

**ANEXO N°45
INFORME FINAL**



Serie Proyectos de Investigación e Innovación

Superintendencia de Seguridad Social

INFORME FINAL

Implementación de un sistema de control de elementos de protección radiológica en base al uso de TAG de identificación por radiofrecuencia

Autores:

Enrique Viveros Pereira, Oficial de Protección Radiológica, Innovador Principal

Harry Abarza Urra, Tecnólogo Médico Imagenología, Innovador alterno

Hospital del Trabajador – ACHS

Diciembre de 2023

Este trabajo fue seleccionado en la Convocatoria de Proyectos de Investigación e Innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades Profesionales 2022 de la Superintendencia de Seguridad Social (Chile), y fue financiado por la Asociación Chilena de Seguridad con recursos del Seguro Social de la Ley N°16.744 de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales.





SUPERINTENDENCIA DE SEGURIDAD SOCIAL

La serie Proyectos de Investigación e Innovación corresponde a una línea de publicaciones de la Superintendencia de Seguridad Social, que tiene por objetivo divulgar los trabajos de investigación e innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades del Trabajo financiados por los recursos del Seguro Social de la Ley 16.744.

Los trabajos aquí publicados son los informes finales y están disponibles para su conocimiento y uso. Los contenidos, análisis y conclusiones expresados son de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente la opinión de la Superintendencia de Seguridad Social.

Si requiere de mayor información, sobre el estudio o proyecto escriba a: investigaciones@suseso.cl.

Si desea conocer otras publicaciones, artículos de investigación y proyectos de la Superintendencia de Seguridad Social, visite nuestro sitio web: www.suseso.cl.

Superintendencia de Seguridad Social Huérfanos 1376

Santiago, Chile.



SUPERINTENDENCE OF SOCIAL SECURITY

The Research and Innovation Projects series corresponds to a line of publications of the Superintendencia of Social Security, which aims to disseminate the research and innovation work in the Prevention of Occupational Accidents and Illnesses financed with resources of Insurance Law 16,744.

The papers published here are the final reports and are available for your knowledge and use. The content, analysis and conclusions are solely the responsibility of the author(s), and do not necessarily reflect the opinion of the Superintendencia of Social Security.

For further information, please write to: investigaciones@suseso.cl.

For other publications, research papers and projects of the Superintendencia of Social Security, please visit our website: www.suseso.cl.

Superintendencia de Seguridad Social Huérfanos 1376

Santiago, Chile.

Título: Implementación de un sistema de control de elementos de protección radiológica en base al uso de TAG de identificación por radiofrecuencia.

Autores: Enrique Viveros, Innovador Principal

Harry Abarza, Innovador Alterno

INDICE

I. Resumen ejecutivo (250 palabras)	6
II. Palabras claves (revisar tesoro de Biblioteca de SUSESO (BIRED))	6
III. Introducción y Antecedentes	7
IV. Definición del problema, pregunta de investigación o desafío de innovación	9
V. Revisión de la literatura o experiencias relevantes	11
VI. Descripción de la metodología o etapas de la innovación	13
VII. Resultados	17
VIII. Recomendaciones para Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo	24
IX. Conclusiones	25
XI. Anexos: PPT o video de presentación	25

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Etiquetas de elementos de protección personal con marcaje estándar	7
Figura 2: Deterioro en etiquetas de elementos de protección radiológica	8
Figura 3: Esquema de funcionamiento del sistema TAG-RFID	12
Figura 4: TAG de tela TAG-RFID Laundry Tag-Tex Tracks (izquierda) y TAG de plástico Ce33044 PET (derecha).	14
Figura 5: Lector de TAG-RFID	14
Figura 6: TAG-RFID instalado en gafa y dentro de delantal atenuación (imagen radiológica).	16
Figura 7: Comparativa de eficiencia al utilizar TAG-RFID.	23

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Stock general por tipo de EPPRx	15
Tabla 2: Stock general por tipo de EPPRx y asignación de TAG_RFID	18
Tabla 3: Comparativa de auditoria RFID y Física, auditoría 1	19
Tabla 4: Comparativa de auditoria RFID según asignación, tipo de EPPRx y tipo de uso, auditoría 1	20
Tabla 5: Comparativa de auditoria RFID y Física, auditoría 2	21
Tabla 6: Comparativa de auditoria RFID según asignación, tipo de EPPRx y tipo de uso, auditoría 2	22
Tabla 7: Variación comparativa entre auditorias, en base al uso de TAG-RFID	23

I. Resumen ejecutivo (250 palabras)

En Chile existen aproximadamente 37.000 trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes una alta proporción de ellos en el ámbito de Salud, en su desempeño bajo estas condiciones deben utilizar elementos de protección personal contra radiaciones ionizantes (EPPRx), tales como: delantales, protectores de tiroides, guantes y gafas plomados, a fin de minimizar su exposición como recomienda la legislación vigente. En ella se han definido límites de exposición para estos trabajadores. Por otra parte, las recomendaciones internacionales recomiendan mantener la exposición tan baja como sea posible, siendo congruente con el tercer principio de la Protección Radiológica. El marco legal nacional vigente indica que estos elementos deben ser provistos por el empleador, en la cantidad necesarias para proteger de manera adecuada a todos los trabajadores. Esto implica que se debe mantener un control de stock que permita asegurar la cantidad, disponibilidad y, no menos importante, calidad de estos EPPRx. El problema se presenta al haber mermas en la cantidad y calidad debido a un control y seguimiento de stock deficiente, y el uso de elementos dañados puede incrementar la exposición del trabajador al riesgo. En este proyecto se implementó la tecnología de identificación por radiofrecuencia (TAG-RFID), disponible en el mercado nacional con resultados positivos en ámbitos productivos y del comercio, para automatizar el control de stock EPPRx, con el propósito de asegurar la protección del personal del Hospital del Trabajador que se desempeña expuesto a radiaciones. Se evaluó la funcionalidad y efectividad del sistema, identificando oportunidades de mejora.

