



Proyecto Final de Ingeniería Industrial

Utilización de tecnología RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria

Tutor:

Lic. Claudio Jorge Rancan

Autores	Legajo	Correo Electrónico
Gonzalo Canepa	51163	gonzamcanepa@gmail.com
Lautaro Palarino	51570	palarinolautaro@gmail.com
Martín Lapajufker	51249	martin_lapa@hotmail.com

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Abril 2016

Resumen ejecutivo

La identificación por radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés) es una tecnología de transmisión de información que utiliza rangos específicos de ondas de radio. Hoy en día, cuenta con un gran número de aplicaciones gracias a su versatilidad: es utilizada para identificar todo tipo de elementos y generar información concerniente a la trazabilidad, localización o control de los mismos. Para su funcionamiento, se requiere del uso de etiquetas adosadas al elemento que se desea estudiar, las cuales pueden contener cualquier dato que se considere relevante. Comparada con otras tecnologías de identificación posee la ventaja de realizar lecturas a distancia, y se destaca en lo que a optimización de procesos operativos y administrativos se refiere.

Si bien este tipo de tecnología es utilizada hace décadas, su aplicación en instituciones de salud es reciente. Aunque en comparación sean pocos los hospitales que incorporaron esta innovación, todos han confirmado el potencial de mejora que atañe. A pesar de existir diversas barreras que impiden la implementación de esta tecnología en muchos hospitales del mundo, se advierte que gran parte del problema proviene de la resistencia al cambio y la importancia relativa que se le da a la logística en este tipo de ámbitos.

Debido a que un hospital es un sistema complejo, donde interactúan gran número de variables relacionadas entre sí, se dificulta y reduce la eficiencia tanto en procesos operativos como administrativos. Ello puede generar graves consecuencias, ya que la gestión de medicamentos, insumos o equipos influye directamente en la salud de los pacientes.

El siguiente trabajo pretende estudiar la incorporación de la tecnología de identificación al ámbito de una institución hospitalaria. Comprende una introducción técnica al RFID, algunas de sus aplicaciones actuales y una comparación respecto de otras tecnologías de identificación existentes. Por otro lado, se caracteriza a una institución hospitalaria típica a partir de sus procesos logísticos, haciendo hincapié en las problemáticas habituales que presenta.

Luego, se describen las soluciones que el RFID procura obtener, en tres ejes principales: Gestión de inventario, equipos y personas. Es en este capítulo donde se desarrollan los principales argumentos por los cuáles la introducción de esta tecnología optimiza el trabajo en los hospitales, brindando mayor eficiencia a la administración y seguridad al paciente. Por último, se realizó un relevamiento de los procesos logísticos de un hospital público de la Capital Federal, con el objetivo de proyectar un estudio de factibilidad que indique la conveniencia de invertir en esta tecnología dentro del contexto actual del país.

Para desarrollar el trabajo, fueron consultadas distintas investigaciones y casos de estudio en hospitales de España, Canadá y Estados Unidos, entre otros. Se indagaron

fuentes legítimas acerca del uso del RFID y las regulaciones vigentes del Ministerio de Salud. Además, se realizaron entrevistas con profesionales de diversas áreas pertenecientes a un hospital en particular, con el objetivo de entender las interacciones que se presentan en el trabajo cotidiano.

Brief

Radiofrequency identification (RFID) is a technology that is based on the transmission of information via specific radio wave lengths. It has a wide range of applications thanks to its versatility: it is utilized to identify any type of element and generate information related to its traceability, location and control. A label must be attached to the element of study, it can contain any type of data that might be relevant. Compared to other technologies of identification, it has the advantage of making long distance lectures, and it stands out in operative processes and administrative optimization.

Even though this type of technology has been used for decades, its application in health care institutions has been recent. Although there are a handful of hospitals that have already incorporated this technology, all of them have confirmed the improvement potential it has. There are many barriers when it comes to the implementation of this technology, many of them coming from employees that are not willing to adapt to change and the relative importance that is given to logistics.

Due to the fact that a hospital is a complex system, in which a great number of interrelated variables interact with each other, efficiency is greatly compromised for both operative and administrative processes. This might lead to serious consequences related to remedies, supplies and equipments that directly impact the patient.

The following report aims to study the incorporation of the RFID technology in a health care institution. First, the RFID is introduced, detailing some of its applications and a comparison with other technologies that are used nowadays. A detailed description of a health care institution is also provided, focusing on logistics and frequent problems.

Second, the RFID solutions are described in three different focus aspects: Stock, equipment and people administration. It is in this chapter where all the key aspects of the technology are stated, arguing why this technology should be applied. Finally, a survey was conducted to analyze the feasibility of applying RFID, taking into account the current state of the country.

Different sources were consulted to develop this report, such as study cases in health care institutions in Spain, Canada and United States, among others. Regulations concerning the technology and health were also consulted and explained. Professional interviews were conducted to have a clear understanding of the daily work of an institution.

Para todos aquellos que nos apoyaron en este largo camino durante la facultad, Padres, Docentes, Amigos y Colegas.

Índice

1. Introducción	1
1.1. Justificación.....	1
1.2. Alcance	4
1.3. Objetivos generales	4
1.4. Objetivos específicos	4
2. Marco teórico	5
2.1. Tecnología RFID	5
2.1.1. Que es el RFID?	5
2.1.2. Historia del RFID	6
2.1.3. Tipos de RFID	8
2.1.4. Mecanismo de escritura de tag RFID	9
2.1.5. Comparación entre la tecnología RFID y Código de Barras	10
2.2. Estandarización y regulaciones RFID	11
2.2.1. Código EPC	12
2.2.2. Normas ETSI	13
2.2.3. Normas ISO	14
2.3. Aplicaciones de la tecnología RFID	15
2.3.1. RFID en proceso de fabricación y distribución	15
2.4. Gestión de Sistemas Hospitalarios	16
2.4.1. Regulaciones	17
2.4.2. Sistema Informático	18
2.4.3. Gestión de compras	20
2.4.4. Gestión de inventario	21
2.4.5. Dispensación de medicamentos	24
2.4.6. Recepción de pacientes	25
2.4.7. Mantenimiento de equipos	27
3. Aplicaciones de la tecnología RFID como solución a problemas en la logística hospitalaria	31
3.1. Trazabilidad de Medicamentos en la cadena logística	31
3.2. Gestión de inventario	32
3.3. Gestión de personas	33
3.4. Gestión de equipos	36
4. Caso de estudio	41
4.1. Metodología	41
4.2. Relevamiento	42
4.3. Implementación	47
4.3.1. Etapas de implementación	50
4.4. Factibilidad económico financiera	51
5. Conclusiones y futuras líneas de investigación	59
6. Bibliografía	61

RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria



1. Introducción

La identificación por Radiofrecuencia (RFID) es una tecnología que permite almacenar y transmitir información a través de ondas de radio. Generalmente se utiliza para identificar unívocamente a un objeto. Si bien hace varios años que su implementación ha demostrado ser exitosa, recientemente se ha acrecentado el interés por la misma, debido al amplio espectro de sectores que pueden beneficiarse con su aplicación. Estos se basan en el intercambio rápido y automático de datos, que con el apoyo de sistemas de información pueden traducirse en mayor visibilidad en los procesos, permitiendo una mejor gestión de los negocios.

El ámbito de la salud es uno de los campos en los que esta tecnología posee mayor potencial. Especialmente en el sector logístico. Para que un hospital funcione correctamente, es fundamental el trabajo realizado por esta área. De ella depende la eficiencia y calidad de la prestación de servicios de salud. La misma abarca tanto la gestión de los proveedores de productos y servicios, como la disposición final de los residuos patogénicos, incluyendo el flujo de medicamentos, equipos y personas. Además, posee la característica particular de que los riesgos generados por las fallas y contratiempos son sumamente riesgosas. Dada la amplitud y criticidad de los servicios que brinda es conveniente tener un apoyo tecnológico eficiente que permita un mejor manejo de la información requerida.

Desafortunadamente, en muchas instituciones de salud el área responsable de la actividades logísticas tiene un perfil bajo, siendo visible a los ojos de la alta dirección únicamente cuando aparece un problema. En general las actividades logísticas son compartidas por múltiples área y es por ello que presenta cierta dificultad para el gerente del departamento mantener una actitud proactiva. El mismo suele limitarse a respetar los procedimientos más que mejorarlos {1}.

1.1. Justificación

La elección del tema se debe a que los avances de las innovaciones tecnológicas producen cambios en los paradigmas y revelan alternativas radicales, otorgando una metodología más eficiente, reduciendo costos y generando información más precisa. Es por esto que buscamos que a partir de nuestro proyecto se evalúe si es viable la implementación de estas tecnologías en un ámbito tan importante como es la salud, a fin de mejorar la calidad y el servicio de las instituciones encargadas del tema en cuestión.

Según Coustasse et al, el costo de las actividades logísticas representa entre un 30 y un 40 por ciento del presupuesto total de un hospital {2}. Es importante observar que probablemente sea el área que tenga mayores necesidades financieras. Por ende, es el sector donde primero se pondrá el foco a la hora de reducir costos.

En primera instancia, se debe resaltar que los procesos relacionados con el área de supply chain distan de ser eficientes debido a una variedad de razones. El factor más importante, que genera una adición porcentual significativa a la estructura de costos (entre un 5 y un 15 por ciento), es el error humano {3}, el cual se ve claramente a la hora de emitir órdenes para realizar restocks, o en el recuento manual de inventario.

En cuanto a la gestión de equipos médicos, se destaca una tendencia creciente en la cantidad de dispositivos que rodean al paciente. Sumado a que la utilización de los equipos móviles por año es menor al 50% {4}, se puede deducir que los costos de adquisición y mantenimiento no van a la par de los beneficios que se obtienen. Además, el hecho de adicionar equipos móviles, dificulta exponencialmente el seguimiento y localización de los activos. Se estima que el personal malgasta entre un 15 y un 20 % de su tiempo, debido a la falta de información acerca de la localización de los equipos {2}.

A su vez, existen problemáticas relacionadas con el manejo de inventarios, en las cuales metodologías incorrectas pueden permitir hurtos, caducidad de productos y pérdida de tiempo a la hora de realizar el control de inventario o las búsquedas de un equipo específico.

Otro inconveniente que no debe pasarse por alto respecta a la trazabilidad de medicamentos. A fines del año 2011 la ANMAT comenzó a implementar un sistema de trazabilidad nacional con el fin de erradicar la distribución de medicamentos ilegítimos, integrando toda la cadena de comercialización. El sistema prevé el uso de dispositivos RFID que contengan información sobre lote, vencimiento, número de serie y código comercial bajo los estándares GS1 {5}.

Estudiando los problemas más frecuentes de las organizaciones de salud se puede vislumbrar que la mayoría se debe a la falta de información en distintos aspectos. Es por ello, que se cree que la implementación de un nuevo sistema de información basado en la tecnología de radiofrecuencia puede solucionar la mayor parte de los inconvenientes, abarcando los siguientes beneficios potenciales:

- Reducción de los tiempos de respuesta
- Minimización de pérdidas de inventario
- Reducción del riesgo de stock-out
- Localización de equipos y personas en tiempo real
- Reducción del tiempo improductivo del personal

- Apalancamiento de infraestructuras existentes
- Automación de procesos
- Reducción de errores
- Mayor seguridad y atención a pacientes
- Protección de la información
- Disminución del recuento de inventario
- Aumento en la utilización de equipos
- Eficiencia en los costos de alquiler de equipos
- Flujos de trabajo mejor organizados
- Optimización y mejora del servicio al paciente

Una de las consecuencias más poderosas de adaptar estos sistemas consiste en el importante volumen de información acerca del negocio que se genera. Analizándola en forma profunda, se puede conocer mejor las interacciones entre pacientes, médicos, medicamentos, insumos, equipos y procesos, visualizando patrones que pueden arribar en ideas que permitan mejorar el funcionamiento del hospital. Para que ello sea posible, debe contarse con las herramientas informáticas conocidas como “Business Analytics” con el objetivo de procesar eficientemente esa información. Big Data mediante, se pueden generar reportes automáticos para demostrar la evolución de la calidad de servicio, así también como avisos cuando las condiciones escapan del límite deseado.

Teniendo en cuenta todos los beneficios resaltados, es sorprendente el hecho de que los sistemas RFID no sean utilizados en la mayor parte de las instituciones. Existen múltiples factores que pueden explicar las razones por las cuales esto es así. Por un lado, la mayor parte del personal, tanto operativo como administrativo, se encuentra inserto en solucionar problemas urgentes sin tener la posibilidad de ver hacia adelante. Además, como se mencionó anteriormente, el área logística se limita a cumplir los procedimientos. Antes de implementar un nuevo sistema que cambiará de manera abrupta la forma de operar, debe realizarse una reingeniería de procesos y definir claramente nuevos roles del personal. En muchos hospitales suele existir una burocracia profesional inflexible que limita la capacidad de implementar nuevos sistemas {4}. Para evitar esto debe tenerse en cuenta una adecuada gestión del cambio para lograr una fluida implementación. Por otro lado, a la gran mayoría de los hospitales les cuesta mucho dinero y esfuerzo adoptar nuevas tecnologías de la información. Comparado a otras industrias, se trata de sistemas complejos e impredecibles debido a la falta de estructura en los procesos y un flujo de trabajo disruptivo.

La implementación de un nuevo sistema de información generará mayores volúmenes de información que necesitará más personal para su seguimiento y análisis. El personal de IT se deberá encargar de la confiabilidad e interoperabilidad entre sistemas, colisiones de etiquetas, interferencia con otras tecnologías, propagación de la señal y adaptación de estándares.

Sumado a lo anteriormente mencionado, la implementación de esta tecnología requiere ciertas inversiones que muchas instituciones no están dispuestas a realizar debido a que poseen otras prioridades, como mejoras de infraestructura o incorporación de nuevos equipos.

1.2. Alcance

Este trabajo está enfocado en el estudio de la logística interna de un hospital y su automatización, lo cual abarca tanto la gestión de inventarios, localización de personas y equipos, como la optimización y mejora del proceso de atención al paciente. Para ello se cree necesario profundizar en la tecnología de Radiofrecuencia.

Se relevarán los procedimientos típicos de un hospital, su operatoria a la hora de gestionar activos y personas, y el impacto tanto cualitativo como cuantitativo de la implementación de la tecnología RFID.

Finalmente se realizará un estudio de factibilidad, en el cual se evaluará el costo financiero de la aplicación de un sistema de gestión con tecnología RFID y su metodología de implementación.

1.3. Objetivos generales

El objetivo principal del presente trabajo es sentar las bases teóricas y prácticas para la implementación de la tecnología RFID con el fin de mejorar tanto la gestión como la calidad de servicio de un Hospital, aplicando criterios de evaluación críticos y conceptos aprendidos a lo largo de la carrera de Ingeniería Industrial.

1.4. Objetivos específicos

- Estudiar distintos tipos de tecnología RFID, sus ventajas y desventajas.
- Caracterizar los procedimientos logísticos de un hospital.
- Estudiar el impacto de la tecnología RFID en el ámbito hospitalario.
- Identificar oportunidades de mejora y aplicaciones posibles de la tecnología propuesta en un caso real.
- Elaborar una solución integral y especificar la metodología de implementación.

2. Marco teórico

2.1 Tecnología RFID

A continuación se se hará una introducción con todos los aspectos relacionados a la tecnología en cuestión, describiendo los tipos de etiquetas existentes, su funcionamiento y la frecuencia de trabajo entre otras tantas características.

2.1.1. ¿Qué es el RFID?

La identificación por radiofrecuencia (Radio Frequency IDentification, por sus siglas en inglés) se trata de una tecnología que permite almacenar y transmitir información a través ondas de radio. Generalmente se utilizan para identificar de manera unívoca cualquier tipo de entidad física. Se basa en la interacción de tres elementos: emisor, receptor y decodificador.

Un dispositivo conocido como etiqueta o tag, hace las veces de emisor. Consiste en un circuito integrado con una antena incorporada y contiene datos que identifican uno o más atributos de la entidad portadora. A su vez, se requiere de un lector que, dependiendo del tipo de etiqueta se encargue de captar los datos emitidos o interrogar al tag y capturar su respuesta. A través de un sistema informático se logra decodificar la información transmitida.

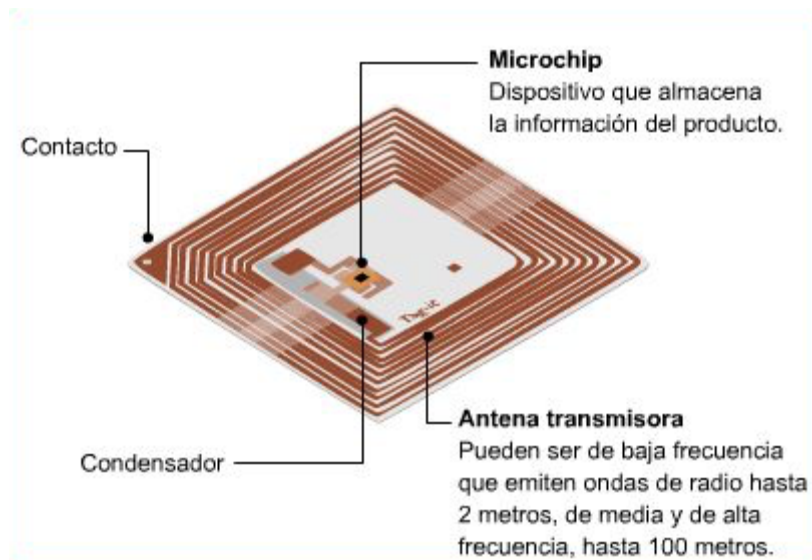


Figura 2.1: Composición de tag RFID

2.1.2. Historia del RFID

En la actualidad, la tecnología RFID ha acaparado un elevado interés por la diversidad de aplicaciones que posee, creando la sensación de que es una novedad. Como podremos observar a continuación, esta tecnología es muy antigua. Genera un gran interés en la actualidad, ya que puede aportar elevados beneficios, gracias a las mejoras realizadas en su funcionamiento y a la disminución de su precio.

