Conclusiones: La aplicación de RFID juega un papel activo en la monitorización del avance del paciente en el flujo necesario en las intervenciones quirúrgicas.

Evaluación de calidad de la evidencia: Siguiendo los criterios propuestos de la herramienta ACROBAT-NRSI de evaluación del riesgo de sesgo de estudios observacionales, el estudio presentaba sesgos no claros de selección.

Se excluyó del análisis la evaluación de la encuesta de satisfacción incluida en el artículo.

Ficha de lectura crítica del estudio de Liu et al 2009

Limitación	Justificación	Comentarios
En los criterios de inclusión (sesgo de selección)	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de participantes seleccionados en estudios observacionales no controlados. 	Sesgo de selección no claro. No se especifica tamaño ni criterios de inclusión de la muestra
En la medida de los resultados (sesgo de detección)	<ul style="list-style-type: none"> • Errores sistemáticos en el momento temporal en el que se establece la presencia del desenlace de interés. 	No sesgo
En el control de los factores de confusión (sesgo de confusión)	<ul style="list-style-type: none"> • Errores sistemáticos en la medida de los factores pronósticos. • Errores sistemáticos en el ajuste del análisis estadístico de los factores pronósticos. 	No sesgo
En el seguimiento de los pacientes o su duración (sesgo de desgaste)	<ul style="list-style-type: none"> • Errores sistemáticos en el tiempo seguimiento de los participantes expuestos y no expuestos. • Errores sistemáticos en el número de pérdidas (gran número de pérdidas o bien estas son diferenciales entre los dos grupos de estudio). 	No sesgo
<p>Comentario en general: En general buen estudio, con una correcta explicación de la metodología implantada. No se detalla el tamaño muestral de las observaciones realizadas sobre los pacientes quirúrgicos ni tampoco sus criterios de inclusión, ni la homogeneidad de la muestra pre y post intervención.</p> <p>Nivel de sesgos: Sesgos de selección no claro</p>		

2. Ohashi, et al. 2009³⁹

Diseño del estudio: estudio observacional.

Descripción de la población: Número indeterminado de pacientes atendidos por 8 enfermeras voluntarias en un hospital de Tokio en el año 2009.

Intervención y comparadores: Para evaluar la eficacia del RFID para el seguimiento de pacientes en un hospital, se desarrolló un sistema de seguimiento para rastrear la intervención clínica (administraciones de medicamentos y los análisis de sangre) en la cabecera del paciente.

Para ello, se colocaron etiquetas activas (300MHz) en pacientes y enfermeras, y en medicamentos y pequeños objetos (jeringuillas, tubos...) etiquetas pasivas (13,56MHz). Se usó un carro médico como base junto a la cama donde se realizaba las identificaciones pasivas que luego eran emitidas a un ordenador. Para la identificación activa, se colocaron 2 antenas en la entrada de la habitación de los pacientes, dos en el techo de cada lado de la cama y una debajo de la cama. El comparador se estableció con un sistema código de barras (BCMA). Se midió la duración de las tareas clínicas tales como la administración de medicamentos y la extracción de muestras con ambas tecnologías.

Principales resultados: Al comienzo de la prueba preliminar del sistema, hubo problemas técnicos en la detección de identificaciones de enfermería y el carro médico porque el techo de la habitación era muy alto y la radio de disparo de las ondas del campo no era lo suficientemente fuerte para alcanzar a la etiqueta en la enfermera (150 cm) o en el carro médico (90 cm).

Respecto a los resultados, se produjo una reducción de tiempo de administración de medicamentos del 61,5% del uso de RFID con respecto al BCMA, y en la extracción se apreció una reducción del 67% del tiempo.

Conclusiones: Los resultados mostraron que el sistema reconoció correctamente al personal médico, la identificación del paciente y los datos de administración de medicamentos en tiempo real. Con respecto al tiempo de flujo de trabajo, se observó una reducción significativa del tiempo de intervenciones clínicas (administraciones de medicamentos y los análisis de sangre), en comparación con un sistema de codificación de barras.

Evaluación de calidad de la evidencia: siguiendo los criterios propuestos de la herramienta ACROBAT-NRSI de evaluación del riesgo de sesgo de estudios observacionales, el estudio presentaba alto sesgo de selección y de desgaste, sesgo de detección y de confusión no claro.

Se excluyó del análisis la evaluación de la encuesta de satisfacción incluida en el artículo.

Ficha de lectura crítica del estudio de Ohashi, et al. 2009.

Limitación	Justificación	Comentarios
En los criterios de inclusión (sesgo de selección)	<ul style="list-style-type: none"> Selección de participantes seleccionados en estudios observacionales no controlados. 	Alto sesgo de selección ya que las enfermeras incluidas fueron voluntarias
En la medida de los resultados (sesgo de detección)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en el momento temporal en el que se establece la presencia del desenlace de interés. 	Sesgo de detección no claro pues no se cuantifica correctamente los errores de identificación
En el control de los factores de confusión (sesgo de confusión)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en la medida de los factores pronósticos. Errores sistemáticos en el ajuste del análisis estadístico de los factores pronósticos. 	No se realizó análisis para controlar el sesgo de confusión.
En el seguimiento de los pacientes o su duración (sesgo de desgaste)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en el tiempo seguimiento de los participantes expuestos y no expuestos. Errores sistemáticos en el número de pérdidas (gran número de pérdidas o bien estas son diferenciales entre los dos grupos de estudio). 	Alto sesgo de desgaste pues no especifica tiempo del estudio.
<p>Comentario en general: amplia explicación del protocolo de implementación, pero escasos resultados, sobre todo con lo relacionado con la identificación de pacientes. No se detalló seguimiento.</p> <p>Nivel de sesgos: Alto sesgo de selección y de desgaste, sesgo de detección, de confusión no claro</p>		

3. Chen, et al. 201140

Diseño del estudio: estudio observacional

Descripción de la población: 6 pacientes con citas simuladas, en un hospital de Peoria, EEUU.

Intervención y comparadores: Se propone un RFID basado en el sistema de seguimiento en tiempo real (R-RTT) para optimizar pequeñas operaciones de centros hospitalarios, con el fin de mejorar tiempos de rendimiento, utilización de las salas y el flujo del paciente (eficacia) mediante citas simuladas (las citas simuladas con precisión se parecían a las citas reales en el flujo de pacientes)

Los lectores de RFID pasiva eran colocados en ubicaciones estratégicas en toda la instalación. Los voluntarios que simulaban ser pacientes y el personal médico recibieron una pulsera de RFID personalizada. También se le colocó a un voluntario que simuló ser el recepcionista. Este estudio se limitó a evaluar la localización de personal y pacientes en tiempo real. Cuando pasan por la zona del lector, se lee la etiqueta RFID (con diferentes frecuencias entre 860–915 MHz) y envía la información a un ordenador central equipado con software capaz de filtrar los datos de RFID en información utilizable. El programa de aplicación (VBA) usa la información recibida desde las etiquetas de identificación para mostrar la ubicación de los pacientes y el personal a medida que se mueven por la instalación. No hubo grupo comparador.

Principales resultados: No se registró ningún error en las lecturas (mediante comprobación visual de la lectura que se registraba en el ordenador en cada momento). El tiempo medio empleado fue 2305 segundos (38,4 minutos), como resultado de la media de los tiempos en los 6 puntos de registro (admisión 128, espera 316, examen enfermería 550, espera 536, examen médico 696 y factura 79 segundos) incluyendo los tiempos de espera en la sala de espera que fue de 852 segundos (14,2 minutos), y representó el 37% del tiempo total del paciente.

Conclusiones: Con el sistema establecido se pudieron registrar datos sobre la cantidad de tiempo que un paciente pasa haciendo su camino a través del proceso de admisión, datos sobre la cantidad de tiempo que las enfermeras y los médicos gastaron realizando sus tareas y la ubicación del paciente y el personal dentro de la instalación en todo momento y de forma centralizada. También concluyen que se requiere de más estudios de este tipo para ver qué tan efectivo es en la práctica sanitaria real.

Evaluación de calidad de la evidencia: Siguiendo los criterios propuestos de la herramienta ACROBAT-NRSI de evaluación del riesgo de sesgo de estudios observacionales, el estudio presentaba alto sesgo de selección, de detección y de desgaste; sesgos no claro de confusión.

Ficha de lectura crítica del estudio de Chen, et al. 2011.

Limitación	Justificación	Comentarios
En los criterios de inclusión (sesgo de selección)	<ul style="list-style-type: none"> Selección de participantes seleccionados en estudios observacionales no controlados. 	Alto sesgo de selección. No se especifica criterios de inclusión. El personal sanitario involucrado era voluntario
En la medida de los resultados (sesgo de detección)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en el momento temporal en el que se establece la presencia del desenlace de interés. 	Alto sesgo de detección, ya que tenían que confirmar cada vez que un paciente pasaba por el lector.
En el control de los factores de confusión (sesgo de confusión)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en la medida de los factores pronósticos. Errores sistemáticos en el ajuste del análisis estadístico de los factores pronósticos. 	No se realizó análisis para controlar el sesgo de confusión.
En el seguimiento de los pacientes o su duración (sesgo de desgaste)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en el tiempo seguimiento de los participantes expuestos y no expuestos. Errores sistemáticos en el número de pérdidas (gran número de pérdidas o bien estas son diferenciales entre los dos grupos de estudio). 	Alto sesgo de desgaste pues no especifica tiempo del estudio.
<p>Comentario en general: Se trata de un protocolo más una simulación del mismo con pocos resultados estadísticos. No se detallan los criterios de inclusión del poco tamaño muestral que tienen. Personal sanitario involucrado voluntario, que además tenían que confirmar cada lectura realizada. No cuentan tiempo de seguimiento del estudio.</p> <p>Nivel de sesgos: alto sesgo de selección, de detección y de desgaste; sesgo no claro de confusión</p>		

4. Okoniewska et al, 2011⁴¹

Diseño del estudio: Estudio observacional.

Descripción de la población: Pacientes atendidos en una sala médica de unidad clínica universitaria, asociada a la Universidad de Calgary.

Intervención y comparadores: El objetivo fue evaluar la precisión de la ubicación de la tecnología en un entorno hospitalario de un aparato RFID. Se simularon dos situaciones diferentes de trazabilidad del paciente, medido como movimiento del paciente dentro de la sala médica en la que se implantó el sistema de lectura de RFID. Se usó una tarjeta activa de RFID con frecuencia de 2,45 GHz.

Para la validación del sistema los investigadores usaron etiquetas RFID y se colocaron en los techos lectores de RFID en los puntos de entrada/salida de pasillos y simularon que el paciente vagaba moviéndose a través del límite umbral designado. La entrada se validó si se tardaba como máximo 30 segundos en recorrer el pasillo de entrada, es decir, en pasar debajo del primero de los detectores y el segundo de los detectores instalados en la entrada y la salida de dicho pasillo. A lo largo del estudio se realizaron diferentes calibraciones para mejorar la precisión y validando mediciones. No se compararon los resultados con ningún otro tipo de localización de pacientes, ni con la práctica habitual.

Principales resultados: Resultados pacientes: Se grabaron 10 eventos de entrada y 10 de salida en múltiples direcciones. El sistema proporcionó una precisión del 100% en los 20 eventos, sin generar falsos positivos, y con independencia de la dirección de salida o entrada que utilizara el paciente.

Destacan como limitaciones que solo se usó en una única unidad del hospital con la imposibilidad de rastrear etiquetas fuera de esa unidad.

Se objetivaron errores de precisión con promedio de 2 metros (no especifican cuantos errores detectaron).

Conclusiones: En el rastreo de pacientes se encontró que la tecnología era efectiva y precisa en la detección de entradas y salidas de la unidad, un indicador de potencial valor para ciertas funciones de monitorización del paciente. El error de precisión de 2 metros es una importante limitación, pues no permite identificar al paciente en una habitación si hay más de uno por habitación, o si los pacientes están sentados próximos.

Evaluación de calidad de la evidencia: siguiendo los criterios propuestos de la herramienta ACROBAT-NRSI de evaluación del riesgo de sesgo de estudios observacionales, el estudio presentaba sesgos de selección y confusión no claros, así como presencia de sesgo de desgaste.

Se excluyó del análisis la evaluación de la encuesta de satisfacción incluida en el artículo.