II. Palabras claves (revisar tesoro de Biblioteca de SUSESO (BIRED))

DISPOSITIVOS DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA, PROTECCION PERSONAL, PROTECCION RADIOLOGICA

III. Introducción y Antecedentes

En Chile existen aproximadamente 37.000 [1, se solicitó información a Instituto Salud Pública] profesionales ocupacionalmente expuestos (POE) (*Decreto Supremo N° 133 de 1984, del Ministerio de Salud, s. f.*) a radiaciones ionizantes. La normativa legal vigente en Chile obliga al empleador a entregar los EPP contra radiaciones ionizantes (EPPRx) a sus colaboradores (*Decreto Supremo N° 3 de 1985, del Ministerio de Salud, s. f.*). En el ámbito hospitalario se utilizan radiaciones ionizantes en pabellones quirúrgicos y de Hemodinamia, servicio de imagenología y scanner, servicios dentales y de cirugía Máxilo facial, todas estas instalaciones radiactivas corresponden a segunda categoría (*Decreto Supremo N° 133 de 1984, del Ministerio de Salud, s. f.*) de acuerdo a la normativa vigente. En estas unidades existen diferentes tipos de EPPRx que los POE deben utilizar de manera frecuente y, en algunos casos, simultáneamente a fin de mantener su exposición bajo los límites definidos en la normativa. La carencia, ausencia o deterioro de estos EPPRx puede llevar a superar los límites llegando en el período 2007 – 2023 a cerca de 754 casos de POE con dosis que han superado el límite de alerta de los cuales 376 se ha registrado en instalaciones radiactivas de segunda categoría y 240 en unidades que utilizan rayos x de diagnóstico médico (*Informe-vigilancia-8-2023-2do-trim.-2023-v2.pdf, s. f.*), por ello se hace necesario un control efectivo y eficiente de estos elementos que normalmente utilizan etiquetas (textiles o adhesivas), que incluyen un folio o código QR [Fig.1].



Figura 1: Etiquetas de elementos de protección personal con marcaje estándar. Código QR a la izquierda y número de serie a la derecha.

Con el tiempo y el uso éstas se destruyen o son separadas de los EPPRx impidiendo reconocer a qué unidad hospitalaria pertenecen y cuál es su folio [Fig.2]. Esta condición implica una pérdida en la trazabilidad del EPPRx, desde su ingreso hasta

revisiones periódicas. En muchos casos los servicios adquieren varios EPPRx en una sola compra, incluyendo diferentes tipos de ellos, y el proveedor entrega a la unidad compradora estos elementos de similares colores y características, lo cual impide su adecuada individualización y la revisión anual de su estado, planteando un gran desafío para el responsable de seguridad radiológica ya que se pierde el control del stock.



Figura 2: Deterioro en etiquetas de elementos de protección radiológica, derecha etiqueta rayada, centro cortada e izquierda completamente desgastada.

Se debe considerar que en un hospital pueden existir más de 400 EPPRx, de diversos tipos como: delantales plomados, protectores de tiroides, guantes plomados, faldones y gafas, los cuales deben ser controlados como stock, asegurando que la cantidad sea adecuada para proteger a todos los trabajadores y comprobar su estado, lo cual permite garantizar el grado de protección de éstos y la reposición en caso de encontrar EPPRx dañados. La pérdida de EPPRx genera un claro impacto en la protección radiológica de los trabajadores ya que su ausencia, o reducción del stock, puede llevar a condiciones de trabajo inseguras como la exposición al agente de riesgo sin los EPPRx lo que impactaría en la dosimetría del trabajador, no se debe dejar de considerar que la radiación acumulativa; la pérdida de estos elementos afecta además las finanzas de la institución, ya que estos EPPRx son de alto costo. Esto plantea el desafío de implementar un sistema de control de stock más adecuado, no accesible al usuario y que no se deteriore con el tiempo. Contar con un sistema eficiente y efectivo de control de stock permitiría mantener una cantidad de dichos elementos a disposición de los usuarios de manera constante, detectar fácilmente y de manera oportuna la pérdida de alguno, mantener un registro de vida y de los controles de calidad periódicos al cual son sometidos, logrando detectar elementos dañados o defectuosos de manera oportuna para así evitar la sobre-exposición de los trabajadores ocupacionalmente expuestos.

En los sistemas hospitalarios el control de stock de muchos productos que requieren ser almacenados en bodegas antes de su utilización médica, se basa en sistemas de lectura de códigos de barra o QR, sin embargo, esta tecnología no es práctica en los

elementos de protección personal, las etiquetas adhesivas son fácilmente retiradas o borradas por el uso, lo mismo sucede con los códigos QR. Este proyecto plantea como solución la implementación un sistema de control de inventario en base a TAG-RFID -que cuenta con una efectividad de detección de hasta 2 metros y capaz realizar la lectura de los TAG-RFID incluso través de una puerta de madera- que pueden ser instalados en todos los elementos de protección, que permita llevar un registro electrónico que incluya la principal información de cada EPP facilitando la trazabilidad del stock disponible en cada uno de los servicios donde éstos son utilizados evitando la merma y mejorando el proceso de auditoría. El mejor seguimiento de stock, facilitará el control de calidad de los EPPRx, previniendo la acumulación excesiva de dosis de radiación en los profesionales ocupacionalmente expuestos, principalmente en los que son del área de la salud.

IV. Definición del problema, pregunta de investigación o desafío de innovación

En todos los servicios en que se utilizan los EPPRx se ha detectado la pérdida de uno o más de estos elementos, lo cual genera a condiciones laborales inseguras en que el personal ocupacionalmente expuesto al no utilizarlo y exponerse a fuentes de radiaciones ionizantes, corre el riesgo de presentar dosis de exposición mayores a las habituales e incluso podrían superar la dosis de alerta definida por Instituto de Salud Pública de Chile.

La pregunta de investigación es: sí al implementar y probar un sistema basado en tarjetas identificadoras de radio-frecuencia (TAG-RFID) para verificar stock, trazabilidad e indemnidad de los EPP contra radiaciones ionizantes utilizados en los servicios de salud se puede llevar de manera más efectiva y eficiente el control de stock. Esto plantea el gran desafío de dotar a todos y cada uno de los EPPRx, según el tipo de EPPRx, con un TAG-RFID adecuado y duradero.

En el ámbito hospitalario actualmente se utilizan sistemas basados en códigos de barra o QR, el uso de sistemas de identificación con TAG-RFID tienen un amplio uso en la vida cotidiana actual por lo cual existe una gran oportunidad de innovación con la aplicación de esta tecnología en esta área. Su bajo costo, reducido tamaño y extensa duración la hacen ideal para identificar y dar seguimientos a los elementos de protección radiológica de un hospital/clínica, los cuales protegen a los trabajadores, logrando un control eficiente y efectivo del stock de estos elementos y facilitando el proceso de revisión. En la literatura científica es posible encontrar escasos artículos que relaciona el uso de TAG-RFID con los EPPRx.