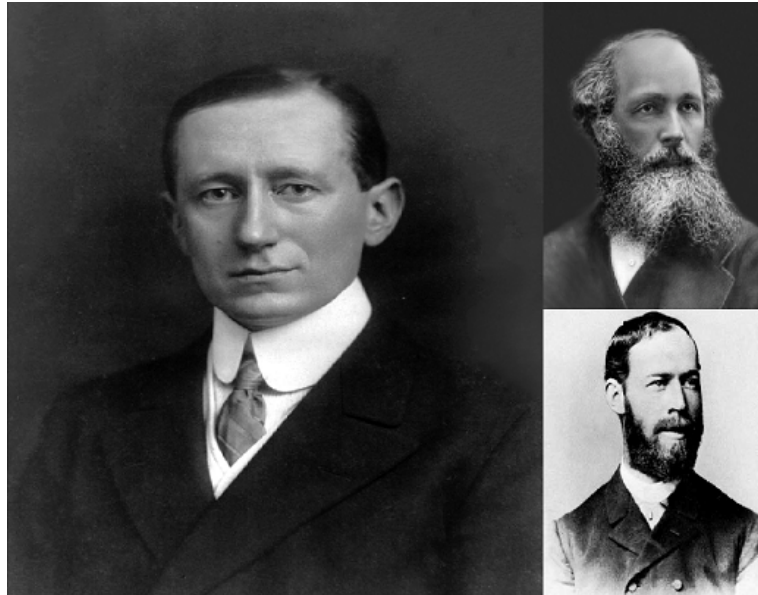


Figura 2.2: Marconi, Maxwell y Hertz

Antiguamente existía un cierto conocimiento sobre campos de radiación magnética o eléctrica, pero no es hasta el 1860 cuando se estudia la comunicación por radiofrecuencia. A continuación se destacan los años y acciones claves para la tecnología RFID:

- En 1860: James Clerk Maxwell, físico escocés, establece la teoría del campo electromagnético, la cual afirma que existe una fuerte razón para concluir que la luz misma (incluyendo la radiación del calor) es una perturbación electromagnética en forma de ondas propagándose de acuerdo con la leyes del electromagnetismo. {6}
- En 1886: el científico alemán, Heinrich Rudolf Hertz, probó experimentalmente lo enunciado en la teoría de Maxwell y estableció que rápidas variaciones de corriente eléctrica podían ser proyectadas en el espacio en forma de ondas electromagnéticas. Descubrió la longitud de la onda, la velocidad de propagación y los ciclos por segundo que se repite la onda. Es por ello que se le dio su nombre a la unidad. {7}

RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria

- En 1901: Guglielmo Marconi, físico italiano, construyó emisores de onda y dispositivos para detectarla. En 1901 envió una señal en código Morse desde Inglaterra hasta Terranova, hito que marca el nacimiento efectivo de la radiotelegrafía sin hilos.
- En 1906: Reginald Fessenden (ayudante de Edison). En lugar de las pulsaciones de Morse tuvo la idea de enviar una señal continua, modulándola según las ondas sonoras, y haciendo con ello posible la transmisión de voz y música y en diciembre de 1906 emitió su primer programa radiofónico. {7}
- Durante la II Guerra Mundial (1942): los británicos desarrollaron el primer sistema etiquetado de RFID, el objetivo era discriminar rápidamente entre su propia flota de aviones y los escuadrones alemanes. Los aviones británicos incorporaban tags que contestaban a un lector con un código "I am a friend" {8}.
- En 1960: Fueron fundadas las empresas Sensormatic y Checkpoint que desarrollaban equipos de vigilancia electrónica de artículos para contrarrestar el robo de mercadería. Utilizaban sistemas como microondas (generación de armónicos usando un semiconductor) o tecnología inductiva (circuitos resonantes). Este posiblemente sea el primer uso extendido y comercial del RFID. {9}
- A partir de 1980: Se convirtió en una década de plena aplicación de la tecnología RFID. Los mayores intereses se dieron en Estados Unidos respecto del transporte, el acceso de personal, y, en menor medida, para animales, aplicaciones industriales y de negocios. Una clave para la rápida expansión de las aplicaciones RFID fue el desarrollo de la computadora personal (PC) que permitió una colección conveniente y económica de gestión de datos de los sistemas RFID {9}.
- En el 2000: Auto-ID Center focaliza todos sus esfuerzos en el desarrollo tecnológico para la implantación masiva de la tecnología RFID en la cadena de suministro, proporcionando un sustituto al código de barras {8}.
- Hasta el 2015, se han investigado y desarrollado nuevos ámbitos de aplicación para esta tecnología como el sector de la salud, recolección de basura, manejo en bibliotecas, rastreo de personas, manejo de alimentos, entre otros.

2.1.3 Tipos de RFID

Según modo de alimentación:

- **Etiquetas pasivas:** Las etiquetas pasivas utilizan la energía proveniente del interrogador para generar una señal de respuesta a través de su antena, es decir que solo se “activan” cuando se requiere su información. El hecho de que no posean una fuente de alimentación propia limita la distancia entre emisor y receptor a unos pocos metros. A la vez el tamaño de las mismas es pequeño y generalmente se imprimen en láminas autoadhesivas. Su costo oscila entre 7 y 15 centavos de dólar {10}.
- **Etiquetas activas:** Este tipo de etiquetas posee una fuente de alimentación incorporada. Esto le permite transmitir información hasta distancias de 90 metros aproximadamente {10}. Su tamaño es lógicamente mayor que los otros tipos de etiquetas, aunque algunos apenas superan el tamaño de una moneda. Su funcionamiento es distinto al de las etiquetas pasivas en cuanto a que no esperan a ser interrogados, sino que emiten constantemente su información. Portan una pequeña memoria volátil de hasta 8 kilobytes {10}, debido a lo cual pueden almacenar un mayor número de datos. Dependiendo de su aplicación, su costo mínimo es de 12 dólares {10}.
- **Etiquetas semipasivas:** Utilizan una batería para alimentar el microchip del circuito, pero se comunican mediante la energía del lector. Esto da lugar a que las antenas no requieran capturar la potencia de la señal entrante para devolver la señal saliente. Este diseño mejora el tiempo de respuesta del tag, y aumenta el rango de lectura. Debido a su fuente de energía, los tags semi-pasivos son capaces de utilizar una mayor capacidad de memoria y de incluir capacidades de procesamiento adicionales. Suelen ser utilizados para el seguimiento de artículos de elevado valor que tienen que ser escaneados por largos períodos, por ejemplo registrar la temperatura de los productos frescos en tránsito. {11}

2. Según forma de programabilidad:

- **De lectura:** Son programadas una única vez, durante su fabricación, y la información grabada no puede ser modificada.
- **De lectura y única escritura:** Son capaces de ser reprogramadas o re-escritas una única vez pasando a ser, posteriormente, de lectura.
- **De lectura y escritura múltiple:** Los datos existentes en este tipo de etiquetas pueden ser modificado cuantas veces sea necesario, sin restricción alguna.

3. Según rango de frecuencias {12}:

RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria

- Baja frecuencia: (LF): rango de frecuencias inferiores a 135 KHz.
- Alta frecuencia (HF): frecuencia de funcionamiento alrededor de 13,56 MHz.
- Ultra alta frecuencia (UHF): frecuencias de funcionamiento en las bandas 433 MHz, 860 MHz y 928 MHz.
- Frecuencia de Microondas: comprende las frecuencias de funcionamiento en las bandas de 2,45 GHz y 5,8 GHz.

Los rangos de alcance para las etiquetas pasivas son los siguientes {13}

Banda de Frecuencias	Descripción	Rango
125 kHz - 134 kHz	LF (Baja Frecuencia)	Hasta 45 cm.
13,553 MHz - 13,567 MHz	HF (Alta Frecuencia)	De 1 a 3 m.
400 MHz - 1.000 MHz	UHF (Ultra Alta Frecuencia)	De 3 a 10 m.
2,45 GHz - 5,4 GHz	Microondas	Más de 10 m.

Tabla 2.1: Frecuencia y rango de etiquetas pasivas RFID

El alcance de los tags activos, para cualquier frecuencia, puede alcanzar los 100 metros {10}.

2.1.4 Mecanismos de escritura de tag RFID:

Como fue mencionado, para que una etiqueta RFID pueda ser escrita y leída, debe transferirse potencia de la antena del lector a la antena presente en el tag. Existen dos formas de escritura: por acoplamiento inductivo o propagación por ondas electromagnéticas. La principal diferencia entre estos dos métodos radica en la frecuencia con la que trabajan:

Acoplamiento inductivo	Propagación por ondas
<ul style="list-style-type: none">● Bajas Frecuencias● Requiere menos energía● Más económicos● Poco alcance● Generalmente utilizado para etiquetas pasivas	<ul style="list-style-type: none">● Alta / Ultra Alta Frecuencia● Requiere más energía● Mayores costos● Gran alcance● Generalmente utilizado para etiquetas activas

Tabla 2.2: Comparación de acoplamiento inductivo vs Propagación por ondas

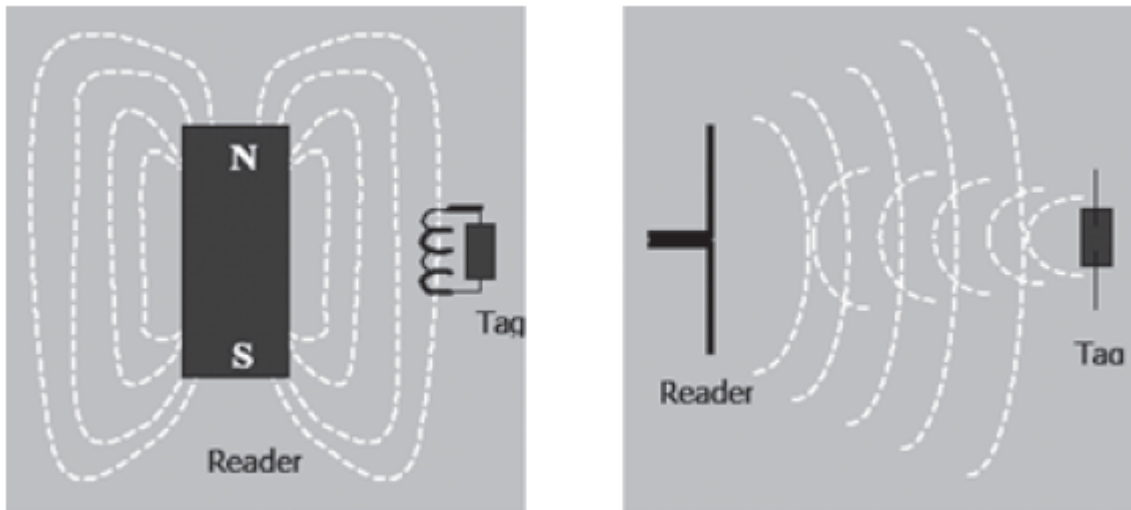


Figura 2.3: Izquierda acoplamiento inductivo (campo cercano). Derecha: propagación por ondas electromagnéticas (campo lejano). {12}

El acoplamiento inductivo tiene un funcionamiento similar al de un transformador. La antena del lector genera un campo magnético que induce una corriente en la antena de la etiqueta, formada normalmente por una bobina y un condensador. La corriente inducida en el elemento acoplado (bobina) carga el condensador y éste proporciona el voltaje necesario para la transmisión. Los sistemas que utilizan este principio de funcionamiento deben trabajar siempre en el campo cercano, que suele ser una distancia aproximadamente equivalente al diámetro de la antena.

En el campo lejano la señal electromagnética puede considerarse como una señal de radio. Cuando se trabaja en estas condiciones el acoplamiento se produce a través de la recepción de ondas electromagnéticas planas. En los sistemas basados en campos electromagnéticos, el interrogador o lector transmite la energía a través de ondas electromagnéticas. Los transpondedores situados dentro de la zona de cobertura se ven inmersos en el campo generado y recogen parte de la energía. {12}

2.1.5 Comparación entre la tecnología de RFID y Código de Barras

El RFID posee un número significativo de ventajas frente al código de barras. En primer lugar, para que el código de barras pueda ser leído, debe haber una línea de visión entre este y el lector, mientras que las ondas de radio se propagan en todas las direcciones. Los productos con tags RFID se pueden leer en simultaneo {14}, mientras que aquellos que cuentan con código de barras deben leerse de a uno por vez. Además, la velocidad de lectura del RFID (en teoría 1.000 por segundo {15}) supera ampliamente a la del código de barras. Estas tres primeras ventajas, la posicionan como ideales para los procesos de

recepción y despacho, donde los controles se hacen al instante, sin necesidad de desconsolidar los pallets.

En cuanto a la durabilidad, ambas dependen en gran medida del adhesivo que utilizan. Los tags suelen insertarse en sustratos plásticos, lo que le permite durar más al desgaste, pero si llega a dañarse el punto de unión con la antena, quedan obsoletas.

El código de barras utiliza la norma UPC (Universal Product Code), que clasifica genéricamente un producto en 12 dígitos numéricos. En cambio, el EPC (Electronic Product Code), usado por el RFID, permite identificar un ítem en forma individual a través de un número serial asignado. A su vez, posee mayor capacidad de almacenamiento, creando una base de datos portátil. Actualmente se están desarrollando prototipos que permitirían almacenar hasta 1Mb, mientras que el código de barras almacena, en el mejor de los casos, 1Kb (1024 veces menos que un tag RFID). Es importante resaltar la seguridad que brinda el RFID en cuanto a datos se refiere, ya que existe la posibilidad de cifrarlos.

Otro aspecto a tener en cuenta es la flexibilidad de la información. El hecho de que la reescritura sea posible en los tags RFID permite la actualización de información en tiempo real de un ítem que se mueve a lo largo de la cadena de abastecimiento.

Si bien en el campo de los costos la tecnología RFID no posee el triunfo aún, se prevé que en un futuro cercano (en el mediano plazo) estos se equiparen, haciendo que la implementación de este sea masiva (aproximadamente 0.05 centavos de dólar por etiqueta).{12}

La combinación de etiquetas RFID conteniendo código de barras y caracteres humanamente legibles ofrece la mejor alternativa de redundancia e integridad de la información, para el caso de que algún elemento falle.

2.2 Estandarización y regulación del RFID

La tecnología RFID está regulada por estándares universales, los cuales tienen como objetivo establecer normas en los siguientes aspectos:

- Frecuencia de trabajo
- Modulación
- Potencia
- Lectura del contenido
- Protección de datos
- Algoritmos anticolidión
- Autorización de lectura y escritura

- Memoria

Las áreas abordadas por los estándares RFID son:

1. Protocolo de comunicación: especifica cómo se deben comunicar lectores y etiquetas RFID
2. Contenido de datos: establece el formato de los datos intercambiados entre lector y etiquetas.
3. Certificación: pruebas para comprobar que todos los productos cumplen con los estándares.
4. Aplicaciones: utilización de los sistemas RFID.

A continuación se procederá a enumerar y comentar las principales normas que regulan a esta tecnología.

2.2.1 Código EPC

El código electrónico de producto EPC, por sus siglas en inglés (Electronic Product Code) es un número único para cada producto que permite la identificación de forma independiente de cualquier objeto.

Este código es un complemento del código de barras, pero a diferencia de este último, no necesita ser manipulado para su lectura. Su objetivo es que todos los productos puedan ser identificados en cualquier parte del mundo mediante el código EPC.

La estructura lógica del código EPC será abordada luego de explicar cómo funciona el código EAN (European Article Number), utilizado en etiquetas de código de barras. En el EAN13, los dos primeros dígitos hacen referencia al país que otorgó el código. Los siguientes 5 u 8 dígitos, hacen referencia al código de la empresa propietaria de la marca. El resto de los dígitos hasta el 12, hace referencia al código del producto. El último dígito es el dígito de control. Para calcular el dígito de control se enumeran los dígitos de derecha a izquierda. A continuación se suman los dígitos de las posiciones impares, el resultado se multiplica por 3, y se le suman los dígitos de las posiciones pares. Se busca la decena inmediata superior y se le resta el resultado obtenido. El resultado final es el dígito de control. Si el resultado es múltiplo de 10 el dígito de control será 0.

Al momento de comparar el código EAN13 con el EPC se pueden destacar los siguientes aspectos:

- El sistema de codificación es igual para todas las partes del mundo
- El EPC está basado en código hexadecimal, en otras palabras, multiplica las posibilidades de generación de códigos.
- Compuesto por 24 dígitos en comparación con los 13 del código EAN.