Ficha de lectura crítica del estudio de Okoniewska, et al. 2011

Limitación	Justificación	Comentarios
En los criterios de inclusión (sesgo de selección)	<ul style="list-style-type: none"> Selección de participantes seleccionados en estudios observacionales no controlados. 	Sesgo de selección no claro. No se especifica criterios de selección de la muestra.
En la medida de los resultados (sesgo de detección)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en el momento temporal en el que se establece la presencia del desenlace de interés. 	No sesgo
En el control de los factores de confusión (sesgo de confusión)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en la medida de los factores pronósticos. Errores sistemáticos en el ajuste del análisis estadístico de los factores pronósticos. 	No se realizó análisis para controlar el sesgo de confusión.
En el seguimiento de los pacientes o su duración (sesgo de desgaste)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en el tiempo seguimiento de los participantes expuestos y no expuestos. Errores sistemáticos en el número de pérdidas (gran número de pérdidas o bien estas son diferenciales entre los dos grupos de estudio). 	Sesgo de desgaste. Gran número de pérdidas en los encuestados
<p>Comentario en general: Muy buena explicación de la implementación del sistema. Falta de resultados estadísticos, en parte, por la poca respuesta de las encuestas enviadas. Tampoco detallan el motivo por el que solo seleccionaron enfermeras para el estudio, ni los criterios de selección de las mismas ni tampoco de los pacientes que colocaron tarjetas.</p> <p>Nivel de sesgos: sesgo de selección y confusión no claros. Presencia de sesgo de desgaste.</p>		

5. Dobson et al, 2011²³

Diseño del estudio: Revisión sistemática

Descripción de la población: Pacientes de entorno pediátrico y urgencias pediátricas, por ejemplo, unidades de cuidados intensivos neonatales, unidades de cuidado de recién nacidos, ambiente pediátrico de hospital general, sala de operaciones, cuidados críticos o medicina de emergencia.

Intervención y comparadores: Realizaron búsqueda en diferentes bases de datos por dos investigadores independientes en aquellos artículos que aplicaran sistemas de rastreo de pacientes (IR y RFID), en pediatría o áreas relacionadas con urgencias. Se excluyeron artículos donde la aplicación primaria descrita de la tecnología de seguimiento de pacientes era el seguimiento de material sanitario, medicación o transfusiones... Utilizaron la herramienta de Thomas para la evaluación de estudios cuantitativos y las dudas fueron resueltas por consenso o por un tercer revisor, aplicándose el estadístico Kappa para valorar el grado de concordancia. Clasificaron los resultados en 5 categorías generales:

- supervisión infantil/prevención de secuestros por cualquier sistema,
- seguimiento de pacientes en urgencias rastreados por código de barras,
- seguimiento de pacientes en urgencias rastreados por RFID
- seguimiento de pacientes en urgencias rastreados por IR
- combinación de seguimiento de pacientes en urgencias por IR/RFID.

Principales resultados: De 1930 artículos iniciales, tras aplicar criterios de inclusión, quedaron 22, con un grado de acuerdo entre los dos investigadores (coeficiente Kappa) de 0,74.

Respecto a aquellos artículos clasificados dentro de seguimiento por RFID en urgencias solo se encontraron cinco artículos relacionados y solo dos de ellos fueron estudios cuantitativos, uno en términos de eficacia y otro en términos de seguridad. Respecto al de eficacia⁴², se trata de un estudio pre-post implantación que analiza el tiempo necesario para atender a los pacientes en el servicio de urgencias. Los resultados muestran que tras implementar el sistema de seguimiento el tiempo se redujo de 303,6 minutos a 77,2 minutos para una cama aguda y de 236,7 minutos a 73,1 minutos para un tratamiento en una cama de la unidad de cuidados intensivos. El estudio cuantitativo de eficacia de RFID incluido en esta RS no documenta suficientemente los métodos utilizados, es difícil interpretar la fuerza del estudio y la validez de los resultados. Por lo tanto, se calificó como metodológicamente débil.

Conclusiones: Existe apoyo para el uso de RFID en la reducción del tiempo de atención en un servicio de emergencias. En general, faltan estudios metodológicamente fuertes, lo que indica una necesidad de investigación para proporcionar un sólido soporte basado en la evidencia para la implementación de esta tecnología.

Evaluación de calidad de la evidencia: Siguiendo la herramienta de calidad para revisiones sistemáticas AMSTAR, se puede concluir que los resultados de la revisión son poco concluyentes y de baja calidad, en parte por la poca evidencia que hay sobre este tema.

Ficha de lectura crítica del estudio de Dobson et al, 2011.

1. ¿El diseño se proporcionó a priori?	No se puede responder
No se especifica si la pregunta de investigación y los criterios de inclusión se establecieron antes de iniciar la revisión.	
2. ¿La selección de estudios y extracción de datos se realizó por pares?	Si
El proceso de extracción de datos se realizó por dos investigadores independientes, con proceso de consenso en caso de desacuerdo	
3. ¿Se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva?	Si
La búsqueda se realizó en nueve recursos electrónicos, especificando las bases de datos, fechas de realización, términos MESH y las palabras clave empleadas. Faltó por proporcionar la estrategia de búsqueda.	
4. ¿El tipo de publicación (es decir, literatura gris) se empleó como un criterio de inclusión?	No se puede responder
Los autores no especifican si realizaron la búsqueda bibliográfica sin tener en cuenta el tipo de publicación, o si han excluido o no de la revisión sistemática algún estudio en base al tipo de estudio, el idioma, u otras características.	
5. ¿Se proporcionó una lista de estudios (incluidos y excluidos)?	No
Solo proporcionaron una tabla con los artículos incluidos dentro de la categoría "seguimiento por RFID". El resto nada.	
6. ¿Se proporcionaron las características de los estudios incluidos?	No
No se proporcionó información sobre los participantes, intervenciones y resultados procedentes de los estudios originales, solo unos pocos resultados sobre los mismos.	
7. ¿Se evaluó y documentó la calidad de la evidencia de los estudios incluidos?	No se puede responder
Solo se evaluaron mediante la herramienta Thomas aquellos estudios cuantitativos. Al resto de estudios no aplicaron herramientas de calidad.	
8. ¿Se empleó de manera adecuada la calidad de la evidencia de los estudios incluidos en la formulación de conclusiones?	No se puede responder
Hay poca mención sobre como aplicaron la herramienta, solo comentan que la metodología de esos estudios fue débil.	
9. ¿Se emplearon métodos adecuados para el análisis agregado de los hallazgos de los estudios?	No aplicable
No se puede aplicar pues eran estudios muy heterogéneos	
10. ¿Se valoró la probabilidad de sesgo de publicación?	No
11. ¿Se declaró la existencia de conflictos de interés?	No
Comentarios en general: revisión sistemática de baja calidad pues incluyeron artículos con metodología muy diferente para el seguimiento de pacientes. No se proporcionó lista de artículos incluidos (solo una parte de ellos), solo se detallan algunos resultados relevantes sobre los estudios (sin especificar las características principales de los mismos), no utilizan herramientas de evaluación de calidad a todos los artículos.	

6. Saito et al, 2013⁴³

Diseño del estudio: Estudio observacional.

Descripción de la población: Se etiquetaron y capturaron lecturas realizadas por dos lectores de RFID a una muestra de 1 a 4 personas y equipo médico resultando un total de 120 lecturas en el seguimiento de personas y equipos médicos con etiquetas RFID en un hospital de Japón en el año 2013.

Intervención y comparadores: El objetivo principal del estudio fue evaluar la eficacia del sistema implantado en el seguimiento de personas y equipamiento. Como objetivo secundario evidenciar si existían interferencias de los equipos médicos y en la identificación de los pacientes. Se colocó el lector RFID en el techo de un laboratorio, y las tarjetas RFID (no especifican su frecuencia) en personas y equipos médicos, calculándose la tasa de lectura en lugares aleatorios. No se analizaron los datos comparando con ninguna otra técnica de rastreo o práctica clínica habitual.

Principales resultados: Se objetivó una tasa de localización de más del 95%, aunque encontraron errores en la precisión en función del lugar donde estuviera colocada la etiqueta. Todas las etiquetas colocadas en el cuello fueron reconocidas. Además, se mostró la ausencia de interferencias con aparatos electrónicos puesto que no hubo ningún error de lectura por interferencias electromagnéticas al colocar otros aparatos, ni errores debido al propio funcionamiento de ellos (ECG, monitor de cabecera, ECO-cardio, termómetro, respirador...).

Conclusiones: Concluyen que podría ser es una buena tecnología para sustituir la identificación por código de barras si el precio baja.

Evaluación de calidad de la evidencia: Siguiendo los criterios propuestos de la herramienta ACROBAT-NRSI de evaluación del riesgo de sesgo de estudios observacionales, el estudio presentó nivel no claro de sesgos de selección y de confusión.

Ficha de lectura crítica del estudio de Saito et al. 2013

Limitación	Justificación	Comentarios
En los criterios de inclusión (sesgo de selección)	<ul style="list-style-type: none"> Selección de participantes seleccionados en estudios observacionales no controlados. 	Sesgo de selección no claro pues no especifican criterios de inclusión y exclusión de la muestra.
En la medida de los resultados (sesgo de detección)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en el momento temporal en el que se establece la presencia del desenlace de interés. 	No aplica
En el control de los factores de confusión (sesgo de confusión)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en la medida de los factores pronósticos. Errores sistemáticos en el ajuste del análisis estadístico de los factores pronósticos. 	No se realizó análisis para controlar el sesgo de confusión. No se detallan las variables estudiadas.
En el seguimiento de los pacientes o su duración (sesgo de desgaste)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en el tiempo seguimiento de los participantes expuestos y no expuestos. Errores sistemáticos en el número de pérdidas (gran número de pérdidas o bien estas son diferenciales entre los dos grupos de estudio). 	Sesgo no claro. No especifica tiempo de seguimiento del estudio ni si hubo pérdidas entre los grupos.
<p>Comentario en general: No se puede establecer la presencia de sesgos por la gran falta de datos y la poca calidad del estudio. Solo detallan el porcentaje de la correcta estimación de localización del personal y la no interferencia con aparatos electrónicos, y la ausencia de errores e interferencias, sin detallar otro tipo de resultados.</p> <p>Nivel de sesgo: Sesgo de selección, de confusión y de desgaste no claro</p>		

7. Vakili et al, 2015⁴⁴

Diseño del estudio: Estudio observacional

Descripción de la población: 112 pacientes externos de una clínica oftalmológica de Baltimore, EEUU.

Intervención y comparadores: Se instalaron lectores para los sistemas IR y RFID en un espacio delimitado de la clínica, por lo que algunos participantes fueron rastreados a través de una sala de examen, algunas a través de múltiples salas de examen, y algunas a través de un examen en habitaciones no supervisadas, dependiendo del participante en particular. Todas las medidas incluyeron, eso sí, el tráfico de recepción para ingreso y alta. Los participantes recibieron etiquetas IR y RFID para medir el tiempo que pasaron en varias dependencias y un investigador instruyó a los participantes a simplemente usar su etiqueta IR o RFID proporcionada en cada habitación de la clínica. A los pacientes no se les dijo que siguieran ningún camino en particular para que su flujo imitara situaciones del mundo real. Simultáneamente, los investigadores registraron los tiempos en que los pacientes se movieron entre las habitaciones y se compararon con la medición de tiempo en la práctica habitual.

Principales resultados: La proporción de eventos registrados con éxito por el sistema RFID (83,7%) fue significativamente mayor que el obtenido con el IR sistema (75,4%, $p < 0,001$). El sistema IR registró con éxito 94,4% de los eventos ($p = 0,002$; OR = 3,83 en comparación con el sistema RFID, 82,4% de tasa de éxito). IR experimentó más falsos positivos (un 2,3% de tasa) de causa indeterminada.

No hubo diferencia estadística entre el IR, RFID y mediciones de tiempo manual de seguimiento del paciente ($p > 0,05$ para todas las comparaciones). La diferencia media entre RFID y el cronómetro fue de 12,9 s ($p = 0,47$), y entre el IR y cronómetro fue de 20,9 s ($p = 0,13$).

Conclusiones: Dentro de los sistemas de seguimiento de pacientes, un sistema personalizado de bajo coste que utiliza tecnología pasiva RFID funcionó mejor que un sistema comercial que utiliza IR. Ambos son efectivos e igualmente precisos para proporcionar información de flujo de pacientes. Dado que RFID es más barato, puede ser una opción atractiva para clínicas más pequeñas con presupuestos más limitados.

Evaluación de calidad de la evidencia: Siguiendo los criterios propuestos de la herramienta ACROBAT-NRSI de evaluación del riesgo de sesgo de estudios observacionales, el estudio presentaba alto sesgo de detección, sesgo de selección y de confusión no claro.