El presente estudio planteó los siguientes objetivos:

Objetivo general: Implementar y probar un sistema basado en tarjetas identificadoras de radio-frecuencia (TAG-RFID) para verificar stock, trazabilidad e indemnidad de los EPP contra radiaciones ionizantes utilizados en los servicios de salud.

Objetivos específicos:

- Implementar un sistema basado en tarjetas identificadoras de radio-frecuencia (TAG-RFID).
- Realizar la trazabilidad de los EPP a través de un sistema informático de RFID de registro y control de stock.
- Evaluar la funcionalidad y efectividad del sistema de control de los EPP.

V. Revisión de la literatura o experiencias relevantes

De acuerdo a los datos aportados por el Instituto de Salud Pública de Chile a nivel nacional existen aproximadamente unos 37.000 POE, por otra parte la normativa legal vigente (*Decreto Supremo N° 3 de 1985, del Ministerio de Salud, s. f.*), define que es responsabilidad del empleador entregar a sus colaboradores que se desempeñan expuestos a radiaciones ionizantes de los elementos de protección ante este agente de riesgo. El uso de estos EPPRx en el ámbito hospitalario está asociado a los servicios en los cuales se utilizan equipos generadores de radiaciones ionizantes: pabellones quirúrgicos y de hemodinamia, servicios de imagenología y scanner, servicios dentales y de cirugía Máxilo facial. En ellas deben estar disponibles diversos tipos de EPPRx que el POE debe utilizar, durante su desempeño, de manera frecuente y en muchos casos de manera simultánea a fin de mantener su exposición a este agente bajo los límites definidos en la normativa nacional. La carencia, ausencia o deterioro de estos EPPRx pueden ocasionar que el POE se exponga al agente pudiendo llegar a superar los límites. Un control efectivo y eficiente del stock de estos elementos, que de manera frecuente sólo utiliza etiquetas textiles o adhesivas, las cuales con el uso y el tiempo se desgastan, destruyen o son separadas del EPPRx lo cual impide dar un adecuado seguimiento la fecha de su puesta en uso y al servicio al cual está asignado. No es poco frecuente encontrar que en los servicios existen varios EPPRx de color, modelo y características, los que al perder sus etiquetas impiden su adecuada individualización, lo que plantea un gran desafío para el responsable de seguridad radiológica debido a la pérdida de control del stock. En un hospital es posible contar con un stock que supere los 400 EPPRx, los cuales deben ser controlados de manera periódica para cotejar su cantidad y el estado de los mismos, la pérdida de estos elementos tiene un claro impacto económico ya que estos tienen un alto costo, por lo que implementar un sistema efectivo de control de stock permite mantener dichos elementos a disposición de los usuarios, detectar de manera oportuna la pérdida de alguno, llevar un registro de vida y los controles de calidad a los cuales deben ser sometidos –detectando EPPRx dañados oportunamente- y ayuda a administrar y reducir costos operacionales.

Las empresas nacionales importan los EPPRx desde el extranjero (EE.UU., Alemania, etc.) y cada una de ellas posee una manera diferente de identificarlos utilizando desde etiquetas textiles hasta códigos de barra o QR impresos en etiquetas plásticas, las cuales son adheridas a cada elemento por medio de costuras.

La tecnología de identificación por radio-frecuencia, comienza a ser desarrollada entre 1935 y 1945 con la implementación de los primeros sistemas de transpondedores IFF utilizados en aeronáutica que permitía identificar aviones amigos y enemigos en un radio de 40km (Álvarez Gala & Saavedra López, 2011)(Dguez, s. f.). Hoy en día se han desarrollado sistemas de identificación por radio-frecuencia basados en circuitos

electrónicos que permiten encriptar información en una pequeña memoria. El sistema TAG-RFID está compuesto de 3 componentes la antena, el lector y la etiqueta o TAG, la antena detecta el TAG y emite la señal al lector que es quien válida la información contenida en el TAG, todo esto ocurre por emisión de onda de radiofrecuencia [Fig.3].

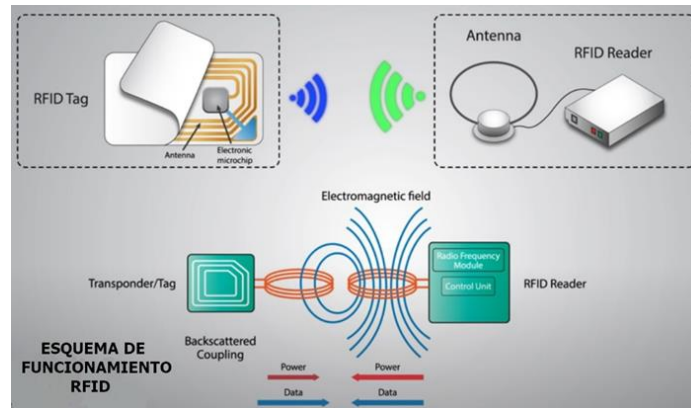


Figura 3: Esquema de funcionamiento del sistema TAG-RFID.

El sistema en general está compuesto por un pequeño chip capaz de almacenar información la cual es grabada en su memoria, este proceso permite asociar el TAG-RFID con dicha información. Debido a su reducido tamaño éste no incorpora ningún tipo de fuente de alimentación eléctrica, por lo cual es pasivo hasta que es estimulado por el emisor generando la suficiente carga eléctrica para que el TAG-RFID responda emitiendo una señal de radiofrecuencia en la cual emite la información contenida. Tanto el TAG-RFID y el emisor/receptor deben trabajar en el mismo rango de radiofrecuencia. El fabricante advierte que se producen apantallamiento si hay estructuras metálicas entre emisor y receptor, deteriorando la sensibilidad del sistema. Con el tiempo estas “tarjetas” pasaron a denominarse TAG-RFID [Fig. 6], gracias a los avances tecnológicos -que han posibilitado la reducción de su tamaño y ser incluidas en diferentes soportes- es posible encontrar estos TAG-RFID implementados en diversas áreas. En el ámbito de la industria de la salud (Álvarez López et al., 2018) ya existen algunas aplicaciones en los sistemas de bodegaje y almacenamiento e incluso se han implementado para el control de stock de EPP (Fritzsche et al., 2020), en procesos de administración de medicamentos (Blanco Jaime, 2009) y en la mejora de la gestión hospitalaria implementando los sistemas TAG-RFID en el seguimiento de pacientes y activos (Yami et al., s. f.).