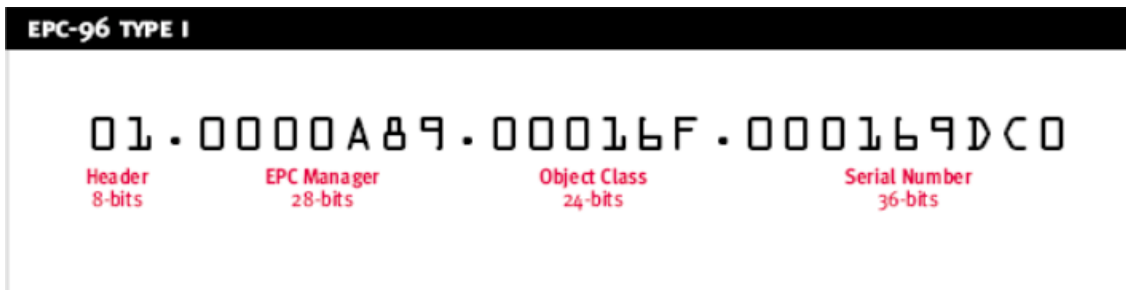


Figura 2.4: Caracterización de código EPC

- Header 8-bits: Campo usado para garantizar la singularidad de un código EPC
- EPC Manager 28-bits: Identifica a la compañía o a la organización
- Object Class 24-bits: Denomina la clase de producto
- Serial Number 36-bits: número de serie único para cada objeto individual

2.2.2 Normas ETSI

El Instituto Europeo de normas de Telecomunicación (ETSI) establece una serie de normativas relacionadas a propagación de ondas. A continuación se detallan las normativas del ETSI en función a las frecuencias de trabajo.



- **ETSI 300 330 (LF y HF):** Esta norma apunta a todos aquellos dispositivos de corto alcance, con un rango de frecuencias que oscila entre los 9 KHz y 25 MHz. Esto aplica tanto para los equipos RFID de baja frecuencia (LF) y los de alta frecuencia (HF).
- **ETSI 300 220 (UHF):** Es utilizada para los equipos cuyas bandas de frecuencia se encuentran en el rango de los 25 a los 1000 MHz. Esta norma es aplicable a los dispositivos RFID de ultra alta frecuencia (UHF), y tiene por objetivo determinar todas las condiciones técnicas y métodos de test que debe cumplir cualquier dispositivo cuyo rango de frecuencias oscile entre los anteriormente mencionados.
- **ETSI 300 440 (MW):** Aplicada a todos aquellos equipos cuya frecuencia de trabajo se encuentre entre 1 y 40 GHz. En la misma se determinan todas las condiciones técnicas y métodos de test que debe cumplir cualquier dispositivo cuyo rango de frecuencias oscile entre los anteriormente mencionados.
- **ETSI TR 102 436:** Esta norma incluye las consignas para la instalación de un equipamiento de dispositivos RFID a frecuencias UHF.

- **ETSI 102 526:** Esta norma ofrece algunas normas para evitar que los lectores interfieran unos con otros cuando hay gran concentración de los mismos en un área, y describe métodos de sincronización de dispositivos para evitar las mismas.

2.2.3 Normas ISO

Las normas ISO se focalizan en el protocolo de comunicación que ocurre entre los lectores y las etiquetas RFID. Su propósito fundamental es establecer los estándares mundiales que permiten la implementación de esta tecnología a gran escala, determinando protocolos de comunicación iguales alrededor de todo el mundo. A continuación se detallan todas las normas relevantes para la tecnología en cuestión.



- **ISO/IEC 18000 Air Interference Standards:** Diseñada para una operatividad global, definiendo la comunicación entre lectores y etiquetas RFID con sus respectivas frecuencias de trabajo.
- **ISO/IEC 18000-2 (LF):** Define el interfaz aéreo para RFID en dispositivos con rango de frecuencias en el orden de los 135 KHz, en conjunto con los parámetros de frecuencia de operación, precisión del canal y ancho de banda del canal utilizado. Por otro lado especifica el protocolo de comunicación entre el interrogador y el tag.
- **ISO/IEC 18000-3 (HF):** Define el interfaz aéreo para RFID en dispositivos con rango de frecuencias en el orden de los 13,56 MHz, en conjunto con los parámetros de frecuencia de operación, precisión del canal y ancho de banda del canal utilizado. Por otro lado especifica el protocolo de comunicación entre el interrogador y el tag.
- **ISO/IEC 18000-6 (UHF):** Define el interfaz aéreo para RFID en dispositivos con rango de frecuencias de 860 a 960 MHz, en conjunto con los parámetros de frecuencia de operación, precisión del canal y ancho de banda del canal utilizado. Por otro lado especifica el protocolo de comunicación entre el interrogador y el tag.
- **ISO/IEC 15961 RFID for item management - Data Protocol: Application interface:** Norma dirigida a comandos funcionales comunes y características de sintaxis y escritura.
- **ISO/IEC 15962 RFID for item management - Protocol: Data encoding rules and logical memory functions:** Trata de estandarizar el procedimiento que el sistema RFID utiliza para intercambiar información, estableciendo un formato de datos uniforme y correcto.

2.3 Aplicaciones del RFID

En el presente capítulo se detallan todas las posibles implementaciones de la tecnología RFID en distintos sectores productivos, con el objetivo de mostrar la versatilidad y efectividad de la misma.

2.3.1 RFID en procesos de fabricación y distribución

La tecnología RFID es idónea para la automatización de los procesos de captura de datos en fabricación y distribución. A continuación se ofrecen algunas aplicaciones en las que la tecnología RFID ofrece mejoras y beneficios tangibles para los fabricantes:

- **Recepción:** Cuando el pallet sale del camión, el interrogador del portal o el dispositivo portátil lee la etiqueta. El sistema RFID verifica de inmediato todo el contenido de la carga y ofrece visibilidad en tiempo real al sistema WMS o ERP. Los operarios de las carretillas pueden recibir instrucciones inmediatas para la disposición del envío.
- **Clasificación:** La etiqueta RFID incorpora los datos del contenido de la caja, de su origen y destino. El portal se coloca en los diversos puntos del sistema de clasificación o cinta transportadora de alta velocidad, donde se lee el punto de destino. El ordenador indica al sistema de clasificación el itinerario de la caja para su clasificación y entrega.
- **Envíos:** La etiqueta RFID incorpora los datos del contenido del pallet y del paquete, de su origen y destino. Se verifica el número y las líneas del pedido y se añaden a la etiqueta del pallet o del contenedor en el momento de la preparación o de la consolidación del pedido
- **Gestión de planta y servicios:** Los equipos de planta o de servicio técnico incorporan una etiqueta RFID, que puede incluir datos como la fecha del último mantenimiento, la identificación del técnico, las piezas actualizadas, las acciones llevadas a cabo y la fecha del próximo mantenimiento.
- **Seguimiento del trabajo y seguridad:** Las identificaciones de los empleados contienen una etiqueta RFID que incluye los datos de identificación y autorización del trabajador. Los empleados pueden utilizar su identificación RFID para abrir portales, proteger puertas, cajas, etc {16}.
- **Aplicación en industria automotriz:** BMW utiliza el sistema activo de localización en tiempo real RFID de WhereNet que lo utilizan para determinar dónde se encuentra cada uno de los nuevos coches que salen de la cadena de montaje a diario. Como la ubicación de cada vehículo estacionado en cualquier

parte dentro de las instalaciones de la fábrica puede ser determinada en tiempo real, BMW puede lograr que el cliente se sienta más satisfecho al acelerar la entrega de cada vehículo fabricado a pedido {17}.

- **Identificación y seguimiento de equipajes:** Se trata de tags RFID insertadas en etiquetas de identificación de equipaje aéreo pueden ser utilizadas para proveer una solución efectiva de seguimiento. Dado que una etiqueta RFID tiene capacidad suficiente para almacenar información sobre el equipaje y los datos de la ruta, la información está disponible localmente, evitando cualquier necesidad de acceso al sistema central o a bases de datos. Las etiquetas RFID pueden ser leídas (a diferencia de los códigos de barra) en cualquier orientación (sin importar que el equipaje se encuentre mezclado), resultando en una lectura más veloz y exacta en comparación con la lectura de código de barras {18}.
- **Control y gestión de documentos en instituciones:** El seguimiento de archivos con tecnología RFID permite a un empleado localizar cualquier artículo de forma rápida y precisa, sin importar en qué lugar de la oficina se encuentren. El proceso de flujo de trabajo es ágil y la información es fácilmente accesible. El resultado es una mayor productividad y eficiencia de los trabajadores, lo que permite al personal utilizar su tiempo de manera más eficiente. Los clientes también se benefician cuando los registros activos de su empresa están bien gestionados {19}.
- **Aplicación a la cadena de supermercados:** La aplicación de la tecnología RFID al rubro supermercado, consiste en un sistema de etiquetas con tecnología RFID que aporta nuevas prestaciones tanto a nivel de gestión productiva, como de gestión de logística y stock, además de gestión de calidad. Así, los dispositivos de etiqueta electrónica permiten automatizar los cambios de precios para realizarlos de manera rápida y virtualmente sin errores.

El sistema permite identificar unitariamente los productos y optimiza la gestión de la información de recepción, clasificación, almacenamiento y expedición de mercaderías. A su vez, mejoraría el pago en los cajeros ya que únicamente serían necesarios paneles que lean las etiquetas de los productos y a partir de eso calcular el monto total y efectuar el pago con una boleta impresa automáticamente {20}.

2.4 Gestión de sistemas hospitalarios

La presente sección tiene como objetivo brindar la información necesaria para comprender como funciona la dinamica dentro de una institución de salud.

2.4.1. Regulaciones

La Ley 26529 Derechos del Paciente Sancionada en 2009, declara los derechos del paciente en relación con los profesionales e instituciones de salud, entre ellos:

- Asistencia sin ningún tipo de discriminación
- Trato digno y respetuoso
- Respeto de la intimidad
- Confidencialidad
- Autonomía de la voluntad
- Información sanitaria
- Interconsulta médica
- Consentimiento informado (y excepciones).

Otro punto destacado, versa sobre la Historia Clínica que define como “*documento obligatorio cronológico, foliado y completo en el que conste toda actuación realizada al paciente por profesionales y auxiliares de la salud*”. Este documento debe contener información acerca de la fecha de inicio de su confección; datos identificatorios del paciente y su núcleo familiar; datos identificatorios del profesional interviniente y su especialidad; registros claros y precisos de los actos realizados por los profesionales y auxiliares intervinientes; antecedentes genéticos, fisiológicos y patológicos si los hubiere; todo acto médico realizado o indicado, sea que se trate de prescripción y suministro de medicamentos, realización de tratamientos, prácticas, estudios principales y complementarios afines con el diagnóstico presuntivo y en su caso de certeza, constancias de intervención de especialistas, diagnóstico, pronóstico, procedimiento, evolución y toda otra actividad inherente, en especial ingresos y altas médicas.

Además, establece que el paciente es el titular de la misma. Se puede confeccionar una historia clínica informatizada, siempre y cuando se asegure la preservación de su integridad, autenticidad, inalterabilidad, perdurabilidad y recuperabilidad de los datos contenidos en la misma en tiempo y forma.

ANMAT: La Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) es un organismo descentralizado de la Administración Pública Nacional creado en agosto de 1992. Colabora en la protección de la salud humana, garantizando que los medicamentos, alimentos y dispositivos médicos a disposición de los ciudadanos posean eficacia, seguridad y calidad. Para ello, se encarga de llevar adelante los procesos de autorización, registro, normatización, vigilancia y fiscalización de los productos de su competencia en todo el territorio nacional. {21}. A partir del año 2011 entró en vigencia el Sistema Nacional de Trazabilidad de Medicamentos. A medida que se implementaron las distintas etapas del sistema, fueron incorporándose nuevas resoluciones. A continuación, se destacan algunas:

- **Resolución N° 435/2011:** Establece el sistema de trazabilidad nacional para personas y empresas que intervengan en la cadena de comercialización, distribución y dispensación de especialidades medicinales, con el objetivo de asegurar el control de los medicamentos y contribuir a erradicar la circulación de aquellos que sean ilegítimos.
- **Disposición N° 3683/2011:** Requerimientos técnicos y etapas de implementación del Sistema de Trazabilidad de Medicamentos. B.O. 31/05/11
- **Disposición N° 8277/11:** Establécese que los envases primarios —blister— de formas farmacéuticas orales sólidas que sean destinados al uso y distribución hospitalaria, deberán estar troquelados de manera tal de permitir la división del envase primario en cada unidad de dosis, conservando la identificación inequívoca, trazabilidad y período de vida útil del producto. B.O. 22/12/11.

2.4.2. Sistema informático

Debido a la complejidad de datos que un Hospital administra (historia clínica del paciente, información de empleados, inventarios de medicamentos, etc), la necesidad de implementación y utilización de un software de gestión de datos es indispensable. Sus funciones principales deben ser:

- Mejorar la utilización de información para la toma de decisiones
- Reducir el error humano al mínimo
- Tener información en tiempo y forma
- Brindar alternativas de representación gráfica de datos para mejor comprensión
- Controlar los servicios brindados al paciente
- Facilitar la trazabilidad de medicamentos

Historia Clínica Informática: Conforme a la ley 26529 sobre derechos del paciente, mencionada anteriormente, la historia clínica (HC) debe ser un documento completo en el que conste toda actuación realizada al paciente por profesionales y auxiliares de la salud. A su vez debe garantizar la inalterabilidad y autenticidad de los datos.

Hoy en día existen pocos hospitales en el país que hayan digitalizado las historias clínicas de sus pacientes. Esto se debe en gran medida al volumen de información a procesar. Lo que se suele gestionar informáticamente es el archivo de las historias clínicas, donde se registra el ingreso, egreso y movimientos de las mismas.

Para turnos programados, un procedimiento típico requiere en primera instancia la impresión de tres copias de los turnos del día siguiente. El médico y secretaría recibirán dos copias y la tercera se almacenará en el archivo. Esta última servirá para realizar las

RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria

búsquedas de las historias clínicas correspondientes en el archivo físico y ordenarlas por servicio y profesional. A medida que se retiran las HC de las estanterías se marcan en una planilla impresa. Pueden ser ingresadas al sistema en forma manual, por código de barras o RFID. Luego, con la planilla se habilita en el sistema el egreso de las HC correspondientes. Si existen pacientes que se atienden por primera vez, deben imprimirse carátulas y hojas de evolución. Finalmente, se entregan las HC a secretaría junto con original y duplicado del listado de turnos, efectuando el ingreso por sistema de las HC recibidas.

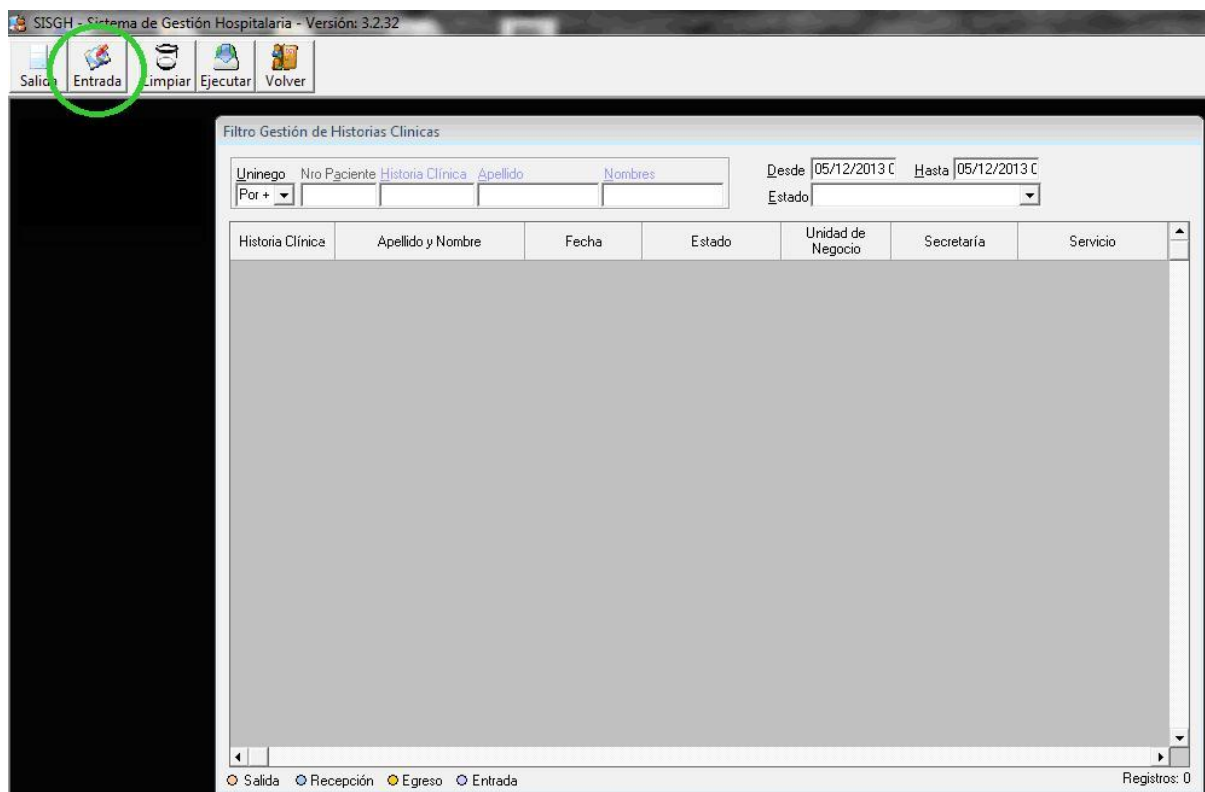


Figura 2.5: Pantalla de sistema de gestión de historias clínicas

Un vez concluidas las consultas de la jornada, secretaría realiza los egresos por sistema y las HC deben ser retiradas y reingresadas por sistema al archivo. Previo al almacenaje físico, se ejecuta un filtro para verificar que no existan faltantes de documentos.

Si se trata de turnos espontáneos, secretaría solicita por sistema la HC del afiliado al Archivo de HC. Archivo HC observa en pantalla las solicitudes pendientes y procede a realizar la búsqueda y egreso de las HC espontáneas. En este caso, debe aclarar en la salida de qué tipo de turno se trata. Al final de la jornada, se retiran los documentos junto con aquellos correspondientes a los turnos programados.