Ficha de lectura crítica del estudio de Vakili et al, 2015

Limitación	Justificación	Comentarios
En los criterios de inclusión (sesgo de selección)	<ul style="list-style-type: none"> Selección de participantes seleccionados en estudios observacionales no controlados. 	Sesgo de selección no claro, pues no se especifica datos demográficos de la población ni criterios de inclusión.
En la medida de los resultados (sesgo de detección)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en el momento temporal en el que se establece la presencia del desenlace de interés. 	Sesgo de detección claro pues la identificación por RFID era manual, es decir, el paciente tenía que pasar la tarjeta por el lector que le confirmaba la lectura, mientras que con IR era inalámbrica y sin confirmación.
En el control de los factores de confusión (sesgo de confusión)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en la medida de los factores pronósticos. Errores sistemáticos en el ajuste del análisis estadístico de los factores pronósticos. 	No se realizó análisis para controlar el sesgo de confusión.
En el seguimiento de los pacientes o su duración (sesgo de desgaste)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en el tiempo seguimiento de los participantes expuestos y no expuestos. Errores sistemáticos en el número de pérdidas (gran número de pérdidas o bien estas son diferenciales entre los dos grupos de estudio). 	No sesgo de desgaste
<p>Comentario en general: Excelente explicación de la implementación de la tecnología, así como del coste sobre cada elemento necesitado para realizar el estudio. Faltó explicación más profunda de la muestra y sus criterios de inclusión, datos demográficos de la población.</p> <p>Nivel de sesgos: Alto sesgo de detección, sesgo de selección y de confusión no claro</p>		

8. Wang et al, 2016⁴⁵

Diseño del estudio: estudio observacional pre-post implantación.

Descripción de la población: 40 participantes (enfermeros, médicos, personal de cuidados al paciente) en el servicio de urgencias de un hospital de Rochester en Manchester durante el año 2016.

Intervención y comparadores: Evaluar el tiempo perdido mediante un sistema de búsqueda asistido por RFID. En una primera etapa se midió el tiempo que los participantes tardaban en realizar diferentes tareas en sus escenarios cotidianos, y posteriormente se comparó esos datos con los tiempos de búsqueda tras implementar RFID (indicador = ahorro de tiempo como la diferencia del tiempo de búsqueda antes y después de implementación). También realizaron una encuesta del personal de Urgencias para comparar su opinión sobre la búsqueda de equipos, personal y pacientes por turno y por rol, y por último, determinaron el coste del tiempo ahorrado mediante un análisis de costes basados en la actividad realizada.

Principales resultados: Las enfermeras invierten el 22% de su tiempo de trabajo (1h 46 min) en la búsqueda de pacientes, equipos y otro personal en un servicio de urgencias. Los auxiliares el 14% (1h 9 min) y los médicos 5% (23 min). La aplicación del RFID supuso reducción media del 87% del tiempo de búsqueda

Conclusiones: Un sistema de búsqueda controlado por RFID puede disminuir los retrasos en el flujo de búsqueda en los servicios de emergencias, lo que resulta en un valioso ahorro de coste y de tiempo.

Evaluación de calidad de la evidencia: siguiendo los criterios de la herramienta ACROBAT-NRSI de evaluación del riesgo de sesgo de estudios observacionales, destacando un nivel de sesgo no claro de selección, de detección y de confusión.

Se excluyó del análisis la evaluación de la encuesta de satisfacción incluida en el artículo.

Ficha de lectura crítica del estudio de Wang et al 2016

Limitación	Justificación	Comentarios
En los criterios de inclusión (sesgo de selección)	<ul style="list-style-type: none"> Selección de participantes seleccionados en estudios observacionales no controlados. 	Sesgo no claro pues no se especifica los criterios de selección de la muestra (40 participantes).
En la medida de los resultados (sesgo de detección)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en el momento temporal en el que se establece la presencia del desenlace de interés. 	Sesgo no claro, pues no se detalla el procedimiento de registro de tiempos antes/después de utilizar RFID
En el control de los factores de confusión (sesgo de confusión)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en la medida de los factores pronósticos. Errores sistemáticos en el ajuste del análisis estadístico de los factores pronósticos. 	No se realizó análisis para controlar el sesgo de confusión. No se detallan las variables estudiadas.
En el seguimiento de los pacientes o su duración (sesgo de desgaste)	<ul style="list-style-type: none"> Errores sistemáticos en el tiempo seguimiento de los participantes expuestos y no expuestos. Errores sistemáticos en el número de pérdidas (gran número de pérdidas o bien estas son diferenciales entre los dos grupos de estudio). 	No aplica
<p>Comentario en general: Muy baja calidad y sesgos no claros pues falta mucha cantidad de información en el artículo. Poca redacción de la metodología, no explican criterios de inclusión y/o exclusión de la muestra, el análisis estadístico se limita a poner el porcentaje de tiempo gastado con la práctica habitual versus RFID y su implicación económica.</p> <p>Nivel de sesgo: Sesgo de selección, de detección y de confusión no claro</p>		

Seguridad del paciente

En la tabla 3 se muestra detalladamente la información relacionada con las características de la población y de los estudios clasificados según si las variables de resultado expresaban seguridad.

Tabla 3. Características de la población y de los estudios con variables de resultado de seguridad

Cita Abreviada	Período realización	Diseño	Muestra	Intervención y comparador	Período seguimiento
Liu, et al.	2009	Estudio observacional	Pacientes quirúrgicos atendidos por 174 sanitarios	Tarjeta RFID activa (frecuencia 2,4 GHz). No comparador	Agosto 2007 a julio 2008
Ohashi, et al.	2009	Estudio observacional	Pacientes hospitalizados atendidos por 8 enfermeras	RFID pasiva (13,56 MHz) y activa (300 MHz). Comparador con código de barra	4 meses
Dobson, et al.	2011	Revisión sistemática	Pacientes pediátricos	Búsqueda de tecnologías de seguimiento de pacientes, (ej infrarrojos o RFID) Se encontró 5 artículos de RFID y ningún estudio para RFID combinada con IR.	Hasta 2009

1. Liu et al, 2009¹⁹

Diseño del estudio: Estudio observacional

Descripción de la población: Pacientes quirúrgicos en un hospital de Taiwan en el período entre agosto 2007 y julio 2008.

Intervención y comparadores: Con el objetivo de controlar el flujo de trabajo de los pacientes quirúrgicos mediante RFID (frecuencia 2,4 GHz), se utilizaron el sistema PAMS de monitorización para el seguimiento del paciente que integra múltiples puertos de entrada de datos a través de los puertos multifuncionales de equipos quirúrgicos. Se colocó una tarjeta activa en cada uno de los pacientes y los lectores RFID en los techos de las salas, de modo que registraban la entrada de los 20 puntos de control. Cuando los pacientes iban avanzando en cada estación, los lectores de RFID en los techos identificaban la entrada automáticamente, sin la necesidad de alineación de las etiquetas de código de barras de pulsera tradicionales.

Además de los mecanismos establecidos para medir eficacia, respecto a la

seguridad, se analizó el problema de la interferencia con otros aparatos presentes en las salas del hospital.

Principales resultados: No hubo problemas de interferencias en la lectura de las etiquetas RFID, solo se encontró en el período inicial entre los lectores de dos estaciones de enfermería de los pisos adyacentes, que fue resuelto después del cambio de dirección de antena.

Conclusiones: Los problemas de seguridad relativos a la posible interferencia con otros aparatos presentes en los hospitales no parecen ser muy frecuentes, y cuando aparecen se pueden resolver de modo sencillo.

Evaluación de calidad de la evidencia: Siguiendo los criterios propuestos de la herramienta ACROBAT-NRSI y tal y como se detalla en el apartado de eficacia, el estudio presentaba sesgos no claros de selección.

2. Ohashi, et al. 2009³⁹

Diseño del estudio: Estudio observacional.

Descripción de la población: Un número indeterminado de pacientes atendidos por 8 enfermeras voluntarias en un hospital de Tokyo en el año 2009.

Intervención y comparadores: Para evaluar la eficacia del RFID para el seguimiento de pacientes en un hospital, se desarrolló un sistema de seguimiento para rastrear la intervención clínica (administraciones de medicamentos y los análisis de sangre) en la cabecera del paciente.

Con la misma metodología utilizada para eficacia y respecto a la seguridad, se estudiaron las identificaciones erróneas de los pacientes y los errores médicos cometidos.

Principales resultados: Se observaron un número no publicado de errores de identificación: en un caso, se duplicó un mensaje de error a pesar de que solo se detectó un medicamento incorrecto, el carro médico a veces no se detectaba porque la enfermera desconocía el área de detección, hubo una desconexión de la red inalámbrica durante el experimento. Con respecto al flujo de trabajo no hubo errores de identificación del personal de enfermería.

Conclusiones: Los resultados demuestran que se evitaron problemas de identificación de pacientes y administración de medicación, y los autores destacan el gran potencial para la reducción de errores médicos.

Evaluación de calidad de la evidencia: siguiendo los criterios propuestos de la herramienta ACROBAT-NRSI de evaluación del riesgo de sesgo de estudios observacionales, y como se detalla en el apartado de eficacia, el estudio presentaba alto sesgo de selección y de desgaste, sesgo de detección y de confusión no claro.

3. Dobson et al, 2011²³

Diseño del estudio: revisión sistemática

Descripción de la población: pacientes de entorno pediátrico y urgencias pediátricas, por ejemplo, unidades de cuidados intensivos neonatales, unidades de cuidado de recién nacidos, ambiente pediátrico de hospital general, sala de operaciones, cuidados críticos o medicina de emergencia.

Intervención y comparadores: se realizó búsqueda en diferentes bases de datos de aquellos artículos que describieron el uso de sistemas de rastreo de pacientes (IR y RFID) en la seguridad respecto a la localización de pacientes y la transmisión de información clínica.

Principales resultados: De los 3 estudios encontrados, 2 describen el uso de RFID para la evaluación de seguridad en la localización del paciente y transmisión de información sin aportar ninguna medida de resultado y el tercero explora los factores predictivos de adopción en el personal sanitario. Respecto a los artículos de la categoría seguimiento basado en IR/RFID en urgencias pediátricas no se identificó estudios cuantitativos combinando ambas tecnologías, solo estos dos artículos que describían la implementación o posibles aplicaciones de ambos sistemas

Conclusiones: Existe apoyo para el uso de RFID en la mejora de la seguridad del paciente en la Unidad de Urgencias. En general, faltan estudios metodológicamente fuertes, lo que indica una necesidad de investigación para proporcionar un sólido soporte basado en la evidencia para la implementación de esta tecnología.

Evaluación de calidad de la evidencia: siguiendo la herramienta de calidad para revisiones sistemáticas AMSTAR, se puede concluir que los resultados de la revisión son poco concluyentes y de baja calidad, en parte por la poca evidencia que hay sobre este tema (la evaluación de la calidad metodológica de este artículo se encuentra expuesta en el apartado de eficacia).

Impacto ético y/o legal

No se encontró ningún estudio que midieran resultados sobre ética o legalidad con RFID en seguimientos de pacientes.

Discusión

Tras realizar una búsqueda exhaustiva centrada en el seguimiento de pacientes en el entorno hospitalario, nuestra búsqueda nos permite afirmar que no existen ensayos clínicos ni revisiones sistemáticas con estudios cuantitativos de una calidad aceptable.

De los 8 artículos incluidos solo uno de ellos presentaba calidad moderada, un 22,22% calidad baja y el 66,67% muy baja calidad. Destaca también la heterogeneidad de los diferentes estudios, tanto en el tipo de estudio, en la metodología como en las medidas de resultados estudiadas.

Esto hace difícil la extrapolación de los resultados, pero con un alto grado de incertidumbre se pueden extraer ciertas conclusiones y sugerir posibles líneas futuras de investigación.

Eficacia

A nivel general, se puede englobar las variables de resultado sobre eficacia en variables relacionadas con el tiempo empleado en el seguimiento de los pacientes y variables relacionadas con la exactitud de la localización. Nos encontramos con diferentes formas de estudiarla según el artículo analizado:

- Duración de los procedimientos en comparación con la práctica habitual, tanto relacionado con la productividad laboral (tiempos de respuesta) como tiempos de administración de medicamentos.
- Y precisión en la localización de las tarjetas RFID colocadas en pacientes, personal y material sanitario.