Su uso está tan extendido que todos llevamos a lo menos uno de estos TAG-RFID en este momento como: tarjetas bancarias, monederos electrónicos y en diversas aplicaciones en el ámbito del *retail*, la industria productora de bienes, las empresas de

transporte (aéreo, marítimo y terrestre), las empresas de logística (bodegaje y distribución), la industria cárnica, etc.

VI. Descripción de la metodología o etapas de la innovación

El desarrollo de este proyecto contó con tres etapas: la implementación de un sistema basado en TAG-RFID incluido en los EPPRx, la realización de auditorías para constatar la trazabilidad a través de un sistema informático RFID de registro y control de stock, y la evaluación de la funcionalidad y efectividad del sistema RFID para el control del stock de los EPPRx.

Implementación del sistema basado en TAG-RFID.

Se levanta una base de datos a fin de identificar los tipos y cantidades de EPPRx por cada centro y servicio usuario, lo cual facilitará la posterior asignación de TAG-RFID y correlacionarlo con un EPPRx individual, actividad realizada por el investigador principal quien se desempeña como oficial de protección radiológica del Hospital del Trabajador. En base a esta data se determinó que un grupo importante grupo de EPPRx es posible instalar el TAG-RFID dentro del mismo y una fracción menor necesariamente deben ser habilitados con un TAG-RFID de reducido tamaño, ambos modelos deben permitir retener una información básica la cual se define en base al levantamiento realizado. En primera instancia se procedió a la identificación de cada tipo de EPPRx, su cantidad presente en el sistema y determinar el tipo de TAG-RFID apropiado para cada uno de ellos. La parametrización de la información que se asociaría a cada TAG-RFID la cual incluyó el tipo de elemento de protección, el servicio clínico al cual pertenece y un número de serie único, siguiendo el esquema: tipo de EPPRx, centro salud (Hospital del trabajador o Centro Medico HT), servicio (Imagenología, Pabellón, Máxilo Facial, Dental, Scanner, Rayos centro médico HT) y folio (ejemplo: PT.HT.PAB.0000).

La selección de los modelos de TAG-RFID se realiza de manera conjunta con el representante de ventas de la empresa Comercial GL Group S.A., quienes comercializan sistemas integrales basados en la tecnología RFID, y el oficial de protección radiológica del Hospital del trabajador. Existe una amplia variedad de TAG-RFID, por lo que se debió definir cuáles eran las principales cualidades que debían cumplir: tamaño reducido, durable, fácil de instalar y que incomodaran lo menos posible al usuario. De acuerdo a estos requisitos y contando con la asesoría del representante de ventas de Comercial GL Group S.A., se optó por dos modelos de TAG-RFID: Laundry Tag-Tex-Tracks y Ce33044 PET [Fig. 4]. El primero es un TAG-RFID de tela, que permite su implantación dentro del propio EPPRx (delantales,

protectores de tiroides, guantes plomados, protectores gonadales y faldones) y el segundo es una etiqueta plástica de alta resistencia y reducido tamaño que fue utilizada para las gafas.

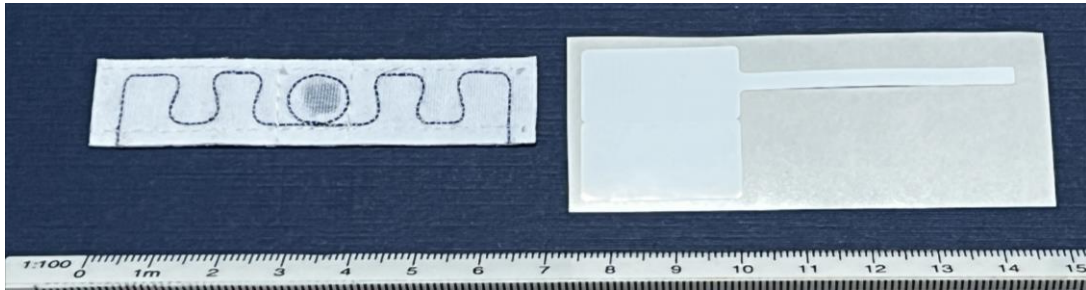


Figura 4: TAG de tela TAG-RFID Laundry Tag-Text Tracks (izquierda) y TAG de plástico Ce33044 PET (derecha).

El sistema cuenta con un lector [Fig. 5] RFID industrial handheld reader CEW9063, compuesto por una antena (emisor/receptor), una empuñadura y una interfaz gráfica para el manejo del programa Inventory, este lector tiene un alcance de 3 metros y la señal que emite puede traspasar madera de 1 cm de espesor, posee tres rangos de frecuencia de trabajo 865-868 Mhz, 920-925 Mhz y 902-928 Mhz, esto le permite una tasa de lectura de 200 TAG-RFID por segundo. Todos estos elementos fueron producidos por Hangzhou Century Co. Ltd, RP China.



Figura 5: Lector de TAG-RFID

EL Oficial de protección radiológica generó la planilla Excel con la totalidad de los EPPRx que por catastro existen en todos los servicios en los cuales éstos son utilizados, siguiendo la parametrización definida. Esta planilla fue enviada a la empresa Comercial GL Group S.A. proveedora de los TAG-RFID quien fue responsable de la configuración del lector, para el registro y que permita generar una base de datos y la configuración para que el lector envíe la información a una casilla de mail, a la cual se accede a través de internet, desde una Tablet o PC permitiendo descargar la data recolectada. Una vez seleccionados los TAG para el tipo de EPPRx, se procedió a la instalación de éstos en cada uno de los EPPRx disponibles, los cuales incluyen delantales, faldones, protectores de tiroides, guantes plomados y gafas plomadas de pabellón, imagenología, Máxilo facial y dental [Tabla 1], todos estos EPPRx están destinados a ser utilizados por el personal ocupacionalmente expuesto en los diferentes servicios del Hospital del Trabajado.