En caso de extravío de alguna HC, se deberá generar una HC “provisoria”, luego de agotarse todas las instancias de búsqueda. En ese caso, Archivo HC asienta en la planilla

de HC provisorias, indicando: fecha de detección de extravío, número de historia clínica y último estado en el sistema. Archivo HC procede al armado de la HC PROVISORIA, colocando una etiqueta sobre la carátula con la leyenda PROVISORIA e imprimiendo Hojas de Evolución PROVISORIAS para asegurar el registro de próximas atenciones del paciente. Al momento de encontrar la HC registrada, el Archivo HC deja asentado tildando el campo “Se encontró el original”. Mensualmente, el Archivo de HC controla la planilla de HC Provisorias y en caso de mantenerse la condición de extravío procede a volcar dicha HC en la planilla del mes siguiente –de manera de asegurar el control continuo-. Al momento de encontrarse la HC original, se unificarán los registros junto con la HC provisoría.

Los indicadores que suelen interesar a las instituciones de salud en cuanto a las historias clínicas son:

- Cantidad de HC Activas.
- Cantidad de HC nuevas por mes.
- Cantidad de HC pasadas a Archivo Pasivo.
- Cantidad de HC PROVISORIAS mensuales.
- Cantidad de HC PROVISORIAS encontradas mensuales.

2.4.3. Gestión de compras

Este aspecto es fundamental para la gestión hospitalaria, tiene como objetivo adquirir los recursos necesarios para satisfacer las necesidades operativas. Involucra la evaluación de proveedores, compra de medicamentos, insumos, equipos, su recepción y control.

Es fundamental, que los proveedores tengan las certificaciones necesarias para garantizar la calidad de los productos que se van a utilizar, en especial en relación con los medicamentos. Existe un Certificado Sanitario de Provisión de Medicamentos que es requerido para distribuir los fármacos. Él mismo, es emitido por la Autoridad Sanitaria Nacional que evalúa si la entidad cumple con los requisitos especificados en la ley, los cuales son documentos sobre la adquisición, fabricación y precios, entre otros {22}.

El encargado de las compras debe analizar si dichos proveedores cumplen específicamente con las necesidades del hospital en relación al mix, cantidad de medicamentos, precios de los mismos y los tiempos de entrega. Esto se debe a que los hospitales trabajan con una gran cantidad de SKU, con distintas fechas de vencimiento lo que genera gran complejidad y cuidado en la selección de los proveedores para poder permanecer abastecido.

La cantidad a ordenar y almacenar se relaciona con la demanda de los mismos y su fecha de vencimiento. Ciertos medicamentos requieren cuidados especiales para

permanecer en condiciones óptimas, como refrigeración o compartimentos estancos. La demanda tiende a ser muy variable y cíclica dependiendo de las enfermedades que se presentan en distintos momentos del año.

Usualmente, se realiza la planificación de compras anual, estableciendo las necesidades que va a tener el hospital a lo largo del año junto con la determinación del punto crítico de los productos que va a determinar el momento en el que se debe reordenar el producto en cuestión. Se pueden establecer 2 clasificaciones para las compras: {23}

- **Compras regulares:** Son aquellas que se realizan periódicamente debido a su constante uso y necesidad de reposición. En estas se engloban una buena parte de los medicamentos y objetos descartables necesarios para las operaciones, entre otros.
- **Compras no regulares:** No presentan un tiempo definido de reposición y se realizan con una menor frecuencia. En este tipo se encuentran los bienes para realizar el mantenimiento y repuestos, entre otros.

La variabilidad de la demanda genera modificaciones en la planificación anual y es por esto, que debe haber una excelente comunicación y flujo de información entre las diferentes áreas operativas del hospital, el sector de logística y el sector de compras para poder hacer óptimo el proceso de abastecimiento.

2.4.4. Gestión de inventarios

La gestión de inventarios tiene como objetivo brindar la información del estado actual de cada activo y sus movimientos en el pasado. Para que esto ocurra y sea útil, se deben realizar actualizaciones periódicas de la información de estos. Dentro del sistema de inventarios, se pueden distinguir los siguientes subgrupos:

- **Producto médico:** Es un producto para la salud tal como equipamiento, aparato, material, artículo o sistema de uso o aplicación médica, odontológica o laboratorial, destinada a la prevención, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación o anticoncepción y que no utiliza medio farmacológico, inmunológico o metabólico para realizar su función principal en seres humanos, pudiendo entretanto ser auxiliado en su función, por tales medios.
- **Medicamentos:** Sustancia que sirve para curar o prevenir una enfermedad, para reducir sus efectos sobre el organismo o para aliviar un dolor físico. Su presentación puede ser líquida, sólida o gaseosa y su envase puede ser un blister, ampolla o frasco.

RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria

- **Equipos médicos:** inventario de equipos que presten servicio a pacientes.

Debido al gran número de elementos que se manejan, y a la gran cantidad de datos asociados a cada equipo (fabricante, número de serie, etc), medicamentos (marca, lote, fecha de vencimiento, etc), se deben utilizar sistemas de codificación para la organización de la identificación, estos pueden ser:

- **Numeración secuencial:** en orden según la cronología de los registros.
- **Numeración codificada:** se emplea un código para identificar características específicas de los equipos, correspondiendo distintas partes del código a diferentes características, por ejemplo 01-XXX-05 donde 01 indica si es un equipo o un medicamento en particular, XXX indica el fabricante y 05 indica que es el quinto artículo dentro de los equipos o medicamentos 01.
- **Código de barras:** los activos se pueden marcar con una etiqueta autoadhesiva con código de barras, donde se puede almacenar ciertos datos particulares de cada uno.

En la siguiente tabla se detallan los datos mínimos que deben existir en una ficha de inventario:

Elemento	Breve descripción	Tipo de inventario
Número de identificación de inventario	Identificador único para cada equipo	Equipos médicos
Tipo de equipo/ artículo	Informa sobre la naturaleza del artículo, utilizando una nomenclatura uniforme y estándar	Todos
Breve descripción del equipo/artículo	Describe el artículo y su función o naturaleza	Todos
Fabricante	Identifica la empresa que fabrica el artículo, indicando su nombre, dirección y datos de contacto	Todos
Modelo / número de catálogo	Identificador único de la línea de productos (asignado por el fabricante)	Todos
Número de serie	Identificador único del artículo (asignado por el fabricante)	Todos

RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria

Ubicación física en el centro de atención sanitaria	Incluye el número de habitación, o área; permite localizar el equipo médico cuando deba someterse a mantenimiento preventivo	Todos
Estado	Indica si el equipo está “en servicio” o “fuera de servicio”, y en el segundo caso indica el motivo: por ejemplo, pendiente de calibración o de mantenimiento preventivo, en reparación, en espera de refacciones o dañado sin posibilidad de reparación	Equipos médicos, equipos de medición
Alimentación eléctrica	Indica la alimentación eléctrica necesaria para el equipo, por ejemplo de 110 V, 220 V, 380 V o trifásica	Equipos médicos, equipos de medición
Requisitos de funcionamiento y mantenimiento	Describe cualquier requisito especial necesario para el funcionamiento o el mantenimiento del equipo	Equipos médicos
Fecha inicial de registro en el inventario y de actualización	Fecha en la que se registró el equipo en el inventario y fecha de la actualización más reciente de la información	Todos
Proveedor del servicio de mantenimiento	Proporciona información sobre el proveedor incluyendo el nombre, contacto y, en caso de contar con una empresa o taller externo para el mantenimiento del equipo, incluir detalles del contrato (incluyendo vigencia de la garantía); información que indique fecha en que se realizó el mantenimiento	Equipos médicos, equipos de medición
Proveedor de compra	Se usa como contacto para compras, pedidos de reposición, sustituciones en garantía, etc	Todos

Tabla 2.3: Datos mínimos para inventario {24}

Debido a que algunos de los datos poseen características dinámicas, es decir, presentan cambios al o largo del tiempo, es necesario actualizar constantemente la base de datos del inventario.

2.4.5. Dispensación de medicamentos

La tarea de preparar y distribuir medicamentos es la actividad más crítica dentro del sector farmacia, debido al tiempo requerido y a la importancia que tiene el hecho de aplicar la dosis necesaria al paciente indicado en el momento correcto. Es por ello que debe funcionar en forma estructurada para garantizar su eficiencia {25}. Existen tres métodos de distribución de medicamentos que fueron perfeccionándose sucesivamente:

- **Reposición de stocks:** El circuito comienza a partir de la prescripción del médico del tratamiento farmacoterapéutico para todos los pacientes presentes en un sector particular. Luego, personal de enfermería lo transcribe a su hoja de tratamiento, prepara la medicación a partir del stock en planta y lo administra al paciente. Los medicamentos utilizados se solicitan y entregan por envases completos para la totalidad del pedido. Este sistema es poco robusto en gestión de inventarios, generando faltantes o almacenamiento excesivo de productos, llevando a la caducidad de los mismos.
- **Petición individualizada por paciente:** Este sistema presenta la diferencia que el auxiliar interpreta y transcribe la prescripción médica, solicitando los medicamentos en forma individualizada. Es también quien estima la cantidad del pedido en función del tiempo a cubrir. Esta metodología presenta el problema que el farmacéutico no tiene acceso a la orden médica original. Pueden existir errores de transcripción e interpretación de las mismas.
- **Dosis unitaria:** Se basa en los envíos de medicamentos acondicionados unitariamente para cada paciente desde farmacia para cubrir 24 horas como máximo. Este sistema requiere un rol más activo del farmacéutico, aprovechando los beneficios de un especialista y permitiendo disponer de mayor tiempo para los auxiliares en tareas de atención y cuidado a los pacientes. El sistema incrementa los costos de personal involucrado, pero garantiza mayor seguridad y calidad en la atención de los pacientes. A continuación se detalla el procedimiento típico:
 - 1) El médico prescribe el medicamento y lo registra en un impreso especialmente diseñado (generalmente autocopiativo). Debe incluir datos como nombre completo del paciente, identificación de la cama, nombre del medicamento (comercial o principio activo), forma farmacéutica, vía de administración, dosis, frecuencia, fecha y firma del médico.
 - 2) El farmacéutico recibe la copia directa e interpreta el tratamiento, realizando un perfil farmacoterapéutico para cada paciente.
 - 3) Con este documento, el auxiliar de farmacia prepara la medicación en dosis unitarias y las dispone en contenedores particulares para cada paciente.

- 4) La medicación preparada es controlada por el farmacéutico y una vez validada se lleva el total de los pedidos al sector solicitante.
- 5) Puede darse el caso en que algunos medicamentos no fueron administrados, regresando a farmacia en los mismos contenedores. El personal debe registrar y volver a almacenar los medicamentos devueltos.
- 6) Por último, las órdenes revisadas y entregadas son archivadas.

2.4.6 Pacientes

La admisión de pacientes se suele llevarse a cabo como explicita el siguiente flujograma:

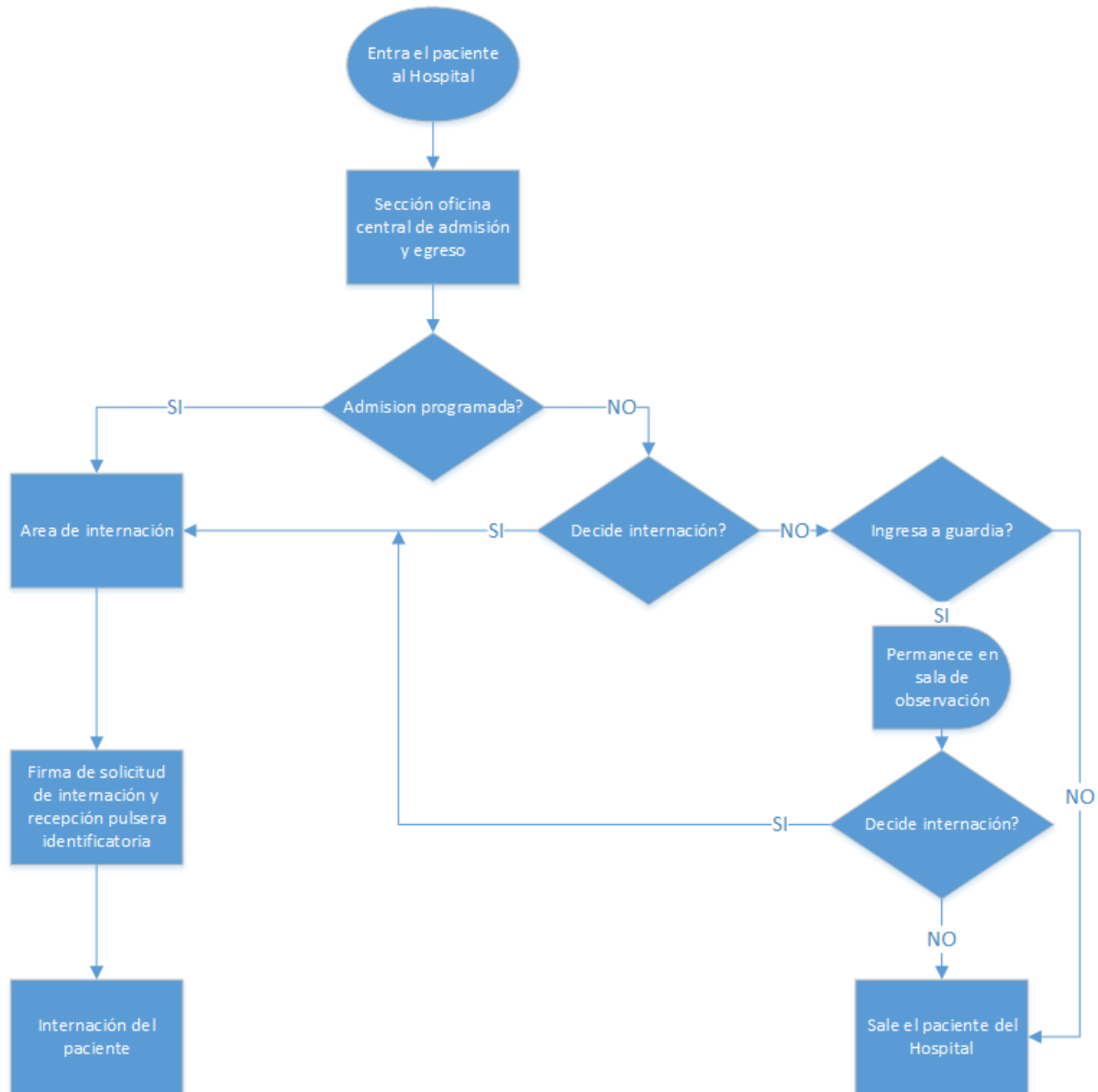


Figura 2.6: Flujograma de recepción de pacientes

La recepción del paciente es un proceso mediante el cual se realizan varias actividades, que incluyen desde recibir un nuevo ingreso en la unidad de hospitalización, hasta el inicio de los servicios de atención para promover y restaurar la salud. Al momento de ser recibidos, los pacientes deben completar la planilla que se muestra a continuación:

RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria

INFORME ESTADISTICO DE HOSPITALIZACION												N° DE INFORME		N° ORD. INTERN.		N° HIST. CLINICA																			
IDENTIFICACION DEL ESTABLECIMIENTO				CODIGO DEL ESTABLECIMIENTO				APELLIDO DEL MEDICO ASISTENTE																											
APELLIDOS Y NOMBRES DEL PACIENTE								TIPO Y N° DE DOCUMENTO DNI / LC / CI / PASAPORTE																											
FECHA DE NACIMIENTO				EDAD AL INGRESO				TIPO Y N° DE DOCUMENTO DNI / LC / CI / PASAPORTE (para menores de 1 año)																											
DIA		MES		AÑO		AÑOS		MESES		DÍAS		HORAS		MINUTOS																					
DOMICILIO CALLE				N°		PISO		DEPTO.		COD. POSTAL																									
TELEFONO PARTICULAR				LABORAL				CELULAR		E-MAIL																									
LOCALIDAD				PARTIDO/ DEPARTAMENTO				SEXO FEMENINO MASCULINO INDISTINGUO																											
PROVINCIA				PAIS																															
ESTADO CIVIL SOLTERO				CASADO				VIUDO				DIVORCIADO				SEPARADO				UN DE HECHO															
PERTENECE O ESTA ASOCIADO A				PLAN DE SALUD PRIVADO O MUTUAL				PLAN O SEGURO PUBLICO				MAS DE UNO				NINGUNO																			
TIPO DE OBRA SOCIAL								N° DE OBRA SOCIAL																											
NIVEL DE INSTRUCCION (ultimo nivel de instrucción alcanzado; marcar una sola casilla)								SITUACION LABORAL (para menores de 14 años consignar la situación laboral del padre o de la madre)				JERARQUIA																							
* Nunca asistió				* Sistema Educativo No reformado				* Sistema Educativo Reformado				TRABAJA O ESTA DE LICENCIA				MILITAR																			
incompleto				Completo				incompleto				completo				NO TRABAJA				BUSCA TRABAJO				NO BUSCA TRABAJO				CIVIL				DESTINO			
Primario				Secundario				Ciclo EGB (1° y 2°)				Ciclo EGB 3°				Polimodal																			
OCUPACION HABITUAL																																			
FECHA DE INGRESO				SERV. / CTO. DE RESP.				DIAGNOSTICO				CIE 10a				HAB.																			
DIA		MES		AÑO																															
HORA DE INGRESO																																			
1° PASE				FECHA				SERV.				3° PASE				FECHA				SERV.															
2° PASE				FECHA				SERV.				4° PASE				FECHA				SERV.															
FECHA DE EGRESO				TIPO DE EGRESO				DIAS DE EST.																											
DIA		MES		AÑO																															
				ALTA MEDICA				DEFUNCION				RETIRO VOLUNTARIO				OTROS																			
HORA DE EGRESO																																			
DIAGNOSTICO PRINCIPAL AL EGRESO (causa primaria de la necesidad de tratamiento o investigación)												CIE 10a																							
OTROS DIAGNOSTICOS																																			
CIE 10a																																			
PROCEDIMIENTOS QUIRURGICOS Y OBSTETRICOS NO SI (especificar el o los procedimientos)																N.N.																			
OTRAS CIRCUNSTANCIAS QUE PROLONGAN LA INTERNACION (caso social o judicial)																DIAS DE ESTADIA POR OTRAS CIRCUNSTANCIAS																			
CAUSA EXTERNA DE TRAUMATISMO ENVENENAMIENTO Y OTROS EFECTOS ADVERSOS																																			
PRODUCIDO POR				LUGAR DONDE OCURRIO				COMO SE PRODUJO				Describir las circunstancias o situación en que aconteció el hecho, por ejemplo: caída de un andamio, herido por arma de fuego, intoxicación por agroquímicos, psicotrópicos, etc.																							
ACCIDENTE				DOMICILIO PARTICULAR																															
LESION AUTOFNGLINGIDA				VIA PUBLICA																															
AGRESION				LUGAR DE TRABAJO																															
SE IGNORA				OTRO																															
DATOS DEL EVENTO OBSTETRICO (incluido los del producto de la gestación)																																			
FECHA DE TERMINACION DEL EMBARAZO																																			
DIA		MES		AÑO		EDAD GESTACIONAL				PARIDAD																									
										Total de nacimientos (vaginales o por cesáreas). Vivos o muertos, antepone el postmorteo.																									
SEMANAS																																			
CADA RENGLON CORRESPONDE A UN PRODUCTO DEL EVENTO OBSTETRICO ACTUAL																																			
TIPO DE PARTO				CONDICION AL NACER				TERMINACION				SEXO																							
SIMPLE				MULTIPLE				PESO AL NACER EN GRAMOS				Masc. Femen.																							