La heterogeneidad mencionada anteriormente, imposibilita la comparación entre los diferentes estudios, por lo que a continuación se realiza una descripción de los resultados.

Respecto a los tiempos de trabajo, todos los estudios incluidos objetivan una disminución tras implementar el sistema RFID. El estudio realizado por Liu¹⁹ en quirófanos estimó que las tasas de retraso de la primera operación disminuyeron del 4% a 1% y el tiempo promedio de retraso se redujo de 25 a 10 minutos. Por otro lado, en la revisión sistemática de Dobson²³ en uno de sus estudios incluidos destaca la reducción en el tiempo dedicado a la asistencia sanitaria de 303,6 minutos a 77,2 minutos para una cama aguda y de 236,7 minutos a 73,1 minutos en unidades de cuidados intensivos. En esa línea, Wang⁴⁵ describe una reducción media del 87% del tiempo de búsqueda (en pacientes, personal sanitario y material). Chen⁴⁰

en su estudio descriptivo estimó un tiempo de asistencia promedio de 38,4 minutos, desde su entrada en urgencias hasta finalizar la asistencia médica sin que compare este resultado con ningún dato basado en otro sistema de rastreo o la práctica clínica general. Por último, el estudio de Vakili⁴⁴, que comparó varios sistemas de identificación con el tiempo que se empleaba en la práctica habitual, objetivó una diferencia media entre RFID y la práctica habitual de 12,9 s, y entre el infrarrojo y la práctica habitual de 20,9 s.

Por otro lado, en términos de precisión en la localización de pacientes, personal y material, el estudio realizado por Saito⁴³ habla de una correcta localización en más del 95%, si las tarjetas RFID estaban colocadas en el cuello esta precisión fue del 100%, sin evidenciar ningún error en la lectura por interferencias con otros aparatos. En esa misma línea, tanto Chen⁴⁰ como Okoniewska⁴¹ no detectaron ningún fallo en la precisión de localización.

Pese a que todos los estudios excepto uno presentan calidad baja o muy baja en su metodología y exposición de los resultados, si que podrían significar casos de éxito que parecen mostrar que la implementación del sistema RFID podría disminuir la búsqueda de flujo de trabajo, ahorrar tiempo tanto de administración de medicación como de la trazabilidad de las transfusiones sanguíneas, e incluso parece que es muy preciso en la localización de personas, tanto de pacientes como personal sanitario, solo detectando errores en la localización en caso de material sanitario⁴¹.

Seguridad

En este caso, también nos encontramos con heterogeneidad en las medidas de desenlace. En los estudios encontrados, la seguridad se midió por un lado mediante cuantificación de errores encontrados durante la implementación del sistema RFID, es decir, errores en la identificación de pacientes, en la administración de medicamentos, así como mejora en algunas variables relacionadas con seguridad del paciente. Por ejemplo, el estudio de Liu¹⁹ destaca un 100% de cumplimiento del listado de verificación quirúrgica desde implementación del sistema y una disminución en la pérdida de instrumentos.

En cuanto a la disminución del número de errores, Millan⁴⁶ documentó 18 errores durante el estudio mediante el sistema antiguo de identificación, 22 mediante el RFID. Es decir, se mejoró el nivel de seguridad ya que se detectó aumento del número de errores que mediante el sistema antiguo no se detectó, aunque podría estar justificados por el sesgo de detección. El estudio de Ohashi³⁹ no cuantifica el número de fallos y no evidenciaron de forma visual ningún error en la identificación del personal.

Dobson et al²⁵ en la revisión sistemática encontrada comenta en sus

conclusiones la mejora en la seguridad del paciente tras implementar el sistema RFID, sin que sea posible cuantificar errores de identificación o localización en los resultados del metaanálisis, ya que no presenta ni variables de seguridad ni resultados.

En este caso, también faltan estudios metodológicamente fuertes. Las variables relacionadas con seguridad están muy poco estudiadas en la bibliografía encontrada y a excepción de un único artículo que habla sobre aumento de errores tras implantar RFID⁴⁶ y otro que hallaron el mismo número de reducción de fallos⁴¹, el resto sí que concluyen que tras su implementación hay una mejora en la seguridad con disminución del número de errores en la identificación y administración de medicación.

Encuestas de satisfacción

Aunque no es objetivo del informe, dentro de algunos estudios incluidos en el análisis exhaustivo, se encontraron encuestas de satisfacción sobre la implementación del sistema RFID tanto a personal sanitario como a pacientes. Liu¹⁹ expone que el 91,3% de sus encuestados refieren que el sistema es propicio para mejorar la identificación del paciente y promover la seguridad de las operaciones quirúrgicas, el 72,2% que servía para la mejora de la eficacia y el 78,3% destacó su facilidad de uso. En general, en este estudio hubo un nivel de satisfacción del 80%. Por otro lado, Ohashi et al³⁹ detalla una satisfacción general de 4,3 sobre 5, la eficacia fue valorada con un 4,7.

En ambos estudios también detallan aspectos negativos. En el primer caso, la principal queja de los usuarios radica en el tiempo adicional consumido para los formularios electrónicos que los trabajadores tenían que cumplimentar a modo de check list para asegurar que se cumplían con los protocolos de seguridad. En el segundo estudio, las cuestiones peores valoradas estaban relacionadas con la carga de trabajo y entusiasmo con el nuevo sistema (2,3), destacando que daba miedo confiar en él, y la privacidad fue valorada con un 3,3.

En general, por parte de los usuarios y los pacientes, este nuevo sistema tiene una buena aceptación, limitándose inicialmente por el período de aprendizaje que requiere, pero destacando aspectos positivos tanto en la eficacia como la seguridad.

Ética

Respecto a los problemas éticos asociados a esta tecnología, fue imposible encontrar ningún artículo indexado en revistas científicas. La literatura gris, los estudios no indexados en bases de datos científicas, y la búsqueda en Google de páginas webs de la industria y blogs respecto a esta tecnología, refieren la falta de privacidad como uno de los problemas éticos y legales más relevantes.

Destaca el artículo de Cap gemini en 2005⁴⁶ sobre los aspectos de privacidad del RFID frente a otras tecnologías que mostraba la opinión del público:

Tabla 4: impacto en la privacidad del RFID frente a otras tecnologías.

RFID frente a:	Mayor impacto	Mismo impacto	Menor impacto	No sabe/ no contesta
Teléfonos móviles	36	33	10	21
Tarjeta de debito	36	29	7	26
Tarjeta de crédito	41	31	8	20
Cajeros automáticos	41	32	8	19
Tarjetas de compra	42	33	7	18
Control de equipajes	45	31	6	18
Tarjetas inteligentes	46	28	6	20
Teléfonos con cámara	34	32	10	24

Dicha tabla muestra la opinión del público sobre cómo percibe la privacidad de RFID frente a la privacidad apreciada de otras tecnologías/soluciones tecnológicas. Es decir, los porcentajes de gente que opinan que RFID tiene mayores problemas de privacidad, menores o igual es que las tecnologías con las que se le compara.

Es interesante notar cómo RFID en general se percibe como causante de un mayor impacto en la privacidad. Este resultado muestra la preocupación que puede suscitar en el público el aspecto de la privacidad de los dispositivos RFID, lo cual puede suponer un problema si no se trata con la adecuada prudencia.

Limitaciones

La clave para las limitaciones de la evidencia localizada, ya sea en términos de eficacia o seguridad, fue la heterogeneidad del diseño de los estudios publicados y de las medidas de desenlace. Se trataban principalmente de estudios observacionales con muchos sesgos pues la mayoría no presentaban una definición de las variables incluidas, no detallaban tiempo de seguimiento, no especificaban criterios de inclusión ni descripción de la muestra estudiada. Algunos incluían encuestas de satisfacción al personal y a pacientes sin ser objetivo del estudio. Por este motivo, la robustez de los resultados obtenidos es muy limitada, así como la extrapolación o generalización de los mismos. No se encontraron estudios que se pudieran comparar, que cumplieran criterios de inclusión y exclusión establecidos, y que evaluaran los resultados de igual forma.

Además, hay que añadir que existen factores relacionados con el centro hospitalario y los profesionales sanitarios que pueden condicionar los resultados (infraestructura del centro, cantidad de personal sanitario, formación del mismo, selección individualizada de los pacientes, servicio en el que se implanta el sistema, complejidad del centro sanitario, etc.). Por ello, puede ocurrir que no puedan generalizarse los resultados, por ejemplo, las variables de resultado relacionadas con los tiempos (tiempos de repuesta, tiempos de administración...)

Lagunas de conocimiento

Tras la elaboración del informe, se identificaron y se proponen diversas líneas de investigación futura que podrían generar evidencia científica que ayudase a la toma de decisiones en la práctica clínica.

La principal línea detectada se centró en el tipo de estudio. Casi todos los estudios encontrados eran artículos de opinión, revisiones de la literatura e implementación de protocolos. En ellos se comentaba sobre la aplicabilidad del sistema RFID, sobre su mejora teórica en cuestión de eficacia y seguridad con respecto a las prácticas habituales y los beneficios para el sistema. Por este motivo serían necesarios ensayos clínicos y estudios observacionales comparativos (como estudios de cohortes prospectivos) que evaluaran la eficacia y seguridad en nuestro entorno.

También sería conveniente establecer correctamente las variables de resultado propuestas en los diferentes estudios. Sobre todo, en lo referente a la disminución de los tiempos de trabajo, de la mejora en la productividad laboral, de la disminución del número de errores, o en otras variables en la mejora de la seguridad del paciente.

Es interesante para los profesionales y para el propio Sistema Nacional de Salud (SNS) contar con estudios que justifiquen el uso de la identificación de pacientes por radiofrecuencia, así como aprovechar este tipo de dispositivos para incluir otro tipo de información: antecedentes médicos, medicación administrada, posología de los fármacos, alergias...

Por último, sería conveniente que los estudios realizados identificasen adecuadamente los parámetros considerados, con el objetivo de permitir analizar los proyectos evitando heterogeneidad en cuanto a la implementación del sistema, características de pacientes, características del personal sanitario incluido..., con el fin de que no limiten la extrapolación de resultados.

Conclusiones

El número escaso de estudios incluidos y la heterogeneidad de los artículos encontrados, con diferencias importantes en sus variables de medida y en los parámetros de resultado, tanto en términos de eficacia como de seguridad, no permiten basar las conclusiones de este informe en una evidencia científica sólida que resuelva la discusión de que la tecnología RFID podría tener amplias posibilidades en el mundo de la salud.

Aun así, extrapolando el conocimiento pensamos que RFID presenta como ventaja frente a otras tecnologías su capacidad para, sólo o en cooperación con la infraestructura inalámbrica existente en el centro sanitario, poder realizar el seguimiento de todos aquellos objetos etiquetados: material sanitario, pacientes y personal sanitario.

Entendemos que esta es la potencialidad de esta aplicación que viene despertando un creciente interés, ya que los problemas logísticos en un centro que debe gestionar tanto personal (pacientes, personal sanitario, visitas) como material sanitario y equipos, son enormes.

No obstante, la escasez de literatura científica de calidad hace sospechar que la adopción de la tecnología RFID para el rastreo de pacientes en el medio hospitalario está siendo lenta debido a la necesidad de realizar un diseño adaptado a las características técnicas, arquitectónicas y requisitos funcionales propios del centro donde se desea integrar. Acompañado del coste o inversión que supone implantar un sistema RFID. A pesar de que los costes están disminuyendo, casi todos los estudios encontrados refieren reticencias a invertir en una tecnología que aún no ha sido ampliamente adoptada, validad su eficacia y seguridad y cuyos retornos a corto plazo no están claros.

Por último, pero en absoluto lo menos importante es la inexistencia de unos estándares claros y unas políticas de protección de datos bien definidas.

A la vista de todo lo anterior concluimos que, en el caso del rastreo de pacientes con RFID en hospitales puede ser beneficioso en ahorros de tiempo invertido en los procedimientos de seguimiento de pacientes, y en la minimización de los errores humanos, en un entorno ya seguro en el que problema de la privacidad tendría menos relevancia, pero que las limitaciones en la evidencia con este dispositivo, impide en este momento hacer una recomendación de uso generalizado en espera de nuevas investigaciones y desarrollo de sistemas que demuestren que esta tecnología sea cada vez más viable, en cualquier escenario de un entorno sanitario.