Tabla 1: Stock general por tipo de EPPRx

Tipo de EPPRx	Stock total
Delantal Atenuador (DA)	162
Faldón (FL)	2
Gafa Atenuadora (GA)	35
Guante Plomado (GP)	12
Protector de Tiroides (PT)	99
Total	310

Se realiza una prueba de concepto en la cual a un reducido grupo de sólo 5 delantales de atenuación se les instala el TAG-RFID y se asocia a una base de datos con la codificación definida, la instalación consiste en descocer un segmento de la costura del EPPRx e introducir por esta abertura el TAG Laundry, rehacer la costura y dejar los delantales con el TAG-RFID instalado dentro de un grupo de 20 delantales. Con el lector se procedió a realizar una lectura, la cual permitió identificar en el grupo de delantales la totalidad de los que tenían instalado el TAG-RFID. Esta prueba de concepto fue realizada por el oficial de protección radiológica.

Con la colaboración de las jefaturas de los diferentes servicios se recopilaron, de manera progresiva, la mayor cantidad de EPPRx entre los meses de enero y marzo 2023, con el apoyo de dos tesistas se procedió con la instalación de los TAG-RFID, una vez instalado el TAG, se procedió a la vinculación de éste con el código

parametrizado para cada elemento, conformando de esta manera la base de datos final sólida y que será auditada en la etapa posterior del proyecto; se verificó que la respuesta de cada TAG-RFID asignado correspondiera efectivamente al EPPRx asociado. Una vez instalados los TAG-RFID en los EPPRx, estos son devueltos a los servicios usuarios; en las gafas se instala en la pata izquierda y en los demás que dentro de cada EPPRx quedando oculto y sólo se puede observar a través de una imagen radiológica [Fig.6].

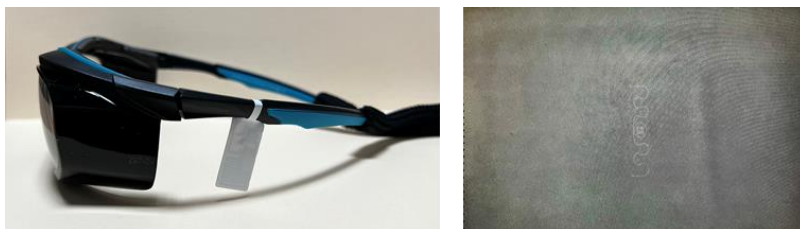


Figura 6: TAG-RFID instalado en gafa y dentro de delantal atenuación (imagen radiológica).

No obstante y debido principalmente a que muchos EPPRx, del servicio de pabellón central, están asignados de manera individual a un usuario no se pudo acceder a instalar los TAG-RFID en la totalidad de los EPPRx existentes en el Hospital. Esta situación no afecta el resultado del proyecto ya que se consideraran todos los identificados con TAG-RFID como el grupo total de control. Se logró asignar TAG-RFID a 224 EPPRx de un total de 310 existentes en el sistema general.

La etapa de auditoría para constatar la trazabilidad, se planificó realizar dos auditorías; la primera de ellas a los tres meses de terminada la implementación de los TAG-RFID en los EPPRx y una segunda fue realizada a los cinco meses. En la primera auditoría se aplicó dos metodologías: auditoría física y auditoría en base a TAG a fin de constatar que todos los elementos de protección personal dotados del sistema son ubicables físicamente en los diferentes servicios usuarios de los EPPRx.

La auditoría física implica constatar físicamente, tangible, que los EPPRx de cada unidad están en la unidad, la auditoría en base a TAG-RFID consiste en adquirir la respuesta de los TAG al ser estimulados con la radiofrecuencia emitida por el lector y no implica necesariamente constatar físicamente que el EPPRx este.

En caso de existir diferencias entre ambas metodologías se procedió a analizar la causa. De manera paralela esta primera auditoría permitió verificar migraciones de EPPRx entre los diferentes servicios o la pérdida de alguno lo cual afectaría el control de stock general del sistema. En la segunda auditoría se utilizó la misma metodología,

potenciando la auditoria a través de TAG-RFID incluyendo áreas de los servicios en las cuales los EPPRx pueden ser guardados por los usuarios en sus casilleros, no quedando dichos EPPRx disponibles físicamente para ser auditados. En ambas auditorias se obtuvo la data de la auditoría, la cual será comparada con la base de datos inicial en la etapa final del proyecto.

Finalmente, en la etapa de evaluación de la funcionalidad y efectividad del sistema RFID, en base a la data obtenida en las auditorías realizadas y la base de datos inicial con el registro de todos los EPPRx a los cuales se les asignó un TAG-RFID se evaluará funcionalidad y sensibilidad del sistema implementado para el control de stock. De igual manera se evaluará la facilidad para acceder al sistema informático para el análisis de la data obtenida y cuanto se facilita el proceso de auditoría del stock y cuál es la efectividad del sistema basado en TAG-RFID comparado con la inspección física para el control de la existencia de EPPRx por cada servicio usuario.

Abordaje ético

Al ser un proyecto de gestión y aplicación indirecta sobre trabajadores potencialmente expuesto a radiación, este proyecto no requirió de evaluación por parte de un comité de ética científico, ya que no se realizará investigación biomédica en seres humanos que la cual se define como: “ toda investigación que implique una intervención física o psíquica o interacción con seres humanos cuyo objetivo sea el de mejorar la prevención, diagnóstico, tratamiento, manejo y rehabilitación de la salud de las personas o de incrementar el conocimiento biológico del ser humano”.

Por otro lado, el comité de ética científica del Hospital del trabajador define sus funciones de acuerdo a propuestas de investigación en seres humanos: “El Comité de ética Científica del Hospital del Trabajador (CEC-HT) es una comisión consultiva e interdisciplinaria, autónoma, creada para analizar propuestas de investigación en seres humanos que emanen desde los profesionales de la salud del Hospital de Trabajador u otros afines.” (Reglamento CEC – HTS).

En el desarrollo de este proyecto no se realizó ninguna intervención, encuesta, monitoreo u observación sobre seres humanos directamente.