Figura 2.7: Informe Estadístico de Hospitalización

Con la información proporcionada por todos los pacientes, el ministerio de salud realiza las correspondientes estadísticas.

2.4.7 Mantenimiento de Equipos

Los trabajos de mantenimiento representan una tarea crucial para cualquier hospital por muchos motivos. En primera instancia, garantizar el funcionamiento seguro y confiable de los equipos. Por otro lado, previene la necesidad de incurrir en gastos adicionales por roturas o desperfectos prematuros. Además, permite incrementar la eficiencia y reducir el consumo energético. Pero el aspecto más importante, es evitar que estos se averíen

mientras están siendo utilizados por un paciente, ya que si esto ocurre con algún equipamiento de soporte de vida, el resultado puede ser fatal para el paciente.

Las instancias fundamentales para asegurar un adecuado mantenimiento, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), son las siguientes{26}:

1) **Prueba de recepción:** inspección inicial que se realiza a un equipo médico antes de integrarlo al servicio. Cuando el dispositivo llega al centro de salud se revisa para comprobar que sus características coincidan con las que figuran en la orden de compra, que funciona según las especificaciones, que se han realizado los arreglos para la capacitación de los usuarios y que está correctamente instalado. Si se dispone de un sistema computarizado de gestión de mantenimiento (CMMS), se registra el equipo en el sistema.

2) **Calibración:** Algunos equipos médicos, en particular aquellos cuya salida de energía se usa con fines terapéuticos (desfibriladores, unidades electroquirúrgicas, estimuladores fisioterápicos, etc.) requieren calibración periódica. Esto significa que los niveles de energía se deben medir y que si hay discrepancia con respecto a los indicados es preciso realizar ajustes hasta que el dispositivo funcione conforme a las especificaciones. Los dispositivos con los que se realizan mediciones (electrocardiógrafos, equipos de laboratorio, básculas con estadímetro, espirómetros) también requieren calibración periódica para asegurar su precisión según parámetros establecidos.

3) **Mantenimiento correctivo (MC):** Proceso encargado de restaurar la integridad, seguridad o funcionamiento de un dispositivo después de una avería. El mantenimiento correctivo y el mantenimiento no programado se consideran sinónimos de reparación.

4) **Inspección y mantenimiento preventivo (IMP):** Todas las actividades programadas necesarias para garantizar que un equipo médico funciona correctamente y está bien mantenido.

5) **Mantenimiento predictivo:** Técnica para prever la frecuencia de avería de determinados tipos de componentes sustituibles (baterías, válvulas, bombas, sellos). El intervalo entre procedimientos de mantenimiento se fija de modo de reemplazar los componentes antes de que fallen y garantizar que el funcionamiento del equipo siga siendo fiable. En el marco de la atención sanitaria esto se hace principalmente en un centro de salud que posee una gran cantidad de dispositivos médicos de un solo fabricante o de un solo modelo.

6) **Mantenimiento preventivo (MP):** Mantenimiento que se realiza para prolongar la vida útil del dispositivo y prevenir desperfectos. El MP habitualmente se programa a intervalos definidos e incluye tareas de mantenimiento específicas como lubricación, limpieza (por ejemplo, de filtros) o reemplazo de piezas que comúnmente se desgastan (por ejemplo, cojinetes) o que tienen una vida útil limitada (por ejemplo, tubos). Por lo general es el fabricante el que establece los procedimientos e intervalos. En casos especiales, el usuario puede modificar la frecuencia de acuerdo con las condiciones del medio local. Algunas

veces se llama al mantenimiento preventivo “mantenimiento planificado” o “mantenimiento programado”.

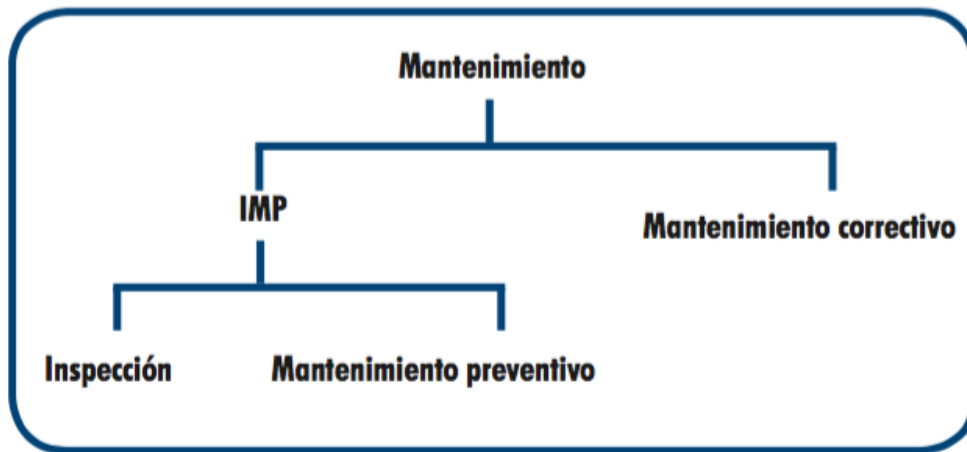


Figura 2.8: Arbol de instancias de mantenimiento {26}

Debido a que el número de equipos que se utilizan diariamente es significativo, para asegurar un correcto funcionamiento del hospital, y en consecuencia un buen servicio, se requiere tener una planificación adecuada de las tareas de mantenimiento. Ello representa un desafío debido a que se debe tener en claro qué equipo debe entrar en mantenimiento, donde está ubicado y que repuestos necesita.

Es importante resaltar que la forma de calificar el grado de dificultad de mantenimiento o reparación de un equipo médico es binario, en otras palabras, puede ser relativamente simple o extremadamente complicado. Un ejemplo de esto son los equipos que se utilizan para medir la presión arterial, debido a su simplicidad constructiva. Por otro lado, los electrocardiogramas, las bombas de infusión y los desfibriladores poseen una complejidad constructiva un tanto mayor, derivando en tareas de mantenimiento y reparación más desafiantes.

3. Aplicaciones de la tecnología RFID como solución a problemas en la logística hospitalaria

3.1. Trazabilidad de Medicamentos en la cadena logística

El sistema de salud exige estricto seguimiento y control de los medicamentos a través de la cadena logística con el fin de impedir la comercialización de productos ilegítimos, que causan graves impactos en la salud de la población.

Es difícil definir el alcance que tienen la falsificación y el contrabando de medicamentos debido a la diversidad de fuentes de información. La Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés) calcula que el comercio de medicamentos espurios creció de US\$32 billones anuales en 2003 {27} a US\$70 billones en 2010 {28}. Además, afirma que en los países industrializados la falsificación representa menos del 1% del mercado de los medicamentos, mientras que en países africanos, algunas zonas de Asia, y América Latina estos porcentajes se elevan hasta el 25% {29}. Según la Food & Drug Administration (FDA), el contrabando representa el 10% del mercado de los medicamentos a nivel global, y estima que en Argentina el 40% de los medicamentos manufacturados son contrabandeados {30}.

Según datos de la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT), en Argentina más del 20% de los medicamentos son falsificados, y que por ello se pierden más de \$150 millones por año en concepto de impuestos no cobrados. De los medicamentos en circulación, 9% están vencidos, 6% fueron contrabandeados, el 4% fueron adulterados y un 2% corresponde a la venta de muestras gratis {31}.

A fines del año 2011 la ANMAT comenzó a implementar un sistema de trazabilidad con el fin de erradicar la distribución de medicamentos ilegítimos, integrando toda la cadena de comercialización. Se busca reemplazar el actual sistema de troqueles por métodos más efectivos de control en tiempo real. Para ello, se prevé el uso de distintos soportes para el código comercial unívoco del producto, pero se recomienda la tecnología dual de Datamatrix y RFID {32}. La información disponible de cada producto debe referirse al lote, vencimiento, número de serie y código comercial bajo los estándares GS1 {5}.

Con el soporte de la tecnología RFID se logra gestionar más rápida y eficientemente la carga de datos al sistema y permite que la información sea actualizada en tiempo real. Además, el hecho de que cada producto se encuentre identificado con etiquetas RFID agiliza la gestión de inventarios de los centros de salud. Asimismo, se asegura que la calidad de sus productos no haya sido adulterada, ya que puede conocer el origen y tener acceso a la trazabilidad del medicamento. Por otro lado, permite tener un control sobre las salidas no autorizadas de los productos y accionar las alertas correspondientes.

3.2. Gestión de Inventario

La trazabilidad del inventario dentro de la institución, en conjunto con un rediseño de los procesos de reposición, facilita la gestión del stock, aumentando el control financiero y reduciendo la pérdida de items, mejorando en última instancia la calidad de servicio.

Con el fin de aumentar la trazabilidad de extremo a extremo, el hospital debe asociar la información de cada medicamento con su origen a través de la identificación unívoca. A su vez, debe vincularla con los procesos internos de recepción, almacenaje, consumo y disposición.

La identificación por radiofrecuencia es la herramienta ideal para garantizar el correcto seguimiento de cada medicamento por las diferentes etapas. Al momento de la recepción, un empleado deberá introducir al sistema información relevante de cada producto. La información se procesará más ágilmente utilizando el código de barras impreso o mejor aún si el producto posee un dispositivo de radiofrecuencia incorporado. De esta manera, solo hace falta activar el lector para que el sistema extraiga la información y la asocie al producto, previniendo posibles errores de tipeo y acelerando la tediosa tarea administrativa que no agrega valor. A su vez, el sistema lo vincula con un número de producto interno y especifica a qué sector será transferido.

Mientras una impresora de tags RFID pasivos, trabaja automáticamente imprimiendo etiquetas autoadhesivas, se agrega información humanamente legible a la misma. A partir del momento que se coloca la etiqueta en el medicamento, los movimientos físicos de cada producto se registran en forma automática en el sistema.

Posteriormente, debe almacenarse el item hasta que se requiera su uso. En esta instancia, será colocado en un estante específico con un lector asociado que sea capaz de registrar la entrada y salida de cada producto. A partir de las órdenes del médico, el personal de enfermería retira los productos de las estanterías que el sistema indica, ya que tiene en cuenta factores como la fecha de vencimiento de cada uno. Una vez consolidado el pedido, antes de retirarse del sector del almacén, se deberá controlar que no haya errores. Esta tarea se hace sencilla al utilizar un lector que compare que los items del pedido realizado sean iguales a aquellos que se encuentran próximos al despacho. Es posible que la tarea anterior vuelva a efectuarse una vez que los productos arriben al sector indicado, para que el jefe de piso se asegure que ningún medicamento se haya extraviado. Al mismo tiempo se asegura que cada paciente reciba la dosis indicada por el médico.

Una vez consumido el medicamento, deberá disponerse el envase que contiene la etiqueta en recipientes especiales que posean lectores. De esta manera, se efectuará en forma automática una orden de reposición del producto con el fin de garantizar las existencias. A su vez, teniendo las cajas de los medicamentos reunidas en un solo lugar podrán verificarse los consumos y recuperarse los tags utilizados.

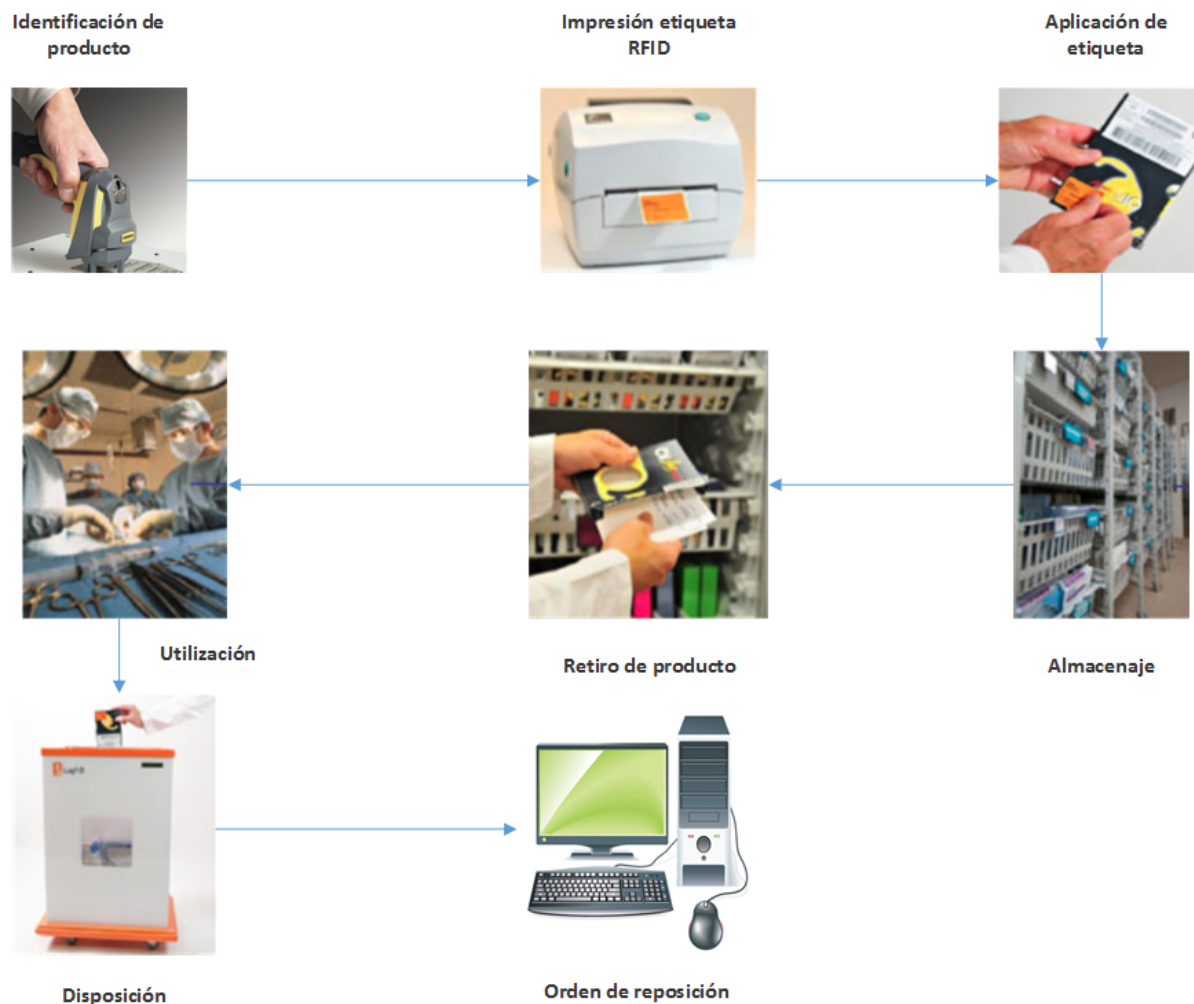


Figura 3.1: Flujograma de gestión de inventario

3.3. Gestión de personas

Se trata de un enfoque de la tecnología de radiofrecuencia que promete un aumento en la seguridad del paciente y del servicio brindado dentro del ámbito hospitalario. Conocer la ubicación y movimientos de los internos es de gran utilidad para visualizar y modelar el funcionamiento de la institución. Los aportes presentados por esta herramienta permiten desde optimizar recorridos hasta minimizar tiempos de respuesta ante emergencias.