Anexos

Anexo I. Estrategia de búsqueda bibliográfica

OID (MEDLINE) – Healthcare applications

Búsqueda	Estrategia	Resultado
#1	'RFID'	546
#2	'Radiofrequency Identification'	7422
#3	'healthcare applications'	10809
#4	#1 AND #3	33
#5	#2 AND #3	11
#6	#4 OR #5	39

OID (MEDLINE) – Security and efficiency

Búsqueda	Pregunta	Resultado
#1	'RFID'	546
#2	'Radiofrequency Identification'	7422
#3	'healthcare applications'	10809
#4	#1 AND #3	33
#5	#2 AND #3	11
#6	#4 OR #5	39
#7	'Security'	8592
#8	'Efficiency'	17732
#9	#6 AND #7	2
#10	#6 AND #8	1
#11	#6 AND #7 AND #8	0

Pubmed (MEDLINE) – RFID, safety patient and healthcare application

Búsqueda	Pregunta	Resultado
#1	"radio frequency identification device"[MeSH Terms]	413
#2	RFID	907
#3	RFID healthcare	165
#4	RFID safety patient	131
#5	("radio frequency identification device"[MeSH Terms] OR ("radio"[All Fields] AND "frequency"[All Fields] AND "identification"[All Fields] AND "device"[All Fields]) OR "radio frequency identification device"[All Fields] OR "rfid"[All Fields]) AND ("patient safety"[MeSH Terms] OR ("patient"[All Fields] AND "safety"[All Fields]) OR "patient safety"[All Fields] OR ("safety"[All Fields] AND "patient"[All Fields]) OR "safety patient"[All Fields])	131
#6	#5 AND [human]/lim	103
#7	#6 AND 'Healthcare application'	6

Pubmed (MEDLINE) – RFID

Búsqueda	Pregunta	Resultado
#1	"radio frequency identification device"[MeSH Terms]	413
#2	RFID	907
#3	RFID healthcare	165
#4	RFID safety patient	131
#5	'efficiency'	140233
#6	("radio frequency identification device"[MeSH Terms] OR ("radio"[All Fields] AND "frequency"[All Fields] AND "identification"[All Fields] AND "device"[All Fields]) OR "radio frequency identification device"[All Fields] OR "rfid"[All Fields]) AND ("patient safety"[MeSH Terms] OR ("patient"[All Fields] AND "safety"[All Fields]) OR "patient safety"[All Fields] OR ("safety"[All Fields] AND "patient"[All Fields]) OR "safety patient"[All Fields]) AND ("efficiency"[MeSH Terms] OR "efficiency"[All Fields])	25
#7	#5 AND [human]/lim	19

EMBASE

Búsqueda	Pregunta	Resultado
#1	'Radiofrequency identification'	957
#2	'RFID'	1078
#3	#1 OR #2	1454
#4	safety	975159
#5	efficiency	390756
#6	#3 AND #4 AND #5	51
#7	#6 AND 'human'/de	37
#8	AND [embase]/lim	30

HTA (Health Technology Assessment)

Búsqueda	Pregunta	Resultado
#1	'RFID'	1
#2	'Radiofrequency identification'	0

The Cochrane Library Plus (CENTRAL, Cochrane Systematic Reviews Database)

Búsqueda	Pregunta	Resultado
#1	'RFID'	9
#2	'Radiofrequency identification'	0

Anexo II. Bibliografía clasificada según sus motivos de exclusión/inclusión

1. Estudios excluidos (n=107)

Motivos de 1ª exclusión	n
Población diferente a la población diana	30
Intervención diferente a la del estudio	11
Diseño del estudio	32
Protocolos	15
Otros motivos	
• Estudios no encontrados	9
Motivos de 2ª exclusión	n
Resultados	3
Diseño de estudios	4
Protocolos	2

Población diferente a la estudiada

Filho MA, Marra AR, Magnus TP, Rodrigues RD, Prado M, de Souza Santini TR, da Silva Victor E, Ishibe EI, Pavão Dos Santos OF, Edmond MB. Comparison of human and electronic observation for the measurement of compliance with hand hygiene. *Am J Infect Control*. 2014 Nov;42(11):1188-92.

Geon-Tae Hwang, Donggu Im, Sung Eun Lee, Jooseok Lee, Min Koo, So Young Park, Seungjun Kim, Kyoungheon Yang, Sung June Kim, Kwyro Lee, Keon Jae Lee. In vivo silicon-based flexible radio frequency integrated circuits monolithically encapsulated with biocompatible liquid crystal polymers. *ACS Nano*, 2013, 7(5):4545–4553.

Xiaolu Fei, Shanshan Li, Shan Gao, Lan Wei, and Lihong Wang. Application safety evaluation of the radio frequency identification tag under magnetic resonance imaging. *Biomed Eng Online*. 2014 Sep 4;13:129.

Cheng CY, Chai JW. Deployment of RFID in healthcare facilities-experimental design in MRI department. *J Med Syst*. 2012 Dec;36(6):3423-33.

Liu CF, Hwang HG, Kuo KM, Hung WF. A call for safer utilization of radio frequency identification in the e-health era. *Telemed J E Health*. 2011 Oct;17(8):615-9.

Van der Togt R, Van Lieshout EJ, Hensbroek R, Beinat E, Binnekade JM, Bakker PJ. Electromagnetic interference from radio frequency identification inducing potentially hazardous incidents in critical care medical equipment. *JAMA*. 2008 Jun 25;299(24):2884-90

Catarinucci L, Colella R, De Blasi M, Patrono L, Tarricone L. Enhanced UHF RFID tags for drug tracing. *J Med Syst*. 2012 Dec;36(6):3451-62

Kusuda K, Yamashita K, Ohnishi A, Tanaka K, Komino M, Honda H, Tanaka S, Okubo T, Tripette J, Ohta Y. Management of surgical instruments with radio frequency identification tags. *Int J Health Care Qual Assur*. 2016;29(2):236-47.

Francis DL, Prabhakar S, Sanderson SO. A quality initiative to decrease pathology specimen-labeling errors using radiofrequency identification in a high-volume endoscopy center. *Am J Gastroenterol*. 2009 Apr;104(4):972-5.

Dauphine C., Goldberger L., Schroeder J., Barone J. A multicenter prospective evaluation of a radiofrequency identification tag in the localization of nonpalpable breast lesions. *Annals of Surgical Oncology* 2016 23:3 Supplement 1 (348-349)

Yang MT, Huang SY. Appearance-based multimodal human tracking and identification for healthcare in the digital home. *Sensors (Basel)*. 2014 Aug 5;14(8):14253-77.

Katz JE, Rice RE. Public views of mobile medical devices and services: a US national survey of consumer sentiments towards RFID healthcare technology. *Int J Med Inform*. 2009 Feb;78(2):104-14.

Duregger K, Hayn D, Morak J, Ladenstein R, Schreier G. An mHealth system for toxicity monitoring of paediatric oncological patients using Near Field Communication technology. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2015;2015:6848-51.

Hsu YL, Yang CC, Tsai TC, Cheng CM, Wu CH. Development of a decentralized telehomecare monitoring system. *Telemed J E Health*. 2007 Feb;13(1):69-77.

Wang J, Fujiwara T, Kato T, Anzai D. Wearable ECG Based on Impulse-Radio-Type Human Body Communication. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2016 Sep;63(9):1887-1894

Stern G. Bright Ideas: Army medical center fortifies training to improve efficiency. *Biomed Instrum Technol.* 2017 Jul/Aug;51(4):337-340.

Hayes MK. Update on Preoperative Breast Localization. *Radiol Clin North Am.* 2017 May;55(3):591-603

Scanes T., Du Plessis L., Chisebe K. In-vitro evaluation of the effects of low frequency (125khz) radio energy on red cell concentrates. *Vox Sanguinis* 2017 112 Supplement 1 (124-125)

Du Plessis L., Scanes T., Chisebe K. In-vitro effect of low frequency (125 khz) radio energy on frozen and thawed plasma products. *Vox Sanguinis* 2017 112 Supplement 1 (126-127)

Scanes T. The effect of low frequency (125 khz) radio energy on whole blood derived platelet concentrates. *Vox Sanguinis* 2017 112 Supplement 1 (129-)

Copeland A., Wehbie R., Clayton M., Black A., Rapchak B., Foster M.C. The feasibility of a telemedicine platform to monitor adherence and adverse effects of ABL kinase inhibitors. *Blood* 2015 126:23 (3308-).

Hsu W.-F., Hu W.-H., Chen Y.-N., Lai H.-H., Chen M.-K., Chang L.-C., Tu C.-H., Chou C.-K., Wang H.-P., Wu M.-S., Chiu H.-M. Carbon dioxide insufflation can significantly reduce toilet use after colonoscopy: a double-blind randomized controlled trial. *Endoscopy* 2014 46:3 (190-195)

Hunter R., Tully M., Davis M., Stevenson M., Kee F. The 'Physical Activity Loyalty Card Scheme: A RCT investigating the use of incentives to encourage physical activity. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2012 15 SUPPL.1 (S347-S348)

Stubenitsky K, Aaron J, Catt S, Mela D. The influence of recipe modification and nutritional information on restaurant food acceptance and macronutrient intakes. *Public Health Nutr.* 2000 Jun;3(2):201-9.

Sarraj A., Lorimier G., Morel D. Rfid-based technology to improve blood supply management in peripheral hospitals. *Vox Sanguinis* 2017 112 Supplement 1 (88-)

Davis R., Gutierrez A., Levitt J., Reifert D., Raife T., Diol B., Veeramani R. Tracking blood products in hospitals using radio frequency identification: Lessons from a pilot implementation. *Vox Sanguinis* 2013 105 SUPPL.1 (7-)

Aznar, M.; Rodríguez, M.C; Oyonarte, S.; Miranda, B.; Gómez, J.; Benítez, J.P.; Agea, A. Improving and measuring blood traceability, production process control and efficiency with rfid-based solution rhesus at seville's regional transfusion centre. *Vox Sanguinis* 2015 109 SUPPL. 1 (107-)

Martínez Pérez M, Vázquez González G, Dafonte C. Evaluation of a tracking system for patients and mixed intravenous medication based on RFID technology. *Sensors (Basel).* 2016 Nov 30;16(12).

Pawlicki T., Harry T., Taylor M., Fletcher R., Mundt A. Investigation of RFID-based workflow analysis. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 2012 84:3 SUPPL. 1 (S543-)

Millan A., Mingo A., Gómez J., Benítez J.P., Ortiz P., Massuet L.L., Muñoz E., Puig L.L. Validation of a transfusion safety system based on RFID technology. *Vox Sanguinis* 2015 109 SUPPL. 1 (358-)

Intervención diferente a la del estudio

Savastano M, Hovsto A, Pharow P, Blobel B. Identity-management factors in e-health and telemedicine applications. *J Telemed Telecare.* 2008;14(7):386-8

Galligioni E., Caramatti S., Sandri M., Galvagni M., Zanolli D., Sannicolò M., Ferro A., Bragantini L., Maines F., Trentin C., Pellegrini C., Sandri D., Santi J., Caffo O. Integrating mobile Health (mHealth) information technology for the safe administration of chemotherapy (CT). *Annals of Oncology* 2015 26 SUPPL. 6

Yoo S, Hwang H, Jheon S. Hospital information systems: Experience at the fully digitized Seoul National University Bundang Hospital. *J Thorac Dis.* 2016 Aug;8(Suppl 8):S637-41.

Hanna MG, Pantanowitz L. Bar Coding and Tracking in Pathology. *Clin Lab Med.* 2016 Mar;36(1):13-30.

Niimi N., Hosaka R., Ogawa S., Nisimura K. Study of applicability to use UHF band RFID tag for location management of a patient. Transactions of Japanese Society for Medical and Biological Engineering 2014 52 Supplement (OS-106-OS-107)

Sneiderman CA, Ackerman MJ. Cellular radio telecommunication for health care: benefits and risks. J Am Med Inform Assoc. 2004 Nov-Dec;11(6):479-81.

McGrady E, Conger S, Blanke S, Landry BJ. Emerging technologies in healthcare: navigating risks, evaluating rewards. J Healthc Manag. 2010 Sep-Oct;55(5):353-64.

Smith AD. Evolution and acceptability of medical applications of RFID implants among early users of technology. Health Mark Q. 2007;24(1-2):121-55.

Abbasi QH, Sani A, Alomainy A, Hao Y. Numerical characterization and modeling of subject-specific ultrawideband body-centric radio channels and systems for healthcare applications. IEEE Trans Inf Technol Biomed. 2012 Mar;16(2):221-7.