VII. Resultados

En el Hospital del Trabajador existe una dotación global de 310 EPPRx, los que se desglosan en 162 delantales atenuadores [DA], 99 protectores de tiroides [PT], 12

pares de guantes plomados [GP], 2 faldones atenuadores [FL] y 35 pares de gafas plomadas [GA]. En la fase implementación y asignación de los TAG-RFID se logró

Tabla 2: Stock general por tipo de EPPRx y asignación de TAG_RFID

Tipo de EPPRx	Stock total	Asignación de TAG-RFID	% asignación
Delantal Atenuador (DA)	162	131	80,9 %
Faldón (FL)	2	2	100,0 %
Gafa Atenuadora (GA)	35	18	51,4 %
Guante Plomado (GP)	12	11	91,7 %
Protector de Tiroides (PT)	99	62	62,6 %
Total	310	224	72,3%

asociar 224 EPPRx con sus respectivos TAG, esta asignación corresponde a 131 delantales atenuadores (80,9%), 62 protectores de tiroides (62,6%), 11 pares de guantes plomados (91,7%), 2 faldones atenuadores (100%) y 18 pares de gafas (51,4%). Los 87 restantes EPPRx que no fue posible asociar a su respectivo TAG-RFID un alto porcentaje no se encontraron de los servicios, se consideran perdidos, y en una menor proporción no fueron puestos a disposición por los usuarios que los tenían asignados de manera personalizado [Tabla 2].

En el proceso de dotar a cada EPPRx de un TAG-RFID, se tuvieron algunos inconvenientes en el área de pabellones quirúrgicos, debido a que muchos de ellos están asignados de manera individual y los usuarios, por diversos motivos (rotativa de turnos, etc.) no facilitaron los EPPRx que tiene asignados (delantal, protector de tiroides y gafas), lo cual influyo directamente en la cantidad de EPPRx asociados a TAG-RFID llegando sólo a 224 del universo de 310 del sistema.

En la primera auditoria, a los 3 meses de instalados los TAG-RFID, se auditó físicamente la cantidad de EPPRx disponibles y de manera paralela se realizó la auditoría de los TAG asignados a los elementos físicamente disponibles. Físicamente se auditaron 194 EPPRx (62,6%) de un total de 310 y al utilizar el sistema TAG-RFID se logró auditar 191 EPPRx (85,3%) del total con TAG-RFID asignado. Por tipo de EPPRx físicamente se logró auditar 125 delantales atenuadores (77,2%), 46 protectores de tiroides (46,5%), 11 pares de guantes plomados (91,7%), 2 faldones atenuadores (100%) y 10 pares de gafas (28,6%).

Tabla 3: Comparativa de auditoría RFID y Física, auditoría 1

Tipo de EPPRx	Stock total de EPPRx	Asignación de TAG-RFID	Auditoría EPPRx con TAG-RFID (A)	Auditoría EPPRx con TAG-RFID (%)	Revisión anual física (B)	Revisión anual física (%)	Varia ción (B-A)
Delantal Atenuador (DA)	162	131	121	92,4 %	125	77,2 %	4,0
Faldón (FL)	2	2	2	100,0 %	2	100,0 %	0,0
Gafa Atenuadora (GA)	35	18	9	50,0 %	10	28,6 %	1,0
Guante Plomado (GP)	12	11	11	100,0 %	11	91,7 %	0,0
Protector de Tiroides (PT)	99	62	48	77,4 %	46	46,5 %	-2,0
Total	310	224	191	85,3 %	194	62,6 %	3,0

En comparación con aquellos que tienen asignado TAG-RFID se lograron auditar 191 (85,3%). Por tipo de EPPRx, 121 delantales atenuadores (92,4%), 48 protectores de tiroides (77,4%), 11 pares de guantes plomados (100%), 2 faldones atenuadores (100%) y 9 pares de gafas (50%) respectivamente [Tabla 3].

Adicionalmente, en la primera auditoría se realizó la comparación entre los EPPRx auditados que tienen un TAG-RFID asociado y que han sido asignados de manera individual o que permanecen a disposición de la comunidad de usuarios (de uso común).

De los 131 delantales, 39 delantales están asignado de manera individual y 92 son de uso común, de estos se logran auditar a través del sistema RFID 84,6% y 95,7% respectivamente; de las 18 gafas de atenuación 11 estaban asignadas de manera individual y 7 son de uso común, de ellas, se logró auditar a través del sistema RFID 18,2% y 100%, respectivamente; de las 62 protectores de toroides 31 fueron asignadas de manera individual y 31 de uso común, se logró auditar a través del sistema RFID 61,3% y 93,5%, respectivamente [Tabla 4]. Del total de EPPRx se logró auditar el 66,7% de los EPPRx asignados de manera individual y los EPPRx con asignación de TAG-RFID de uso comunitario se logró auditar 95,8%.

Tabla 4: Comparativa de auditoria RFID según asignación, tipo de EPPRx y tipo de uso, auditoría 1.

Tipo de EPPRx	Stock EPPRx con TAG-RFID			Auditoria EPPRx con TAG-RFID			
	Individual	Común	Total	Individual	%	Común	%
Delantal Atenuador (DA)	39	92	131	33	84,6 %	88	95,7 %
Faldón (FL)	0	2	2	0	0%	2	100,0 %
Gafa Atenuadora (GA)	11	7	18	2	18,2 %	7	100,0 %
Guante Plomado (GP)	0	11	11	0	0%	11	100,0 %
Protector de Tiroides (PT)	31	31	62	19	61,3 %	29	93,5 %
TOTAL	81	143	224	54	66,7 %	137	95,8 %

La segunda auditoria, se realizó a los 5 meses de instalados los TAG-RFID, se auditó físicamente la cantidad de EPPRx disponibles y de manera paralela se realizó la auditoría de los TAG asignados a los elementos físicamente disponibles.

Físicamente se auditaron 194 EPPRx (62,6%) de un total de 310, misma cantidad observada en la primera auditoria, y al utilizar el sistema TAG-RFID se logró auditar 193 EPPRx (86,2%) de los 224 que lo tienen asociado, 3 unidades más que en la primera auditoria.

En detalle se logró auditar físicamente 125 delantales atenuadores (77,2%), 46 protectores de tiroides (46,5%), 11 pares de guantes plomados (91,7%), 2 faldones atenuadores (100%) y 10 pares de gafas (28,6%). Respecto a aquellos que tiene asignado TAG-RFID se lograron auditar 119 delantales atenuadores (90,8%), 51 protectores de tiroides (82,3%), 11 pares de guantes plomados (100%), 2 faldones atenuadores (100%) [Tabla 5].