Para que las personas puedan ser detectadas por el sistema es necesario que porten etiquetas RFID. En este caso, es conveniente que las mismas sean del tipo activas, ya que de esta manera se logra mayor alcance en la transmisión de la señales. Los lectores deben distribuirse estratégicamente por las instalaciones con la intención de obtener una amplia

cobertura con la menor cantidad de dispositivos. En muchos casos, el sistema de detección puede ser apalancado por redes WiFi existentes. En general, un brazalete suele ser la forma más cómoda para cargar con el dispositivo y ya existe una gran diversidad de modelos en el mercado.



Figura 3.2: Pulseras RFID

Existen desarrollos diseñados para pacientes con enfermedades crónicas con el objetivo de brindar información sobre la persona cuando esta no puede hacerlo. Evita errores y pérdidas de tiempo mediante el acceso rápido a la información precisa del paciente como su condición médica, medicación prescrita, últimos análisis, contacto de familiares, entre otros. Para proteger datos privados del paciente, la información dentro del dispositivo consiste en un enlace a la base de datos del hospital o de la aseguradora, según estándares de la Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA). Otro desarrollo afín consiste un nanochip que puede ser implantado en el cuerpo humano. Este dispositivo fue aprobado por la Food & Drug Administration (FDA) en 2004 y contiene un biosensor capaz de medir parámetros importantes como el nivel de glucosa en sangre y puede de transmitirlos a un lector.

El sistema puede ser diseñado para generar alertas frente a situaciones especiales. Por ejemplo, si un paciente con Alzheimer deambula por el hospital, encontrándose expuesto a peligros potenciales, podrá elevarse una advertencia en el sistema. Con la información del paciente y su ubicación, el personal podrá determinar rápidamente a donde dirigirse y cómo proceder ante cada circunstancia. En casos específicos, se podrá configurar el sistema para que inhabilite la apertura de puertas.

Al momento de ingreso del paciente al centro hospitalario, se le colocará una pulsera con un chip RFID, la cual se sincronizará automáticamente con la antena más cercana. Un software de gestión de historia clínica tendrá la tarea de detectar el número propio de la pulsera y asociarla al paciente correspondiente. Este deberá llevar consigo mismo la pulsera en todo momento, para así poder identificarlo con facilidad, y poder acceder a su historia clínica en caso de ser necesario. Mediante la utilización de una terminal portátil con lector RFID que tenga acceso al software de gestión de historia

clínica, se podrá detectar al paciente en el acto, accediendo a su información de manera instantánea y sin error.

Otro ejemplo de la aplicación RFID será al momento de entrada al quirófano, donde se detectará automáticamente el arribo del paciente, de manera tal de poder visualizar en los monitores de la sala de operaciones todos los datos relevantes de la historia clínica, para poder tomar todos los recaudos necesarios previos al inicio del procedimiento.

Es importante resaltar que, con esta tecnología se podrá tener en claro los tiempos de entrada, estadía y salida, ya que en todo momento se estarán registrando cualquier tipo de ingreso o egreso de elementos RFID del recinto.

Por otro lado, se debe destacar que dentro de la población total del hospital, hay una importante fracción que se compone del personal que allí trabaja. Dentro de esta población, hay algunos que son de alta criticidad como los médicos de urgencias, los cuales en caso de tener que brindar una atención rápida y especializada a un paciente, deben poder ser rastreados y notificados dentro del hospital de la manera más rápida posible. Es por eso que también deberán utilizar una pulsera RFID para poder tener información de su paradero dentro de las instalaciones, en caso de no poder notificarlo mediante medios convencionales (celular, pager, etc). En resumen esta tecnología nos permitirá facilitar la gestión de pacientes y personal hospitalario por las siguientes razones:

- Identificación en tiempo real del paradero del paciente. A la pulsera estarán asociados datos de identidad e información clínica, que funcionará en conjunto con el software de historia clínica.
- Minimización de errores de administración de medicamentos mediante la identificación previa del paciente.
- Trazabilidad del paciente y personal en todo instante, para conocer su paradero, y sus ubicaciones previas.
- Restricción de entrada a zonas prohibidas, las cuales, para su ingreso requerirán de una identificación RFID entregada únicamente al personal del hospital.
- Agilidad en la confección de estadísticas. Resultados actualizados en tiempo real. Por ejemplo, capacidad de camas disponibles por piso.

Un caso de implementación exitoso se dio en el Servicio de Urgencias del Hospital de Coruña {33}. Sus objetivos principales fueron combinar el rastreo de pacientes con la administración de medicamentos para evitar errores, mejorar el seguimiento y recopilar información sobre la eficiencia de la unidad. Se diseñaron las fases de implementación entorno a la modelización de los procesos de recepción, prescripción, dispensación, administración de medicamentos. Además, se realizó un estudio de cobertura de señal para dimensionar la cantidad de hardware a adquirir. Posteriormente, se desarrolló un software

en base a la modelización de los procesos realizada. Entre los resultados obtenidos se encuentra la capacidad de localizar a una persona en un rango de 1 a 4 metros. A través de una encuesta, se constató que mejoró la percepción del servicio por parte de pacientes y personal médico. A su vez, se detectaron mejoras a implementar en el flujo de trabajo. Se llegó a la conclusión que lograr la expertise necesaria para modelar el funcionamiento del hospital es una tarea compleja que no se puede generalizar para otros hospitales. Esto se debe a que factores influyentes como materiales de construcción del edificio, distribuciones de los puntos de accesos y la precisión requerida dependen en gran medida de la unidad bajo estudio.

Para mejorar el servicio al paciente, es conveniente relevar los tiempos de atención y espera involucrados. Estudios revelan que los tiempos de espera mayores a 20 minutos, son considerados como una pérdida de su tiempo {34}. De esta forma, es posible conocer la eficiencia de los métodos de gestión. La información correspondiente al movimiento de pacientes en el establecimiento puede ser de gran ayuda en la gestión de la logística interna. Conocer cuales son las zonas más transitadas y los desplazamientos habituales permiten comprender las prácticas del hospital desde otra perspectiva. Un análisis pertinente de esos datos puede resultar en propuestas de mejora de lay-out. A su vez, se pueden visualizar los impactos que trae aparejado cada cambio en la distribución de los espacios.

Por otro lado, se pueden generar índices de performance (KPIs) a partir de los cuales se evalúa la situación actual del hospital en cuanto a la gestión de pacientes y de esta forma poder disponer activos. Algunos de estos son:

- Arribo de pacientes promedio (medido en pacientes por hora)
- Atención de pacientes promedio (medido en pacientes por hora)
- Entrada de pacientes (medido en pacientes por día)
- Salida de pacientes (medido en pacientes por día)
- Porcentaje de ocupación (relación adimensional entre salida de pacientes respecto de entrada de pacientes)
- Espera de pacientes promedio (medido en minutos por paciente)

3.4. Gestión de equipos

Otra de las aplicaciones donde la radiofrecuencia tiene un gran impacto dentro del hospital es en la gestión de activos. Esta herramienta permite conocer la ubicación y estado de cada equipo dentro del establecimiento. De esta forma el personal no pierde tiempo buscando el equipo que necesita y se consigue mayor visibilidad para su administración. Existen estudios que afirman que más de un tercio de las enfermeras pierde por lo menos una hora de su turno buscando los equipos adecuados {35}. Otros revelan que los tiempos

perdidos oscilan entre un 15% y un 33% del turno {2}{36}. La siguiente lista muestra los activos más etiquetados {37}:

1. Bombas de balón
2. Camas
3. Bombas de mama
4. Cámaras
5. Carros
6. Estaciones de trabajo sobre ruedas
7. Dinamaps (presión sanguínea)
8. Doppler
9. Bomba de alimentación enteral
10. Camillas
11. Bombas de infusión simples
12. Bombas de Infusión dobles
13. Bombas de Infusión triples
14. Monitores
15. Marcapasos
16. Bombas PCA
17. Oxímetros de pulso
18. Dispositivos de Compresión Secuencial
19. Otoscopios
20. Elevadores de pacientes
21. Bandejas
22. Máquinas de Ultrasonido
23. Sillas de rueda
24. Ventiladores médicos
25. Máquinas de vacío.

RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria

Los dispositivos utilizados son del tipo activo, dada su mayor capacidad de transmisión. Además, pueden presentar distintos pulsadores con el objetivo de agregar información sobre el estado del equipo. Es importante conocer en qué condiciones se encuentra el activo, ya que se tomarán distintas acciones según esté en uso, roto, sucio, o disponible.



Figura 3.3: Tags RFID activos

La posibilidad de visualizar la secuencia de estados de un activo permite realizar distintos análisis. Por un lado, pueden obtenerse conclusiones sobre distintos indicadores a partir de datos reales, sin hacer ningún tipo de estimación. Por ejemplo, el porcentaje de utilización de cada activo específico o de cada clase en general, comparando el tiempo de uso respecto de los demás estados. Por otro lado, teniendo en cuenta el indicador de “rotura”, puede realizarse un adecuado plan de mantenimiento preventivo. Con los distintos tiempos medidos, pueden estimarse los costos de mano de obra involucrados.

Esta información es también valiosa para la gestión de alquileres. En un hospital promedio el porcentaje de utilización de los activos es menor al 50% {4}. Esta falta de eficiencia en el uso de equipos se debe generalmente a un desorganizado flujo de trabajo. Además, entre 1995 y 2010, el número de dispositivos por cama aumentó en un 62% {38}, pasando de 8 a 13. Esta cantidad es aún más llamativa teniendo en cuenta que con el avance de la tecnología se han podido combinar más funcionalidades en un solo dispositivo. Según estimaciones, un hospital promedio posee 25% más equipos de los que necesita, basándose en el volumen de pacientes y la posible combinación de casos {38}. Reduciendo esa cantidad de activos ociosos, un hospital de 200 camas podría evitar gastos de capital de US\$1.3 millones y US\$160 mil en costos de servicio, alcanzando un porcentaje de utilización cercano al 80% {38}.

El funcionamiento del sistema de seguimiento de activos comienza por dar el alta de la etiqueta RFID activa asociada al activo en cuestión mediante una terminal portátil, la cual se comunica con el software de gestión de activos para dejar asentada la información. En ese momento, el equipo se encuentra listo para ser transportado alrededor del hospital sin problema alguno. Se podrá rastrear el dispositivo a partir de la triangulación de la señal emitida.

Disponer de la localización en tiempo real de cada equipo contribuye en gran medida a reducir las pérdidas y hurtos de activos. Se estima que ambos hechos generan pérdidas de US\$4000 por cama por año en cada hospital {39}. Para reducir estos efectos, es posible configurar alertas que indiquen si un activo ha salido de su zona de uso frecuente, y

hasta impedir físicamente que ocurra, al restringir la apertura de acceso. Si se quiere conocer la ubicación de un equipo específico, solamente hace falta buscarlo en el sistema y este permitirá conocer su paradero. Por otro lado, si este se encuentra en algún lugar incorrecto, o permanece más tiempo del que debería estar en alguna zona, el sistema generará una alerta.

Se ha demostrado que existe una manera de reducir costos y a la vez aumentar la precisión del sistema de localización utilizando etiquetas pasivas {40}. El experimento se basó en el uso de una grilla con etiquetas pasivas uniformemente distribuidas por el suelo y un lector colocado en el equipo. A partir del escaneo sucesivo de las señales, se puede saber dónde se encuentra el activo y cuál es su orientación. Las ventajas que se presentan con este método permiten la escalabilidad a bajo costo, ya que si aumenta el tamaño del espacio solo deben agregarse tags pasivos. Además, la precisión depende de la distancia entre las etiquetas en el piso y no tanto de la propagación de señales afectadas principalmente por la disposición de objetos en la sala o los materiales de construcción. Se pueden proponer algunos indicadores de performance (KPIs) para evaluar la gestión de activos:

- Porcentaje de tiempo ocioso: tiempo del día que el equipo permanece sin uso respecto del tiempo de servicio.
- Porcentaje de tiempo activo: tiempo del día que el equipo es utilizado respecto del tiempo de servicio.
- Porcentaje de equipos fuera de uso: medido como equipos rotos respecto del total de equipo.
- Porcentaje de equipos con mantenimiento preventivo al día.

4. Caso de estudio

4.1 Metodología

El objetivo de esta etapa del trabajo es planificar la adopción progresiva del nuevo sistema. El mismo se sostendrá mediante tres pilares: Hardware, Software y gestión del cambio. Se debe considerar la escalabilidad de la implementación, de forma de expandir el sistema comenzando por los sectores más rentables. Gran parte de las fases se detallan a continuación han sido completadas total o parcialmente:

- Fase 1: Estudio previo de las necesidades de cada sector

Incluye un acercamiento a los actores principales de cada área, para conocer cuales son los problemas más comunes de la mismas. A través de su experiencia, se puede indagar en los beneficios de las distintas aplicaciones que tendrá la tecnología RFID. A su vez, son necesarias entrevistas con los usuarios finales para comprender el punto de vista del paciente. Por otro lado, se requieren visitas de campo para evaluar el ambiente en que se desarrolla el trabajo cotidiano. Es necesario documentarse con fuentes fiables acerca de las normativas y requerimientos de los procesos, así también como de las tecnologías disponibles en la actualidad y sus distintos alcances.

- Fase 2: Diseño técnico

Se realizará el diseño funcional de la red en base a la infraestructura del hospital y al hardware seleccionado. Por otro lado, se deberán definir las estructuras de datos y algoritmos a emplear por el software. Para ello, se podrán utilizar herramientas de simulación que permitirán modelar distintos escenario y comparar sus beneficios en función del nivel de servicio.

- Fase 3: Desarrollo y pruebas con prototipos

A lo largo de esta etapa, se realizarán las instalaciones de todos los lectores RFID. En paralelo, se harán pruebas de funcionamiento y calibración para verificar que el sistema funcione correctamente y sin errores. También se evaluará la capacidad de respuesta del software en función del input de datos proporcionado por los lectores (el hardware). Esta etapa tiene por objetivo recopilar información sobre las posibles fallas, con el fin de solucionarlas.

- Fase 4: Validación

Una vez completadas las fases anteriores, deberá garantizarse que la comunicación entre tags y lectores se registren fielmente en el software. Para ello, deberá prestarse

especial atención a la atenuación, relación señal a ruido y errores de lectura. Esta etapa tiene la característica de ser iterativa, es decir, se ejecutarán ciclos de prueba para refinar el funcionamiento de todo el sistema.

4.2 Relevamiento

Para otorgarle un marco más concreto al trabajo, se relevó un hospital público de la Capital Federal con el objetivo de realizar un proyecto de implementación de la tecnología RFID. Este hospital cuenta con 360 camas aproximadamente y un volumen de pacientes mayor a 16.000 personas por año. Se realizaron entrevistas con jefes de diversas áreas relevantes para el proyecto, como Farmacia, Compras, Estadística, Informática, Mantenimiento y Gestión de Equipos.

Dinámica del sector de farmacia: El sector de Farmacia está compuesto por cuatro subsectores:

- Compras
- Recepción Compras
- Pañol
- Farmacia Central

El sector de compras se encarga de lanzar el pedido de compras en función de la situación de stock del momento y las proyecciones de demanda. El pedido de compra es entregado al hospital, y la gestión del mismo es llevada a cabo por el sector de recepción de compras, quien se encarga de corroborar que lo recibido se condiga con lo ordenado.

Posteriormente se procede a estoquear todo lo recibido en los pañoles o almacenes. Si se trata de un medicamento, este se almacena en el Pañol de Farmacia, mientras que si es un insumo, se estoquean en el Pañol de Biomédicos. Es importante destacar que la metodología de estoqueo se caracteriza por ser FIFO (First In First Out) debido a que estos productos están sujetos a una fecha de caducidad, y por otro lado, se los agrupa en función de su frecuencia de uso (aquellos elementos que sean utilizados frecuentemente son agrupados y estoqueados cerca de la entrada del pañol, mientras que aquellos elementos que tengan un uso poco frecuente, se encuentran más lejos).

Finalmente, el sector de Farmacia Central se encarga de armar los distintos pedidos realizados por los diferentes pisos, utilizando tanto insumos como medicamentos de los Pañoles.

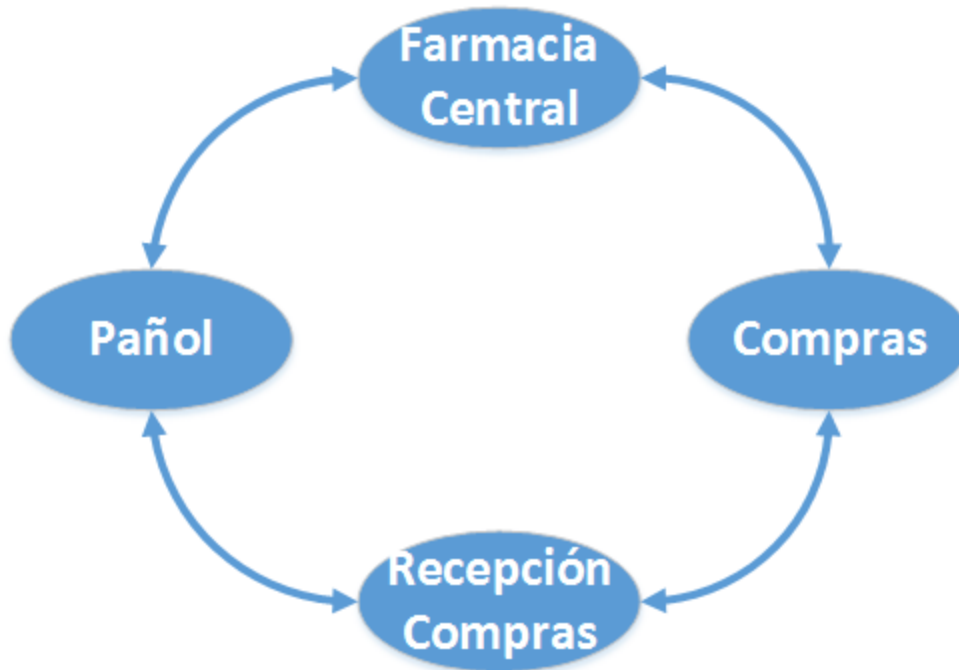


Figura 4.1: Interacción entre subsectores de farmacia

Compras: El sector de compras es el encargado de definir el punto de pedido (stock a partir del cual se lanza una orden de compra a proveedores) y el punto crítico (stock a partir del cual se debe pedir insumos o medicamentos a otro hospital, debido a que el tiempo de Lead Time de compra a proveedores medido en unidades de stock supera a aquellas que están disponible en inventario), así como también de emitir la orden de compra.