Huang AY, Joerger G, Salmon R, Dunkin B, Sherman V, Bass BL, Garbey M. A robust and non-obtrusive automatic event tracking system for operating room management to improve patient care. Surg Endosc. 2016 Aug;30(8):3638-45.

Falco A, Salmerón JF, Loghin FC, Lugli P, Rivadeneyra A. Fully Printed Flexible Single-Chip RFID Tag with Light Detection Capabilities. Sensors (Basel). 2017 Mar 8;17(3).

Diseño del estudio

Ullah S, Alsali W, Alsehaim A, Alsadhan N. A review of tags anti-collision and localization protocols in RFID networks. J Med Syst. 2012 Dec;36(6):4037-50.

Ku HL, Wang PC, Su MC, Liu CC, Hwang WY. Application of radio-frequency identification in perioperative care. AORN J. 2011 Aug;94(2):158-69; quiz 170-2

Booth P, Frisch PH, Miodownik S. Application of RFID in an integrated health-care environment. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2006;1:117-9.

Fosso Wamba S. Guest editorial for the special issue on RFID-enabled health-care: applications, issues and benefits. J Med Syst. 2012 Dec;36(6):3389-92.

Kranzfelder M, Schneider A, Gillen S, Feussner H. New technologies for information retrieval to achieve situational awareness and higher patient safety in the surgical operating room: the MRI institutional approach and review of the literature. [Review] Surg Endosc. 2011 Mar;25(3):696-705.

Rosenbaum BP. Radio frequency identification (RFID) in health care: privacy and security concerns limiting adoption. J Med Syst. 2014 Mar;38(3):19.

Kolokathi A, Rallis P. Radio Frequency Identification (RFID) in healthcare: a literature review. [Review]. Stud Health Technol Inform. 2013;190:157-9.

No authors listed. Radio-frequency identification: its potential in health-care. Health Devices. 2005 May;34(5):149-60.

Kumar S, Swanson E, Tran T. RFID in the healthcare supply chain: usage and application. Int J Health Care Qual Assur. 2009;22(1):67-81.

Censi F, Calcagnini G, Mattei E, Triventi M, Bartolini P. RFID in health-care environment: electromagnetic compatibility regulatory issues. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2010;2010:352-5

Safdari R, Maserat E, Maserat E. RFID technology in health environment opportunities and challenges for modern cancer care. Asian Pac J Cancer Prev. 2012;13(12):6533-7.

Schwaizberg SD. The emergence of radiofrequency identification tags: applications in surgery. Surg Endosc. 2006 Aug;20(8):1315-9

Coustasse A, Tomblin S, Slack C. Impact of radio-frequency identification (RFID) technologies on the hospital supply chain: a literature review. Perspect Health Inf Manag. 2013 Oct 1;10:1d. eCollection 2013.

No authors listed. Research lands author in the midst of RFID controversy and on the award stand. Biomed Instrum Technol. 2009 May-Jun;43(3):177

Chang SI, Ou CS, Ku CY, Yang M. A study of RFID application impacts on medical safety. Int J Electron Healthc. 2008;4(1):1-23.

Schuerenberg BK. RFID moves beyond assets. *Health Data Manag.* 2008 Jan;16(1):36, 38, 40.

Dempsey M. Weaving through the hopes and hype surrounding RFID. *Biomed Instrum Technol.* 2005;Suppl:19-22.

Hannan MA, Mutashar S, Samad SA, Hussain A. Energy harvesting for the implantable biomedical devices: Issues and challenges. *Biomed Eng Online.* 2014 Jun 20;13:79

Ygal B. Review: RFID-enabled applications to improve the delivery of healthcare services: A typology and supporting technologies. *Journal of Medical and Biological Engineering* 2013 33:5 (433-442)

Ryan J., Lewis C., Doster B., Daily S., Glass R. A phased approach to implementing radio frequency identification technologies within the perioperative process. *Health and Technology* 2013 3:1 (73-84)

Poirot-Mazères I. Legal aspects of the risks raised by nanotechnologies in the field of medicine. *J Int Bioethique.* 2011 Mar-Jun;22(1):99-118, 212.

Mehrjerdi YZ. Radio frequency identification: the big role player in health care management. [Review] *J Health Organ Manag.* 2011;25(5):490-505.

Van Oranje-Nassau C, Schindler HR, Vilamovska AM, Botterman M. Policy Options for Radio Frequency Identification (RFID) Application in Healthcare; a Prospective View: Final Report (D5). *Rand Health Q.* 2012 Dec 1;1(4):5. eCollection 2012 Winter

Frisch P, Miodownik S, Booth P, Carragee P, Dowling M. Patient centric identification and association. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2009;2009:1722-5

Chadwick PE. Regulations and standards for wireless applications in eHealth. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2007;2007:6171-4. Review

Mattei E, Censi F, Triventi M, Bartolini P, Calcagnini G. Radiofrequency identification and medical devices: the regulatory framework on electromagnetic compatibility. Part II: active implantable medical devices. *Expert Rev Med Devices.* 2012 May;9(3):289-97.

Strömmer E1, Kaartinen J, Pärkkä J, Ylisaukko-Oja A, Korhonen I. Application of near field communication for health monitoring in daily life. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2006;1:3246-9.

Censi F, Mattei E, Triventi M, Bartolini P, Calcagnini G. Radiofrequency identification and medical devices: the regulatory framework on electromagnetic compatibility. Part I: medical devices. [Review] *Expert Rev Med Devices.* 2012 May;9(3):283-8.

Yao W, Chu CH, Li Z. The adoption and implementation of RFID technologies in healthcare: a literature review. *J Med Syst.* 2012 Dec;36(6):3507-25.

Levine M., Adida B., Mandl K., Kohane I., Halamka J. What Are the Benefits and Risks of Fitting Patients with Radiofrequency Identification Devices RFID-enabled healthcare applications, issues and benefits: an archival analysis (1997-2011). [Review] *PLoS Medicine* 2007 4:11 (1709-1711)

Zhao T, Zhang X, Zeng L, Xia S, Hinton AO Jr, Li X. Applications for radio-frequency identification technology in the perioperative setting. *AORN J.* 2014 Jun;99(6):764-81.

Protocolos

Srivastava K, Awasthi AK, Kaul SD, Mittal RC. A hash based mutual RFID tag authentication protocol in telecare medicine information system. *J Med Syst.* 2015 Jan;39(1):153

Wu ZY, Chen L, Wu JC. A reliable RFID mutual authentication scheme for healthcare environments. *J Med Syst.* 2013 Apr;37(2):9917.

Ullah S, Alamri A. A secure RFID-based WBAN for healthcare applications. *J Med Syst.* 2013 Oct;37(5):9961.

Li CT, Weng CY, Lee CC. A Secure RFID Tag Authentication Protocol with Privacy Preserving in Telecare Medicine Information System. *J Med Syst.* 2015 Aug;39(8):77

Chang YF, Yu SH, Shiao DR. A uniqueness-and-anonymity-preserving remote user authentication scheme for connected health care. *J Med Syst.* 2013 Apr;37(2):9902.

Picazo-Sanchez P, Bagheri N, Peris-Lopez P, Tapiador JE. Two RFID standard-based security protocols for healthcare environments. *J Med Syst.* 2013 Oct;37(5):9962.

Sethia D, Jain S, Kakkar H. Automated NFC enabled rural healthcare for reliable patient record maintainance. *Stud Health Technol Inform.* 2012;182:104-13.

Özcanhan MH, Dalkılıç G, Utku S. Cryptographically supported NFC tags in medication for better inpatient safety. *J Med Syst.* 2014 Aug;38(8):61.

Kumar S, Livermont G, McKewan G. Stage implementation of RFID in hospitals. *Technol Health Care.* 2010;18(1):31-46.

Wauben L.S.G.L., Guédon A.C.P., Dankelman J., Van Den Dobbels-teen J.J. DORA-digital operating room assistant. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques* 2015 29 SUPPL. 1 (S74-)

Alsinglawi B, Liu T, Nguyen QV, Gunawardana U, Maeder A, Simoff S. Passive RFID Localisation Framework in Smart Homes Healthcare Settings. *Stud Health Technol Inform.* 2016;231:1-8.

Wiegand C. Seamless patient journeys the goal. *Health Estate.* 2016 Feb;70(2):26-7

Fry EA, Lenert LA. MASCAL: RFID tracking of patients, staff and equipment to enhance hospital response to mass casualty events. *AMIA Annu Symp Proc.* 2005:261-5.

Cruz WA, Garcia R. Modeling of ubiquitous technology integration process in health services. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2010;2010:446-9

Franklin B.J. Development of a best practice model for the implementation of a radiofrequency identification system in a healthcare environment. *Journal of Clinical Engineering* 2007 32:4 (168-183).

Estudios no encontrados

Coustasse A, Meadows P, Hall RS 3rd, Hibner T, Deslich S. Utilizing Radiofrequency Identification Technology to Improve Safety and Management of Blood Bank Supply Chains. *Telemed J E Health.* 2015 Nov;21(11):938-45.

Rieche M, Komenský T, Husar P. Radio Frequency Identification (RFID) in medical environment: Gaussian Derivative Frequency Modulation (GDFM) as a novel modulation technique with minimal interference properties. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2011;2011:2180-3

Harry T, Taylor M, Fletcher RL, Mundt AJ, Pawlicki T. Passive tracking of linac clinical flow using radiofrequency identification technology. *Pract Radiat Oncol.* 2014 Jan-Feb;4(1):e85-90.

Ang S. Experience with an innovative operating room dashboard system to improve quality and efficiency in an Academic Medical Center in Singapore- Anaesth Intensive Care. 2013 Nov;41(6):821.

Huang FC, Shih TS, Lee JF, Chao HP, Wang PY. Time location analysis for exposure assessment studies of indoor workers based on active RFID technology. *J Environ Monit.* 2010 Feb;12(2):514-23.

Yuzhe Ouyang, Shan K, Bui FM. An RF-based wearable sensor system for indoor tracking to facilitate efficient healthcare management. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2016 Aug;2016:4828-4831.

Oehlmann H. Healthcare day 2011: Modern E-health solutions for enhanced quality, patient safety and efficiency. *Zentralsterilisation - Central Service* 2011 19:2(78-80+90-92)

Singh S., Trudeau M.E., Montazerlghaem D., De Mendonca B., Beattie K., Sousa P., Cheung M.C. Does an automated self check-in process improve the quality and patient satisfaction associated with chemotherapy administration? *European Journal of Cancer* 2013 49 SUPPL. 2 (S258-)

Weiß J. Will RFID technology improve economic efficiency and patient safety? *Dtsch Med Wochenschr.* 2012 Nov;137(46):2359.

Artículos de segunda exclusion

Resultados

Kim T.S., Hong Y.J., Hwang S.M., Park K.U., Song J.H., Han K.S. Application of radio frequency identification and 2-D barcode technology in conjunction with the crossmatching. *Vox Sanguinis* 2014 107 SUPPL.1(63-)

Castner J., Suffoletto H. Radio-frequency time and motion study: the relationship of emergency department crowding, physical workspace, and patient provider contact. *Annals of Emergency Medicine.* 2012 60:4 SUPPL. 1 (S52-)

Lahtela A., Saranto K. RFID and medication care. *Studies in health technology and informatics* 2009 146 (747-748)

Protocolos

Chen CL, Wu CY. Using RFID yoking proof protocol to enhance inpatient medication safety. *J Med Syst.* 2012 Oct;36(5):2849-64

Hsu JM, Yu YC, Hou TW, Teng WG, Chiang TC, Yang MC. A Multi-Constraint Scheme with Authorized Mechanism for the Patient Safety. *J Med Syst.* 2016 May;40(5):123.

Diseño estudios

Fosso Wamba S. RFID-enabled healthcare applications, issues and benefits: an archival analysis (1997-2011). *J Med Syst.* 2012 Dec;36(6):3393-8.

Martínez Pérez M, Cabrero-Canosa M, Vizoso Hermida J, Carrajo García L, Llamas Gómez D, Vázquez González G, Martín Herranz I. Application of RFID technology in patient tracking and medication traceability in emergency care. *J Med Syst.* 2012 Dec;36(6):3983-93.

Sun PR, Wang BH, Wu F. A new method to guard inpatient medication safety by the implementation of RFID. *J Med Syst.* 2008 Aug;32(4):327-32.

Southard PB, Chandra C, Kumar S. RFID in healthcare: a Six Sigma DMAIC and simulation case study. *Int J Health Care Qual Assur.* 2012;25(4):291-321.