Tabla 5: Comparativa de auditoría RFID y Física, auditoría 2

Tipo de EPPRx	Stock total de EPPRx	Asignación de TAG-RFID	Auditoría EPPRx con TAG-RFID (A)	Auditoría EPPRx con TAG-RFID (%)	Revisión anual física (B)	Revisión anual física (%)	Variación (B-A)
Delantal Atenuador (DA)	162	131	119	90,8 %	125	77,2 %	6,0
Faldón (FL)	2	2	2	100,0 %	2	100,0 %	0,0
Gafa Atenuadora (GA)	35	18	10	55,6 %	10	28,6 %	0,0
Guante Plomado (GP)	12	11	11	100,0 %	11	91,7 %	0,0
Protector de Tiroides (PT)	99	62	51	82,3 %	46	46,5 %	-5,0
Total	310	224	193	86,2 %	194	62,6 %	1,0

Al igual que en la primera auditoría se realizó la comparación entre los EPPRx auditados que tienen un TAG-RFID asociado y que han sido asignados de manera individual o que permanecen a disposición de la comunidad de usuarios (de uso común).

En detalle, de los 131 delantales, 39 delantales estaban asignados de manera individual y 92 son de uso común, se logró auditar a través del sistema RFID 69,2% y 100% respectivamente; de las 18 gafas de atenuación 11 están asignadas de manera individual y 7 son de uso común, se logró auditar a través del sistema RFID 27,3% y 100%, respectivamente; de las 62 protectores de toroides 31 están asignadas de manera individual y 31 son de uso común, se logró auditar a través del sistema RFID 74,2% y 90,3%, respectivamente [Tabla 6]. Del total de EPPRx en la segunda auditoría se produjo una reducción respecto a la primera en los EPPRx que fueron asignados de manera individual llegando al 65,4%, por el contrario los EPPRx con asignación de TAG-RFID de uso comunitario se observó un incremento llegando a auditar un 97,9%.

Tabla 6: Comparativa de auditoria RFID según asignación, tipo de EPPRx y tipo de uso, auditoría 2

Tipo de EPPRx	Stock EPPRx con TAG-RFID			Auditoria EPPRX con TAG-RFID			
	Individual	Común	Total	Individual	%	Común	%
Delantal Atenuador (DA)	39	92	131	27	69,2 %	92	100,0 %
Faldón (FL)	0	2	2	0	0%	2	100,0 %
Gafa Atenuadora (GA)	11	7	18	3	27,3 %	7	100,0 %
Guante Plomado (GP)	0	11	11	0	0%	11	100,0 %
Protector de Tiroides (PT)	31	31	62	23	74,2 %	28	90,3 %
Total	81	143	224	53	65,4 %	140	97,9 %

Entre ambas auditorías se observó una variación positiva utilizando sólo el sistema TAG-RFID, se logró incrementar la cantidad de EPPRx auditados sin necesidad de una auditoría física pasando de 191 (85,3%) elementos en la primera auditoría, llegando a 193 (86,6%) en la segunda de los 224 EPPRx que tienen asignado un TAG-RFID. El mayor incremento se observó en los protectores de tiroides, de un 77% a un 82%, principalmente debido a que los usuarios tienden a guardar estos EPPRx en casilleros [Tabla 7], donde el sistema RFID permite constatar su presencia sin necesidad de una auditoría física.

Este proyecto permitió determinar que el uso de TAG-RFID es efectivo para el control de stock de EPPRx, aun cuando éstos estén asignados de manera individual o sean de uso comunitario [Fig. 7].

Tabla 7 : Variación comparativa entre auditorías, en base al uso de TAG-RFID

Tipo de EPPRx	Auditoría 1 (A)	Auditoría 1 (%)	Auditoría 2 (B)	Auditoría 2 (%)	Variación B - A
Delantal Atenuador (DA)	121	92,0 %	119	92,0 %	-2
Faldón (FL)	2	100,0 %	2	100,0 %	0
Gafa Atenuadora (GA)	9	50,0 %	10	56,0 %	1
Guante Plomado (GP)	11	100,0 %	11	100,0 %	0
Protector de Tiroides (PT)	48	77,0 %	51	82,0 %	3
TOTAL	191		193		

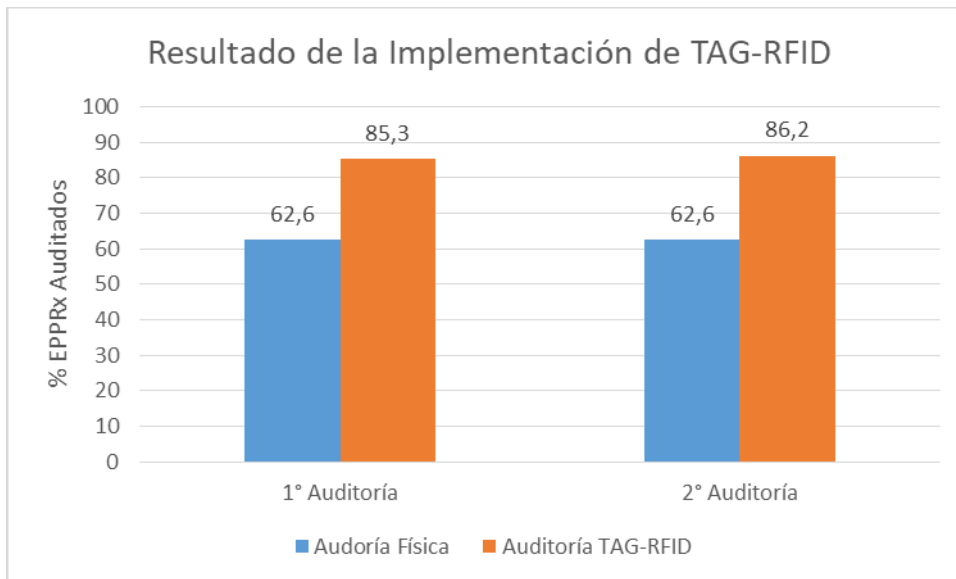


Figura 7: Comparativa de eficiencia al utilizar TAG-RFID.

VIII. Recomendaciones para Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo

En los servicios de salud existen una alta cantidad de trabajadores que puede recibir exposición a radiaciones, tales como servicios de imagenología, dental, Máxilo facial y pabellones quirúrgicos. La protección de estos trabajadores con elementos de protección personal adecuados es fundamental para evitar daños que son acumulativos en su mayoría y en otros casos como mujeres embarazadas son de alto riesgo, sobre todo en las etapas iniciales del embarazo, donde incluso aún no se enteran de dicho embarazo. El seguimiento de stock que evaluó este proyecto es mucho mejor que lo que está actualmente disponible, de esta forma se protegerá de mejor forma a todos los trabajadores y generará ahorros económicos debido a la menor necesidad de compra por pérdida de estos elementos y el ahorro en horas hombre para realizar la auditoría.