Los puntos de pedido y punto crítico se calculan en función al histórico de demanda del año anterior. Todos estos datos se guardan en una planilla excel, la cual muestra el nombre del insumo o medicamento en cuestión, las unidades demandas del mismo, y el periodo de demanda.

Por otro lado, todos los pedidos de compras deben estar en línea con el decreto 1023 que trata sobre el Régimen De Contrataciones. Debido a esto, los períodos entre lanzamiento de orden y recepción de pedido se pueden extender de 4 a 6 meses.

Recepción de Compras: Una vez recibida la orden con todos los insumos y medicamentos, se procede a verificar que el remito se condiga con la orden de compra que figura en sistema. Posteriormente se procede a verificar que todo lo recibido se corresponde con lo ordenado. En caso de no ser así, se procede a contactar al proveedor para iniciar el reclamo.

Pañoles: Una vez verificado tanto insumos como medicamentos, se procede a distribuirlos dentro de los Pañoles. Como se aclaró anteriormente, todos los medicamentos

se almacenan en el Pañol de Farmacia, y todos los insumos en el de Biomédicos. Los insumos o medicamentos de alto valor, son guardados por separado, en una sala con acceso restringido. Esta sala posee una reja la cual está cerrada mediante un precinto numerado y un candado. Al retirar insumos o medicamentos, el personal autorizado debe completar una planilla con datos personales.

El objetivo de ambos pañoles se basa en abastecer en forma eficiente las necesidades de los pacientes. Los pañoles tienen métodos distintos de funcionamiento, ya que por un lado se almacenan los medicamentos y por otro los insumos biomédicos. Dado el reducido espacio, no es conveniente que en el sector de preparación de pedidos se almacene gran cantidad de stock para no obstaculizar las tareas.

El Pañol de Farmacia repone a Farmacia Central aquellos medicamentos que fueron consumidos en el día. Para ello, realiza un seguimiento del stock a través del sistema y advierte al sector de compras en los casos que su nivel sea inferior al límite estipulado. En este pañol también se fraccionan los blisters para proveer unidosis. Existen dos tipos de máquinas que realizan este trabajo. Una corta las pastillas dejándolas en su envase original y la otra las abre, cambiando las condiciones de estabilidad del compuesto lo que genera que su vencimiento sea más cercano. Una vez que se posee la unidosis en pequeñas bolsas, se codifican con código de barras.

En cambio, el pañol de insumos biomédicos se maneja a través de vales de consumo. El supervisor de cada piso redacta una lista con los insumos necesarios en un momento determinado y es este pañol, a través del personal de enfermería, quien las satisface. Esta metodología surge a partir de los volúmenes a ser abastecidos y la frecuencia poco programable con las que se consumen los insumos. Se utilizan papeles que, una vez que llegan al pañol, son ingresados en forma manual a un sistema para contabilizar el stock y se procede a prepararlos. Además del sistema, se lleva un registro físico de los vales abastecidos.

Existen ciertos medicamentos que son enviados desde las droguerías a partir de la necesidad de pacientes específicos. Generalmente son de alto valor. Si es necesario, almacenan en un sector especial, bajo condiciones de temperatura reguladas hasta ser requeridas para su administración.

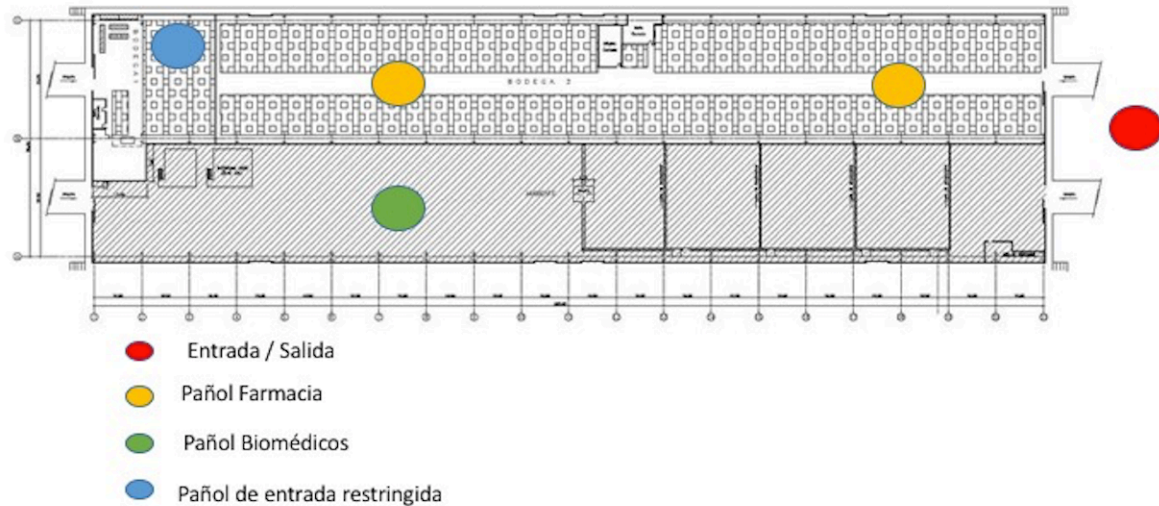


Figura 4.2: Sector pañol de acceso restringido sin RFID

Farmacia Central: Este sector es el corazón del flujo de dispensación de medicamentos e insumos. El circuito comienza a partir de las recorridas diarias que realizan los médicos en cada piso del hospital. Estas recorridas están organizadas en distintos horarios, de manera que no se realicen todos los pedidos en el mismo momento.

A partir de la necesidad de cada paciente, el médico redacta en su computadora una receta electrónica. La misma es auditada en el momento por el área de control farmacéutico y derivada a Farmacia Central. El personal de farmacia con acceso a las recetas electrónicas podrá visualizar por sistema los medicamentos y cantidades pedidas y a la vez verificar el stock existente. En caso de no poseer la cantidad pedida, puede realizarse un reemplazo del medicamento, bajo su responsabilidad. Por ello, para acceder al sistema debe hacerse a través de un usuario y cada pedido posee un número único de transacción con el objetivo de poder identificar los movimientos de cada medicamento. Una vez que se definió por sistema los medicamentos y las cantidades que se entregarán, se procede a la preparación física del pedido. Cuando el pedido consiste en elementos pequeños como pastillas, se colocan en una estantería móvil especial que posee una posición para distinguir cada habitación. Con elementos de mayor tamaño se preparan bolsas o cajas por cada piso y se trasladan en otro tipo de estanterías móviles.

Una vez que los medicamentos llegan al piso correspondiente, un supervisor verifica que los mismos sean los pedidos y se distribuyen a cada habitación. Luego de ser administrados por personal de enfermería se devuelven las estanterías y en ocasiones las mismas regresan a farmacia central con medicamentos no consumidos. Las principales razones por la que se devuelven medicamentos son por cambios en el tratamiento, defunciones, o porque no fue necesaria su aplicación (por ejemplo si el médico recetó el medicamento en caso de que el paciente sufra dolor y este no se presentó). Ocurre generalmente con los medicamentos líquidos que el médico receta una dosis determinada y el envase posee mayor volumen. Queda a cargo del supervisor evaluar la posibilidad de

devolverlo a farmacia o mantenerlo en el piso en base al tiempo en que deberá administrarse la próxima dosis.

Sistema Hospitalario: Las distintas áreas toman información y se relacionan a través de un sistema informático escrito en COBOL. Se trata de un sistema implementado hace varios años, pero que se sigue adaptando a las necesidades del hospital, a través del trabajo diario de algunos programadores. Dentro de las características que ofrece el sistema se destaca la posibilidad de visualizar las cantidades de stock por medicamentos, su punto crítico y de pedido, una descripción del mismo y el lote con vencimiento más cercano. Sin embargo, el sistema no permite exportar datos a una planilla excel, por lo que el análisis de los mismos se dificulta. Además, posee problemas de compatibilidad con los sistemas de trazabilidad de ANMAT, por lo que algunas tareas se duplican. Para cumplir con las regulaciones, se construyó un sistema aparte que sea capaz de registrar los movimientos internos de cada medicamento. Estos incluyen la recepción de compras y la dispensación específica a cada paciente.

Observaciones Generales: Durante las sucesivas visitas al Hospital, particularmente en el sector de Farmacia se pudieron vislumbrar una serie de metodologías poco adecuadas para la gestión de stock. En primera instancia, debido a que el espacio físico del sector de farmacia es un tanto reducido en comparación al volumen de medicamentos e insumos que manejan, se ven en la obligación de dejar un gran número de cajas en los pasillos, dificultando el tránsito por los mismos. Esto lleva a una mala organización y gestión del stock, razón por la cual, en muchos casos, se termina desechando una cantidad de medicamentos considerables debido a que ya ha expirado su vida útil.

Por otro lado, debido a que las devoluciones de medicamentos se deben ingresar en sistema, y para hacerlo se deben leer uno a uno, muchas veces se omite esta tarea, ya que no se dispone del tiempo necesario como para llevarla a cabo.

En cuanto al estoqueo de ítems, como se dijo antes, estos se encuentran agrupados en estantes según su frecuencia de utilización. Estos estantes poseen etiquetas donde se puede visualizar que ítems se encuentran en ese estante en particular, pero no su código, por lo tanto a la hora de verificar existencia en sistema, si no se trata de un empleado con experiencia en el área, se dificulta la tarea.

Valoración de stock y mermas: Cíclicamente, en frecuencias semestrales, se realizan controles del stock total para evaluar el porcentaje de mermas existente. Según los datos concedidos por el Hospital, el valor monetario de las mermas llegan a alcanzar el 6% y se tiene como objetivo reducirlas al 2%. Dentro de las mermas se contemplan únicamente las diferencias de stock entre el teórico y el real, dejando sin consideración aquellos medicamentos que hayan expirado. El Hospital no realiza un registro de medicamentos vencidos.

Recepción de pacientes: El paciente arriva al hospital y es dirigido al área de recepción general. El personal que lo recibe se encarga de comprender la situación de cada uno y, le entrega un formulario correspondiente para el caso. Una vez que el paciente completa la planilla y el personal la verifica, se da de alta al paciente, se lo deriva al piso y área indicada.

La historia clínica del paciente se encuentra guardada en una carpeta, almacenada en una biblioteca, ordenada numéricamente, al lado del sector de recepción general. Esta se envía a la recepción del piso y sector en el cual el paciente será atendido. Una secretaria se encarga de que al momento de la consulta médica, el especialista ya tenga el documento. Finalizada la consulta, el doctor realiza todas las nuevas anotaciones en la historia clínica, y su secretaria procede a dejarla nuevamente en la recepción del piso, para que sea recogida por personal del hospital y devuelta a su lugar de guarda. En el caso de ser una internación, el procedimiento es el mismo, con la diferencia que al paciente se le entrega una pulsera identificatoria, y se le asigna una cama.

4.3 Implementación

Basándose en el relevamiento realizado previamente, se decidirá qué escenario de implementación es el más adecuado. Se comenzará el desarrollo en el sector de acceso restringido dentro del Pañol de Farmacia, ya que es allí donde se almacenan los ítems de mayor valor del inventario. Para reducir costos se utilizarán tags pasivos adosados a cada ítem individualmente y un lector ubicado estratégicamente en el acceso al sector para poder contar con la información de la entrada y salida de medicamentos así como también del personal, y de esta forma tener un control más riguroso del stock. Este lector se puede identificar en el siguiente plano:

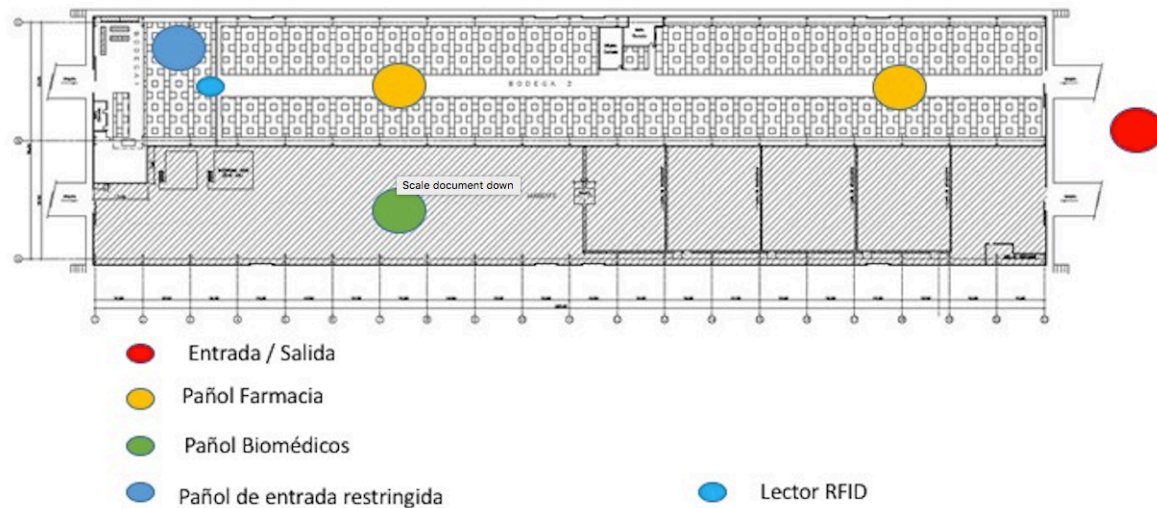


Figura 4.3: Sector pañol de acceso restringido con RFID

RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria

En referencia a los movimientos de pacientes, personal y equipos, se procederá a estudiar el piso de mayor criticidad del hospital y evaluar el impacto que la tecnología RFID genera en el mismo. En este piso se encuentran la Unidad de Terapia Intensiva, Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica y Clínica Médica, totalizando 127 camas. Debido a que este sector cuenta con 6 áreas independientes, se procederá a incluir un lector RFID en la entrada de cada una de estas, así como también uno en la entrada de sala de equipos (EQ), uno en el acceso al piso (ESC) y uno en la sala de descanso (P). El siguiente plano detalla la distribución de las áreas y la ubicación de los lectores RFID:

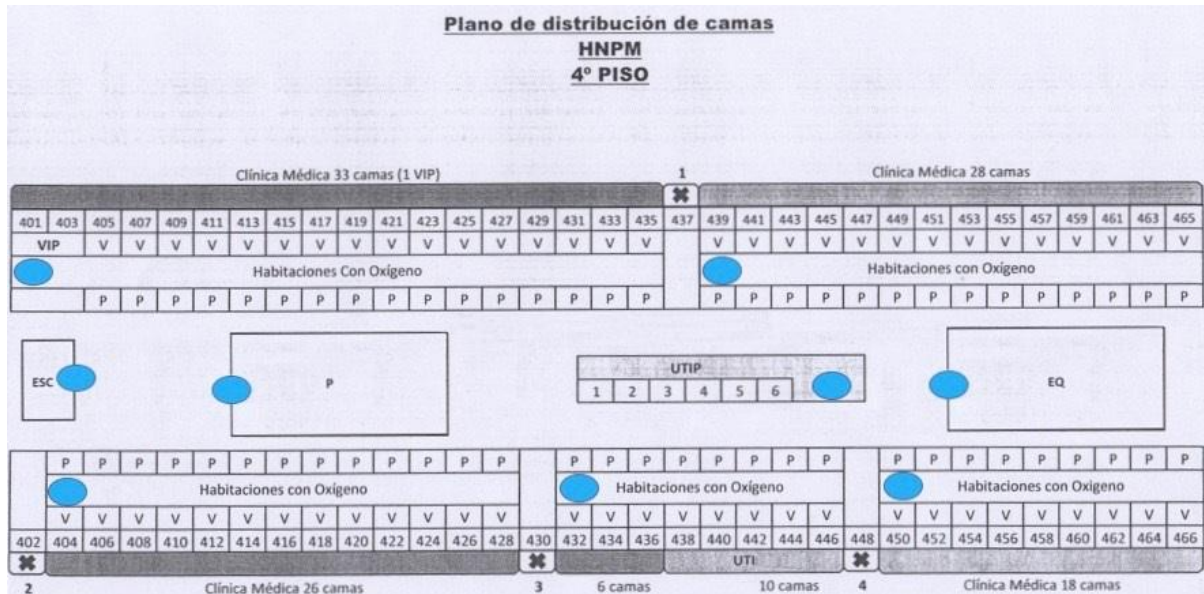


Figura 4.4: Disposición de lectores RFID en hospital

También se incluyen tres lectores portátiles, de los cuales uno estará destinado al uso en el piso, con el objetivo de reducir el error de administración de medicamentos. Los dos restantes serán utilizados por el personal de recepción para identificar a los pacientes que ingresan al hospital y otro para el área de mantenimiento.