Estudios incluidos (n=8)

Estudios incluidos	n
Estudios observacionales	7
Revisiones sistemáticas	1

Estudios observacionales

Vakili S., Pandit R., Singman E.L., Appelbaum J., Boland M.V. A comparison of commercial and custom-made electronic tracking systems to measure patient flow through an ambulatory clinic. *International journal of health geographics* 2015 14 (32-)

Chen JC, Collins TJ. Creation of a RFID based real time tracking (R-RTT) system for small healthcare clinics. *J Med Syst.* 2012 Dec;36(6):3851-60.

Saito Y, Suzuki R, Torikai K, Hasegawa T, Sakamaki T. Efficiency a safety of new radiofrequency identification system in a hospital. *Stud Health Technol Inform.* 2013;192:1032.

Ohashi K., Ota S., Ohno-Machado L., Tanaka H. Smart medical environment at the point of care: Auto-tracking clinical interventions at the bed side using RFID technology. *Computers in Biology and Medicine* 2010 40:6 (545-554)

Okoniewska B., Graham A., Gavrilova M., Wah D., Gilgen J., Coke J., Burden J., Nayyar S., Kaunda J., Yergens D., Baylis B., Ghali W.A. Multidimensional evaluation of a radio frequency identification wi-fi location tracking system in an acute-care hospital setting. *Journal of the American Medical Informatics Association* 2012 19:4 (674-679)

Wang R., Hawthorne H., Pasupathy K., Hallbeck S., Sir M., Nestler D.M., Herbst K., Koenig K., Blocker R., Gifford S., Hellmich T. Cost saving generated by a radio frequency identification (RFID) search system. *Annals of Emergency Medicine* 2016 68:4 Supplement 1 (S44-)

Liu C.C.H., Chang C.-H., Su M.-C., Chu H.-T., Hung S.-H., Wong J.-M., Wang P.-C. RFID-initiated workflow control to facilitate patient safety and utilization efficiency in operation theatre. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 2011 104:3 (435-442)

Revisiones sistemáticas

Dobson I, Doan Q, Hung G. A systematic review of patient tracking systems for use in the paediatric emergency department. *J Emerg Med.* 2013 Jan;44(1):242-8.

Anexo III. Herramienta de valoración de la calidad metodológica de revisiones sistemáticas AMSTAR

1. ¿El diseño se proporcionó a priori?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No se puede responder <input type="checkbox"/> No aplicable
La pregunta de investigación y los criterios de inclusión deberían se establecieron antes de iniciar la revisión.	
2. ¿La selección de estudios y extracción de datos se realizó por pares?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No se puede responder <input type="checkbox"/> No aplicable
El proceso de extracción de datos debería realizarse por al menos dos investigadores independientes y existir un proceso de consenso en caso de desacuerdo.	
3. ¿Se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No se puede responder <input type="checkbox"/> No aplicable
La búsqueda se realizó en al menos dos recursos electrónicos. En el informe se deberá especificar las bases de datos, la fecha de realización de la búsqueda, los términos MESH y las palabras clave empleadas y de ser posible debe proporcionarse la estrategia de búsqueda. Todas las búsquedas deberían ser complementadas mediante la revisión de la bibliografía de los estudios localizados, recursos con contenidos actualizados (current contents), revisiones, libros de texto, registros específicos o la consulta a expertos en el problema de salud a estudio.	
4. ¿El tipo de publicación (es decir, literatura gris) se empleó como un criterio de inclusión?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No se puede responder <input type="checkbox"/> No aplicable
Los autores deberían especificar si realizaron la búsqueda bibliográfica sin tener en cuenta el tipo de publicación. Los autores deberían especificar si han excluido o no de la revisión sistemática algún estudio en base al tipo de estudio, el idioma, u otras características.	
5. ¿Se proporcionó una lista de estudios (incluidos y excluidos)?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No se puede responder <input type="checkbox"/> No aplicable
Se debería aportar una lista de estudios incluidos y excluidos.	
6. ¿Se proporcionaron las características de los estudios incluidos?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No se puede responder <input type="checkbox"/> No aplicable
De una manera resumida como una tabla, se debería proporcionar información sobre los participantes, intervenciones y resultados procedentes de los estudios originales. También se deberían proporcionar los rangos de las características como edad, raza, sexo, información socioeconómica relevante, estado de la enfermedad, duración, gravedad u otras enfermedades de todos los estudios analizados.	

7. ¿Se evaluó y documentó la calidad de la evidencia de los estudios incluidos?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No se puede responder <input type="checkbox"/> No aplicable
Se debería proporcionar métodos de evaluación a priori (por ej.: para estudios de efectividad si el autor/es decidieron incluir sólo estudios aleatorizados, doble ciego, controlados con placebo o con ocultación de la asignación como criterios de inclusión); para otros tipos de estudios serán relevantes otros ítems.	
8. ¿Se empleó de manera adecuada la calidad de la evidencia de los estudios incluidos en la formulación de conclusiones?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No se puede responder <input type="checkbox"/> No aplicable
Los resultados de la calidad de la evidencia y el rigor metodológico deberían considerarse en el análisis y las conclusiones de la revisión y reflejarse explícitamente en la formulación de recomendaciones.	
9. ¿Se emplearon métodos adecuados para el análisis agregado de los hallazgos de los estudios?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No se puede responder <input type="checkbox"/> No aplicable
Para resultados agregados, se debería proporcionar un test para garantizar que los estudios pueden combinarse, evaluar su homogeneidad, es decir la prueba I2 para la homogeneidad. Si existe heterogeneidad se debería emplear un modelo de efectos aleatorios y/o considerar la pertinencia clínica de realizar el análisis agregado, es decir ¿Es razonable combinar los resultados?	
10. ¿Se valoró la probabilidad de sesgo de publicación?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No se puede responder <input type="checkbox"/> No aplicable
La evaluación del sesgo de publicación debería incluir una combinación de representaciones gráficas (por ej.: diagrama de embudo-funnel plot u otros test disponibles) y/o test estadísticos (por ej.: test de regresión de Egger).	
11. ¿Se declaró la existencia de conflictos de interés?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No se puede responder <input type="checkbox"/> No aplicable
Se deberían reconocer claramente las fuentes de financiación tanto en la revisión sistemática como en los estudios incluidos en ésta.	
Fuente: tomado y traducido de Shea BJ, Grimshaw JM, Wells GA, Boers M, Andersson N, Hamel C, et al. Development of AMSTAR: a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. BMC Med Res Methodol. 2007; 15 (7): 10.	

Limitación	Justificación
En los criterios de inclusión (sesgo de selección)	<ul style="list-style-type: none"> • Elección inadecuada de participantes en estudios de casos y controles. • Selección de participantes expuestos y no expuestos de diferentes poblaciones en estudios de cohortes. • Selección de participantes seleccionados en estudios observacionales no controlados.
En la medida de los resultados (sesgo de detección)	<ul style="list-style-type: none"> • Errores sistemáticos en la medida de resultado (como sesgo de memoria en los estudios de casos y controles). • Errores sistemáticos en el seguimiento de los desenlaces de interés en la población expuesta y no expuesta en los estudios de cohortes. • Errores sistemáticos en el momento temporal en el que se establece la presencia del desenlace de interés.
En el control de los factores de confusión (sesgo de confusión)	<ul style="list-style-type: none"> • Errores sistemáticos en la medida de los factores pronósticos. • Errores sistemáticos en el ajuste del análisis estadístico de los factores pronósticos.
En el seguimiento de los pacientes o su duración (sesgo de desgaste)	<ul style="list-style-type: none"> • Errores sistemáticos en el tiempo seguimiento de los participantes expuestos y no expuestos. • Errores sistemáticos en el número de pérdidas (gran número de pérdidas o bien estas son diferenciales entre los dos grupos de estudio).
Fuente: traducido de Sterne JAC, J.P.T. H, Reeves BC, on behalf of the development group for ACROBAT-NRSI. A Cochrane Risk Of Bias Assessment Tool: for Non-Randomized Studies of Interventions (ACROBAT-NRSI), Version 1.0.0 [Internet]; 2014 [citado julio 2015]. Disponible en: www.riskofbias.info .	

Anexo IV. Características estudios incluidos

1.Eficacia

Cita Abreviada	Objetivo	Medida de resultado	Resultados	Conclusiones	Nivel de sesgos	Calidad
Liu, et al. 2009	Controlar el flujo de trabajo de los pacientes quirúrgicos mediante RFID	Indicadores de LVQ, tiempos de trabajo, encuestas de satisfacción	Tiempo promedio de retraso disminuyó a 10 minutos. Tiempo de respuesta disminuyó a 9,4 minutos.	Mejora de la eficacia con menor esfuerzo humano, mejor monitorización y mejor flujo de trabajo en el cuidado perioperatorio.	Sesgo de selección no claro	Moderada Calidad
Ohashi, et al. 2009	Autenticar la identificación de los pacientes y el personal médico, confirmar las administraciones de medicamentos y apoyar al personal médico en el punto de atención proporcionando información adecuada según los lugares	Cuantificación errores, tiempos de administración y encuesta de satisfacción	Reducción tiempo medicamento en un 61,5%, transfusiones en 67%.	Disminución de tiempos de administración respecto a medicamentos y sangre. Errores de identificación visual	Alto sesgo de selección y de desgaste, sesgo de detección, de confusión no claro	Muy baja calidad

Cita Abreviada	Objetivo	Medida de resultado	Resultados	Conclusiones	Nivel de sesgos	Calidad
Chen, et al. 2011	Comprender como el RFID basado en el sistema de seguimiento en tiempo real puede optimizar pequeñas operaciones de centros hospitalarios, mejorar tiempos de rendimiento, la utilización de las salas y el flujo del paciente	Tiempos de seguimiento	El tiempo medio empleado en la asistencia fue 2305 segundos (38,4 minutos). El tiempo de espera representó el 37% del tiempo total del paciente.	Se registró buenos datos del paciente en los diferentes puntos de lecturas, pero se requiere más estudios en la práctica habitual para comprobar la practica real de esta tecnología	Alto sesgo de selección, detección y desgaste, sesgo no claro de confusión	Muy baja calidad
Okoniewska, et al. 2011	Evaluar la precisión de la ubicación de la tecnología en un entorno clínico, el seguimiento de activos para el personal, y aplicaciones de monitorización de umbral para la seguridad del paciente y control de inventario	Encuestas de satisfacción	100% precisión en 20 eventos registrados en pacientes.	Demasiado coste para la cantidad de errores de precisión de alrededor de 2 metros de distancia	Sesgo de selección y confusión no claros. Presencia de sesgo de desgaste.	Baja calidad
Dobson, et al. 2011	Estudiar la implementación en una clínica pediátrica o en sala de urgencias de tecnologías de seguimiento en los resultados de la atención del paciente, incluido seguridad del paciente.	No especificada	Estudio metodológicamente débil debido a problemas de diseño y escasez de detalles metodológicos en los artículos. 1 artículo pre-plantación, muestra reducción de 303,6 minutos a 77,2 minutos para una cama aguda y de 236,7 minutos a 73,1 minutos.	Existe apoyo para el uso de RFID en la mejora de la seguridad del paciente en la Unidad de Urgencias. Faltan estudios metodológicamente fuertes.	Alto sesgo de selección. Resultados poco válidos	El estudio cuantitativo de eficacia de RFID incluido en esta RS no documenta suficientemente los métodos utilizados, es difícil interpretar la fuerza del estudio y la validez de los resultados. Por lo tanto, se calificó como metodológicamente débil. Muy baja calidad