El proceso es realizado por el oficial de protección radiológica, quien entre sus funciones es responsable de dar seguimiento al stock y realizar el control de calidad de los EPPRx, se puede resumir en tres puntos acotados: el diseño de la base de datos incluyendo la carga de esta en el lector, la implantación de los TAG-RFID en los EPPRx y la auditoría, la cual finalmente a través del proceso de lectura de los TAG-RFID permite -en un breve tiempo- contar con la data que permite determinar la cantidad de cada EPPRx detectados en un servicio específico, de manera complementaria facilita detectar si algún EPPRx ha sido cambiado de servicio. La información obtenida se mantiene en la oficina de seguridad radiológica y permite elaborar un informe que se envía a las jefaturas de los diferentes servicios.

El uso de TAG-RFID es de fácil implementación y representa una excelente herramienta para efectuar el control de stock de los EPPRx, sin la necesidad de llegar a ellos de manera física, permitiendo mejorar la seguridad de los POE al constatar la presencia de éstos de acuerdo al tipo de EPPRx y facilitando la detección de brechas que de otra manera sería poco probable detectar.

Si bien se logra una mejora significativa en el control de stock, el proceso de control de calidad que se buscaba asociar aún presenta inconvenientes debido principalmente a la asignación de EPPRx de manera individualizada, lo que impide el acceso a dichos EPPRx. Esta práctica se recomienda sea revertida a fin garantizar el proceso de control de calidad de estos elementos.

La instalación de pórticos detectores en los accesos de los servicios con mayor dotación de EPPRx, permitiría evitar el egreso involuntario de estos elementos de dichas unidades permitiendo mantener un mejor control del stock.

IX. Conclusiones

La incorporación de la tecnología RFID para el control de stock de EPPRx en hospitales no presenta mayores complicaciones y su costo es relativamente asequible. El lector los TAG presentó un buen alcance y sensibilidad lo cual facilitó el control del stock, incluso si los EPPRx están guardados dentro de casilleros de madera.

El uso de TAG-RFID para el control de stock, en ambas auditorías realizadas, permitió auditar una mayor cantidad de EPPRx que al realizar las inspecciones físicas. Esto se debe a que muchos de los EPPRx asignado de manera individual son guardados por el propio usuario en sus casilleros, impidiendo acceder a ellos, lo que no sucede con la tecnología RFID. La asignación de manera individual de EPPRx en áreas como pabellón, fue uno de los principales factores que afectaron de manera negativa la implementación de los TAG-RFID y la principal razón fue que no fueron facilitados durante el proceso de asignación de TAG.

La mejor opción tendiente a evitar que los EPPRx no sean entregados por los usuarios, es no asignar de manera individual de estos y mantener un stock comunitario o asignado por sala o pabellón.

La implementación de TAG-RFID demostró entregar una gran utilidad al ser una herramienta potente para el control de stock, es posible su implementación facilitando la detección de mermas y brechas que deben ser subsanadas a fin de mejorar la seguridad de los POE. Manteniendo un stock moderado de TAG-RFID, es posible ir ingresándolos en el sistema de control a medida que son renovados o se incrementa el stock de estos elementos, por otra parte su reducido costo –el TAG Laundry tiene un costo de \$434.-, el TAG PET \$93.- y la implementación del inventario \$290.000.-, lo más oneroso es el lector cuyo costo es de \$2.013.480.- todos los valor no incluyen IVA- que permite un control exhaustivo de los EPPRx.

La principal utilidad de este sistema es en las horas/hombre que se dejan de invertir en realizar una auditoría física, la cual puede demorar 18horas, ya que el sistema permite leer (registrar) de manera conjunta hasta 200 TAG en tan solo una hora, lo cual denota la eficiencia del sistema.

XI. Anexos: PPT o video de presentación

Referencias

- Álvarez Gala, F., & Saavedra López, D. (2011). *Propuesta de utilización de la tecnología identificación por radiofrecuencia (RFID) en el sector de salud* [bachelorThesis]. https://repositorio.uci.cu/jspui/handle/ident/TD_03978_11
- Álvarez López, Y., Franssen, J., Álvarez Narciani, G., Pagnozzi, J., González-Pinto Arrillaga, I., & Las-Heras Andrés, F. (2018). RFID Technology for Management and Tracking: E-Health Applications. *Sensors*, 18(8), 2663. <https://doi.org/10.3390/s18082663>
- Blanco Jaime, J. A. (2009). *Beneficios de la aplicación de la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) en la administración de medicamentos a los pacientes hospitalizados—Caso fundación Santa Fe de Bogotá (FSH)*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/45febe83-3d93-44c7-92f2-b3501ee86e2c>
- Decreto Supremo N° 3 de 1985, del Ministerio de Salud.* (s. f.). SUSESO: Normativa y jurisprudencia. Recuperado 5 de diciembre de 2023, de <https://www.suseso.cl/612/w3-article-40012.html>
- Decreto Supremo N° 133 de 1984, del Ministerio de Salud.* (s. f.). SUSESO: Normativa y jurisprudencia. Recuperado 5 de diciembre de 2023, de <https://www.suseso.cl/612/w3-article-19235.html>
- Dguez, P. (s. f.). *Estado Del Arte Tecnologías RFID*. Recuperado 5 de diciembre de 2023, de https://www.academia.edu/12038510/Estado_Del_Arte_Tecnologias_RFID

Fritzsche, H., Ataide, E. J. G., Bi, A., Kalva, R., Tripathi, S., Boese, A., Friebe, M., & Gonschorek, T. (2020). Innovative Hospital Management: Tracking of Radiological Protection Equipment. *International Journal of Biomedical and Clinical Engineering*, 9(1), 33-47. <https://doi.org/10.4018/IJBCE.2020010103>

Informe-vigilancia-8-2023-2do-trim.-2023-v2.pdf. (s. f.).

Yami, A. A., Atkins, A. S., & Campion, R. (s. f.). *Performance Improvement in Hospital Management using RFID and ZigBee Technologies for Tracking and Monitoring Patients and Assets in Saudi Arabia*.