Cita Abreviada	Objetivo	Medida de resultado	Resultados	Conclusiones	Nivel de sesgos	Calidad
Saito, et al. 2013	Evaluar el Seguimiento de personas etiquetadas y equipos médicos en una sala de Hospital en Japón Como objetivo secundario evaluar si campos eléctricos RFID crean interferencias con los equipos médicos y en la identificación de pacientes con estos dispositivos	Tasa de lectura RFID y número de errores	Tasa de localización de más del 95%. Todas las etiquetas colocadas en el cuello fueron 100% reconocidas. No hubo ningún error de lectura por interferencias	Buena tecnología para sustituir la identificación por código de barras si el precio baja	Sesgo de selección, de confusión y de desgaste no claro	Muy baja calidad
Vakili et al, 2015	Validar un sistema de infrarrojos comercial estándar de la industria y un sistema de RFID personalizado en el seguimiento de pacientes	% eventos registrados, tiempos de seguimiento, falsos positivos	La proporción eventos registrados con éxito por el sistema RFID 83,7%, mayor que con IR (75,4%). Tasa de éxito RFID, 82,4%. La diferencia media entre RFID y el cronómetro de 12,9 s, y entre el IR y cronómetro 20,9 s.	Ambos son efectivos y precisos. Dado que RFID es más barato, puede ser una opción atractiva.	Alto sesgo de detección, sesgo de selección y de confusión no claro	Baja calidad
Wang, et al. 2016	Evaluar el posible ahorro de costes a través de la reducción del tiempo perdido mediante la utilización de un sistema de búsqueda asistido por RFID	Diferencia de los tiempos de búsqueda de personal, equipos y pacientes pre y post implantación. Costes unitarios con el tiempo ahorrado	Las enfermeras gastan el 22% de tu tiempo de actividad (1h 46 min), el personal de cuidados sanitarios el 14% (1h 9 min) y los médicos 5% (23 min). El RFID supuso reducción media del 87% del tiempo de búsqueda, ahorro de 1,87 millones de \$.	RFID puede disminuir la búsqueda de flujo de trabajo en Emergencias disminuyendo coste y ahorro de tiempo.	Sesgo de selección, de detección y de confusión no claro	Muy baja calidad

2.Seguridad

Cita Abreviada	Objetivo	Medida de resultado	Resultados	Conclusiones	Nivel de sesgos	Calidad
Liu, et at. 2009	Controlar el flujo de trabajo de los pacientes quirúrgicos mediante RFID	Indicadores de LVQ, tiempos de trabajo, encuestas de satisfacción	100% cumplimiento LVQ. Disminuyó % de pérdida instrumentos a 0,089.	Mejora de la eficacia con menor esfuerzo humano, mejor monitorización y mejor flujo de trabajo en el cuidado perioperatorio	Sesgo de selección no claro	Moderada Calidad
Ohashi, et al. 2009	autenticar la identificación de los pacientes y el personal médico, confirmar las administraciones de medicamentos y apoyar al personal médico en el punto de atención proporcionando información adecuada según los lugares	Cuantificación errores, tiempos de administración y encuesta de satisfacción	Algunos errores de identificación medicamentos, 0 errores en identificación del personal	Disminución de tiempos de administración respecto a medicamentos y sangre. Buena satisfacción personal enfermería. Errores de identificación visual	Alto sesgo de selección y de desgaste, sesgo de detección, de confusión no claro	Muy baja calidad
Dobson, et al. 2011	Estudiar la implementación en una clínica de tecnologías de seguimiento en los resultados de la atención del paciente, incluido seguridad del paciente.	No especificada	Estudio metodológicamente débil. Mejora en la seguridad del paciente (no cuantifica errores)	Existe apoyo para el uso de RFID en la mejora de la seguridad del paciente en la Unidad de Urgencias. Faltan estudios metodológicamente fuertes.	Alto sesgo de selección. Resultados poco válidos	Muy baja calidad

Referencias bibliográficas

1. No authors listed. Radio-frequency identification: its potential in health-care. *Health Devices*. 2005 May;34(5):149-60.
2. Hanna MG, Pantanowitz L. Bar Coding and Tracking in Pathology. *Clin Lab Med*. 2016 Mar;36(1):13-30.
3. Yang MT, Huang SY. Appearance-based multimodal human tracking and identification for healthcare in the digital home. *Sensors (Basel)*. 2014 Aug 5;14(8):14253-77.
4. Kusuda K, Yamashita K, Ohnishi A, Tanaka K, Komino M, Honda H, Tanaka S, Okubo T, Tripette J, Ohta Y. Management of surgical instruments with radio frequency identification tags. *Int J Health Care Qual Assur*. 2016;29(2):236-47.
5. Francis DL, Prabhakar S, Sanderson SO. A quality initiative to decrease pathology specimen-labeling errors using radiofrequency identification in a high-volume endoscopy center. *Am J Gastroenterol*. 2009 Apr;104(4):972-5.
6. Hsu YL, Yang CC, Tsai TC, Cheng CM, Wu CH. Development of a decentralized telehomecare monitoring system. *Telemed J E Health*. 2007 Feb;13(1):69-77.
7. Duregger K, Hayn D, Morak J, Ladenstein R, Schreier G. An mHealth system for toxicity monitoring of paediatric oncological patients using Near Field Communication technology. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*;2015:6848-51.
8. Mehrjerdi YZ. Radio frequency identification: the big role player in health care management. [Review] *J Health Organ Manag*. 2011;25(5):490-505.
9. Ku HL, Wang PC, Su MC, Liu CC, Hwang WY. Application of radio-frequency identification in perioperative care. *AORN J*. 2011 Aug;94(2):158-69; quiz 170-2
10. Hanna MG, Pantanowitz L. Bar Coding and Tracking in Pathology. *Clin Lab Med*. 2016 Mar;36(1):13-30.
11. Sandler SG, Langeberg A, Dohnalek L. Bar code technology improves positive patient identification and transfusion safety. *Dev Biol (Basel)*. 2005;120:19-24.
12. Portillo García J, Bermejo Nieto AB, Bernardos Barbolla AM. Servicios de Telecomunicación basados en RFID: nuevas oportunidades para los operadores. CEDITEC-ETSIT. 2006.

13. Sneiderman CA, Ackerman MJ. Cellular radio telecommunication for health care: benefits and risks. *J Am Med Inform Assoc.* 2004 Nov-Dec;11(6):479-81
14. Geon-Tae Hwang, Donggu Im, Sung Eun Lee, Jooseok Lee, Min Koo, So Young Park, Seungjun Kim, Kyoungsoon Yang, Sung June Kim, Kwiro Lee, Keon Jae Lee. In vivo silicon-based flexible radio frequency integrated circuits monolithically encapsulated with biocompatible liquid crystal polymers. *ACS Nano*, 2013, 7(5):4545–4553.
15. McGrady E, Conger S, Blanke S, Landry BJ. Emerging technologies in healthcare: navigating risks, evaluating rewards. *J Healthc Manag.* 2010 Sep-Oct;55(5):353-64.
16. Martínez Pérez M, Cabrero-Canosa M, Vizoso Hermida J, Carrajo García L, Llamas Gómez D, Vázquez González G, Martín Herranz I. Application of RFID technology in patient tracking and medication traceability in emergency care. *J Med Syst.* 2012 Dec;36(6):3983-93.
17. Bouza Suárez A. Reflexiones acerca del uso de los conceptos de eficiencia, eficacia y efectividad en el sector salud. *Rev Cubana Salud Pública.* 2000 ene-jun.;26(1).
18. Kumar S, Swanson E, Tran T. RFID in the healthcare supply chain: usage and application. *Int J Health Care Qual Assur.* 2009;22(1):67-81.
19. Liu CC, Chang CH, Su MC, Chu HT, Hung SH, Wong JM, Wang PC. RFID- initiated workflow control to facilitate patient safety and utilization efficiency in operation theatre. *Comput Methods Programs Biomed.* 2011 Dec;104(3):435-42.
20. Yao W, Chu CH, Li Z. The adoption and implementation of RFID technologies in healthcare: a literature review. *J Med Syst.* 2012 Dec;36(6):3507-25.
21. Kaelber, D.C.; Bates, D.W. Health information exchange and patient safety. *J. Biomed. Inf.* 2007, 40, 40–45
22. De Vries, E.N.; Ramrattan, S.M.; Smorenburg Gouma, D.J. The incidence and nature of in-hospital adverse events: A systematic review. *Qual. Saf. HealthCare* 2008, 17, 216–223.
23. Dobson I, Doan Q, Hung G. A systematic review of patient tracking systems for use in the pediatric emergency department. *J Emerg Med.* 2013 Jan;44(1):242-8.
24. Safdari R, Maserat E, Maserat E. RFID technology in health environment opportunities and challenges for modern cancer care. *Asian Pac J Cancer Prev.* 2012;13(12):6533-7.
25. Rosenbaum BP. Radio frequency identification (RFID) in health care: privacy and security concerns limiting adoption. *J Med Syst.* 2014 Mar;38(3):19.
26. Savastano M, Hovsto A, Pharow P, Blobel B. Identity-management factors in e-health and telemedicine applications. *J Telemed Telecare.* 2008;14(7):386-8.
27. No authors listed. RFID Driver's, challenges and public policy considerations. OECD. 2006
28. Xiaolu Fei, Shanshan Li, Shan Gao, Lan Wei, and Lihong Wang. Application safety evaluation of the radio frequency identification tag under magnetic resonance imaging. *Biomed Eng Online.* 2014 Sep 4;13:129.
29. Ting, S. L., Kwok, S. K., Tsang, A. H. C., and Lee, W. B., Critical elements and lessons learnt from the implementation of an RFID-enabled healthcare management system in a medical Organization. *J. Med. Syst.* 35(4):657–669, 2009
30. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. BOE núm. 113, de 10 de mayo de 2016, páginas 31055 a 31094 (referenciarlo bien)
31. Peter Harrop y Raghu Das RFID for Healthcare and Pharmaceuticals 2007-2017. IDTechEX. Sept 2006
32. Filho MA, Marra AR, Magnus TP, Rodrigues RD, Prado M, de Souza Santini TR, da Silva Victor E, Ishibe EI, Pavão Dos Santos OF, Edmond MB. Comparison of human and electronic observation for the measurement of compliance with hand hygiene. *Am J Infect Control.* 2014 Nov;42(11):1188-92
33. Martínez Pérez M, Vázquez González G, Dafonte C. Evaluation of a tracking system for patients and mixed intravenous medication based on RFID technology. *Sensors (Basel).* 2016 Nov 30;16(12).
34. Sarraj A., Lorimier G., Morel D. Rfid-based technology to improve blood supply management in peripheral hospitals. *Vox Sanguinis* 2017 112 Supplement 1 (88-)
35. Davis R., Gutierrez A., Levitt J., Reifert D., Raife T., Diol B., Veeramani R. Tracking blood products in hospitals using radio frequency identification: Lessons from a pilot implementation. *Vox Sanguinis* 2013 105 SUPPL.1 (7-)
36. Aznar, M.; Rodríguez, M.C; Oyonarte, S.; Miranda, B.; Gómez, J.; Benítez, J.P.; Agea, A. Improving and measuring blood traceability, production process control and efficiency with rfid-based solution rheus at seville's regional transfusion centre. *Vox Sanguinis* 2015 109 SUPPL. 1 (107-)
37. Urrútia G, Bonfill X. Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Med Clin (Barc).* 2010;135:507-11.

38. Puñal-Riobóo J, Baños Álvarez E, Varela Lema L, Castillo Muñoz MA, Atienza Merino G, Ubago Pérez R, et al. Guía para la elaboración y adaptación de informes rápidos de evaluación de tecnologías sanitarias. 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.
39. Ohashi K., Ota S., Ohno-Machado L., Tanaka H. Smart medical environment at the point of care: Auto-tracking clinical interventions at the bed side using RFID technology. *Computers in Biology and Medicine* 2010 40:6 (545-554)
40. Chen JC, Collins TJ. Creation of a RFID based real time tracking (R-RTT) system for small healthcare clinics. *J Med Syst.* 2012 Dec;36(6):3851-60.
41. Okoniewska B., Graham A., Gavrilova M., Wah D., Gilgen J., Coke J., Burden J., Nayyar S., Kaunda J., Yergens D., Baylis B., Ghali W.A. Multidimensional evaluation of a radio frequency identification wi-fi location tracking system in an acute-care hospital setting. *Journal of the American Medical Informatics Association* 2012 19:4 (674-679)
42. Chen CI, Liu C, Li Y, et al. Pervasive observation medicine: the application of RFID to improve patient safety in observation unit of hospital emergency department. *Stud Health Technol Inform* 2005;116:311-5.
43. Saito Y, Suzuki R, Torikai K, Hasegawa T, Sakamaki T. Efficiency a safety of new radiofrequency identification system in a hospital. *Stud Health Technol Inform.* 2013;192:1032.
44. Vakili S., Pandit R., Singman E.L., Appelbaum J., Boland M.V. A comparison of commercial and custom-made electronic tracking systems to measure patient flow through an ambulatory clinic. *International journal of health geographics* 2015 14 (32-)
45. Wang R., Hawthorne H., Pasupathy K., Hallbeck S., Sir M., Nessler D.M., Herbst K., Koening K., Blocker R., Gifford S., Hellmich T. Cost saving generated by a radio frequency identification (RFID) search system. *Annals of Emergency Medicine* 2016 68:4 Supplement 1 (S44-)
46. http://www.capgemini.com/resources/success-stories/by_solution/rfid