Personas: En lo respectivo a la gestión de personas, se colocarán brazaletes con etiquetas pasivas a aquellos pacientes que deban dirigirse al piso de estudio en cuestión. Estos brazaletes contendrán información relevante del portador y podrán reutilizarse una vez que el paciente se retire. Para dimensionar la cantidad de pulseras a usar, se toma el pico máximo de pacientes en el piso (127 personas) y un brazaletes para cada integrante del personal del piso en todos los turnos (50 personas aproximadamente). Teniendo en cuenta que el personal del hospital es fijo, que la rotación de los pacientes es de 20 días promedio, y que la vida útil de la pulsera es de 6 usos, se requerirá un total de 500 pulseras por año.

Insumos y medicamentos: Los insumos y medicamentos del pañol de acceso restringido serán etiquetados con tags pasivos. Como se detallará en el cálculo económico, se comprarán un total anual de 1000 tags pasivos para etiquetar todos los insumos (327

items) y medicamentos (105 items) en stock , así como también las compras realizadas durante el año. Esta cantidad, surge de la rotación promedio de los insumos biomédicos y medicamentos, los cuales son 6 y 4 meses respectivamente.

Equipos: Todos aquellos equipos que se encuentren en el piso de estudio (70 equipos), serán etiquetados con tags activos para poder tener información precisa de su ubicación. La identificación por Radiofrecuencia de los equipos permitirá obtener las siguientes mejoras:

- Distribución equitativa el uso de los equipos;
- Aviso de mantenimiento en sistema, evitando posibilidad de olvido;
- Evitar la omisión de mantenimiento por imposibilidad de localización;
- Reducción del tiempo perdido por personal del hospital por búsqueda de equipos del 15% al 5%.

Finalmente se deberá desarrollar un software que sea capaz de integrar todos los datos recogidos por los dispositivos, así como interpretarlos y proveer al personal con información valiosa para la toma de decisiones. Para tener una visión más clara, se propone tener un tablero con KPIs (Key Performance Indicators) elaborados a partir de los datos obtenidos por los lectores de RFID y procesados por el software. Algunos de los KPIs más importantes serán:

- Porcentaje de equipos con mantenimiento realizado;
- Tasa de arribo de pacientes;
- Rotación de pacientes;
- Porcentaje de camas disponibles;
- Valor promedio de inventario;
- Obsolescencia de inventario.

Tecnología seleccionada: Hay una gran diversidad de etiquetas con RFID que se diferencian por su frecuencia, modalidad de funcionamiento (activa o pasiva), tamaño y calidad. Como se mencionó anteriormente, los rangos de funcionamiento son:

- Baja frecuencia: (LF): rango de frecuencias inferiores a 135 KHz.

- Alta frecuencia (HF): frecuencia de funcionamiento alrededor de 13,56 MHz.
- Ultra alta frecuencia (UHF): frecuencias de funcionamiento en las bandas 433 MHz, 860 MHz y 928 MHz.
- Frecuencia de Microondas: comprende las frecuencias de funcionamiento en las bandas de 2,45 GHz y 5,8 GHz.

Por otro lado, debe considerarse el rango de alcance. Las etiquetas pasivas que funcionan dentro del espectro de baja frecuencia tienen un alcance hasta 45 cm, haciendo que su utilización sea limitada, mientras que los de alta frecuencia poseen un rango de 1 a 3 metros. El caso de las de ultra alta frecuencia pasivos, el rango puede llegar a ser mayor a los 10 metros. Para los tags activos de cualquier frecuencia su rango puede alcanzar los 100 metros {10}.

Al ser utilizadas dentro del ambiente de salud, las etiquetas UHF de mayor frecuencia y las de microondas, no podrán ser utilizadas, debido a que su frecuencia de trabajo puede generar interferencia electromagnética con equipos de carácter vital. {41}

Teniendo en cuenta los factores anteriormente mencionados, las etiquetas que se utilizarán serán las de alta frecuencia pasivas para el etiquetado de insumos biomédicos y medicamentos, mientras que para los equipos se utilizarán etiquetas de ultra alta frecuencia activas de 433 MHz.

Tanto las etiquetas pasivas como activas se caracterizan por ser de lectura y escritura múltiple, y la escritura de los mismos se llevará a cabo mediante el mecanismo de propagación por onda debido a su mayor alcance en comparación al acoplamiento inductivo.

4.3.1 Etapas de implementación

Todas las mejoras anteriormente mencionadas se realizarán en una primera etapa. Una vez comprobado el éxito de la misma, se ampliará la implementación de la tecnología RFID de manera más extendida y profunda. Esta segunda etapa consistiría en etiquetar todos los insumos biomédicos y medicamentos al momento de su recepción. Esto traería consigo un gran número de mejoras, ya que no solo se tendría un control total del stock en todo momento, sino que también, el tiempo invertido en todas las tareas de dispensación de medicamentos, insumos y devolución de los mismos se verían reducidos sustancialmente.

A su vez, será necesario instalar un mayor número de lectores en todos los pisos, para poder realizar un seguimiento más preciso de los pacientes y equipos con el fin de reducir aún más el tiempo perdido por el personal y mejorar el control. No obstante, se extenderán las tareas de etiquetado, por lo que convendría evaluar la posibilidad de la automatización del proceso.

RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria

Finalmente se incluiría el etiquetado de bolsas de sangre para tener un control más riguroso de las mismas y validar previa a su administración, que el paciente que la va a recibir sea el correcto mediante una terminal portátil RFID. Esta terminal cruzará los datos de la pulsera del paciente con los datos de la bolsa de sangre y verificará que sean los correctos, en caso contrario, dará aviso al médico mediante una alerta.

4.4 Factibilidad Económico Financiera

En la presente sección se procederá a enumerar las inversiones que serán necesarias realizar:

Concepto	Costo Unitario (US\$)	Cantidad	Costo Total
Impresora	2178	1	2178
Lectores	4840	10	48400
Terminales portátiles	4840	3	14520
Desarrollo de Software	30000	1	30000
Pulseras	1.15	500	575
Etiquetas Pasivas	0.13	1000	130
Etiquetas Activas	12.1	70	847
Total	-	-	96650

Tabla 4.1: Detalle de inversiones

Valuación de stock: En primer lugar se encuentra el pañol de acceso restringido el cual, como se comentó previamente, cuenta con aquellos insumos y medicamentos de mayor valor, los cuales están detallados en la siguiente tabla:

- Insumos Biomédicos:

Concepto	Costo Unitario (US\$)	Cantidad	Costo Total
Adaptador isoflurane	152	24	3648

RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria

Bolsa de presión 1000 ml	180	22	3960
Bolsa de presión 500 ml	150	18	2700
Catéter doble J	110	28	3080
Aspirador manual	80	26	2080
Canula Yankahuer Kendal	35	35	1225
Catéter torácico	60	28	1680
Frasco aspirador de vidrio	217	21	4557
Engrapador circular	384	15	5760
Catéter HSG Histerosalpingografía	344	16	5504
Malla de polipropileno	44	32	1408
Sonda foley latex	122	26	3172
Kit de cauterización	100	17	1700
Pistola de succión	3000	4	12000
Gancho corte angulado	825	8	6600
Pinza con boca ancha	930	7	6510
Total	-	327	65584

Tabla 4.2: Detalle de insumos biomédicos en en inventario

- Medicamentos:

Concepto	Dosis	Costo Unitario (US\$)	Cantidad	Costo Total
Acido Zoledronico Inyectable	4mg /5ml IV Iny F.Amp. x 1 c/amp. solv.	3265	18	3918
Melfalan Inyectable	Liof. 50mg Iny. F.Amp	2475	10	1650

RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria

Mitomicina	20mg Iny. F.Amp. x 1	1250	18	1500
Temozolodamida	250mg Caps. x 5	40420	12	32336
Intocel	10mg Iny. F.Amp. x 7	37280	6	14912
Topotecan	4 mg F.Amp. x 5	14170	8	7557
Docetaxel	80 mg /2.0ml Iny. F.Amp. x 1	11450	12	9160
Oxaliplatino	Liof. 100mg Iny. F.Amp. x 1	7780	16	8299
Tarceva	150mg Comp. Rec. x 30	60738	6	242952
Total	-	-	105	322066

Tabla 4.3: Detalle de insumos medicamentos en en inventario

Actualmente el sector de Insumos Biomédicos cuenta con una merma del 4%, mientras que el de Medicamentos con una del 6%. Mediante la aplicación de la tecnología RFID, se espera que las mermas se reduzcan a un 0% y 2% respectivamente. En la siguiente tabla se especifican los valores de las mermas y el ahorro esperado:

Sector	Biomédico	Medicamentos
Valor total de stock	65584	322284
Mermas sin RFID (%)	4	6
Mermas sin RFID (US\$)	2623	19337
Mermas con RFID (%)	0	2
Mermas con RFID (US\$)	0	6446
Ahorro (US\$)	2623	12892
Ahorro Total (US\$)	15515	

Tabla 4.4: Perdidas y ahorro esperado para sector pañol de acceso restringido

RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria

En la siguiente gráfica se puede observar la representación de todos los datos anteriormente mencionados así como también el porcentaje total de ahorro:

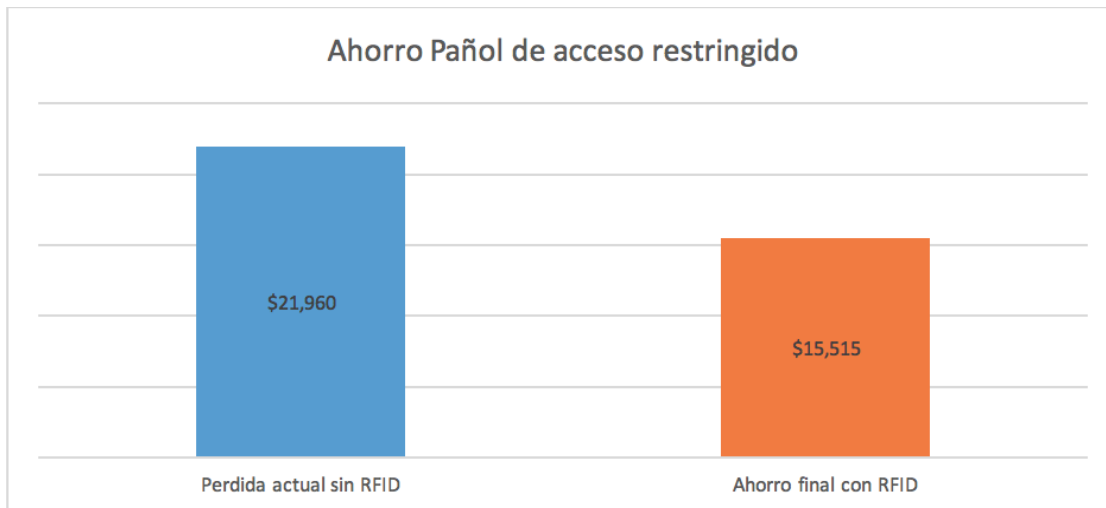


Figura 4.5: Perdidas actuales vs Ahorro futuro con tecnología RFID

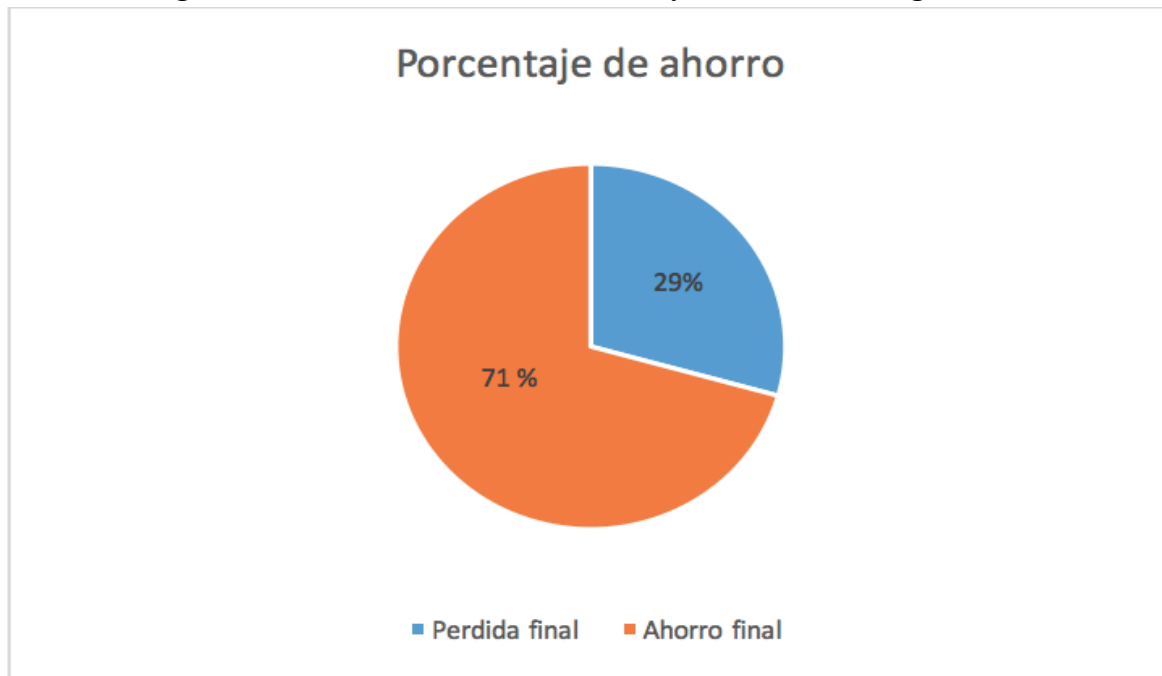


Figura 4.6: Porcentaje de ahorro esperado con tecnología RFID

En cuanto a la evaluación de equipos móviles, se obtuvo la siguiente tabla:

Concepto	Costo Unitario (US\$)	Cantidad	Costo Total
Desfibrilador	1600	15	24000

RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria

Electrocardiógrafo	1000	15	15000
Electrobisturí	4000	14	56000
Respiradores	1000	35	35000
Bomba de Infusión	1500	100	150000
Bomba jeringa	1500	30	45000
Total	-	209	325000

Tabla 4.5: Valuación de inventario de equipos

En el piso de estudio, se encuentra un tercio de los equipos móviles. Por lo tanto, todas las cuentas realizadas a continuación, serán sobre estos equipos.

Debido a que las tareas de mantenimiento preventivo no se llevan a cabo de la mejor manera, no se llegan a revisar el total de los equipos necesarios, produciéndose un porcentaje de fallas evitables que ronda en 10%. El costo de realizar mantenimiento correctivo una vez que se producen estas fallas llega a ser del 30% del valor del equipo. Por lo tanto, al implementar etiquetas activas para gestionar el mantenimiento preventivo, se espera que tanto el porcentaje de fallas como los costos asociados se reduzcan a la mitad. En los últimos años se han registrado hurtos de aquellos equipos de mayor valor, que respecto de la valuación de stock representan un 3.5% aproximadamente. Mediante el seguimiento de los equipos este porcentaje podrá llegar a ser nulo.

Concepto	Sin RFID	Con RFID
Fallas (%)	10	5
Fallas (US\$)	3250	1625
Hurtos (%)	3.5	0
Hurtos (US\$)	3733	0
Ahorro Total (US\$)	5358	

Tabla 4.6: Perdidas y ahorro esperado para equipos

En la siguiente grafica se puede observar la representacion de todos los datos anteriormente mencionados asi como tambien el porcentaje total de ahorro:

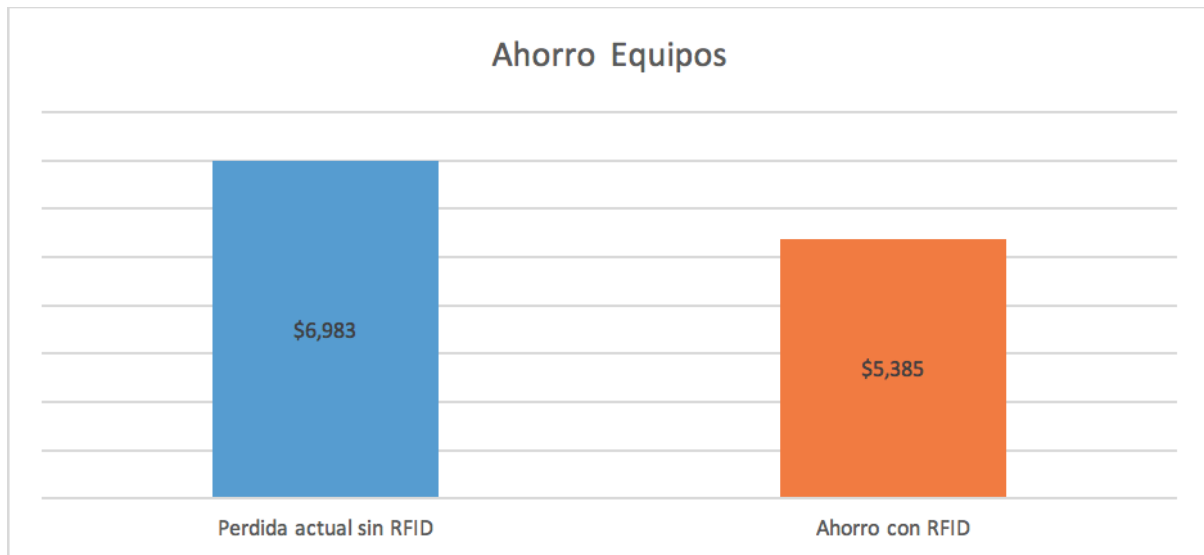


Figura 4.7: *Perdidas actuales vs Ahorro futuro con tecnología RFID*

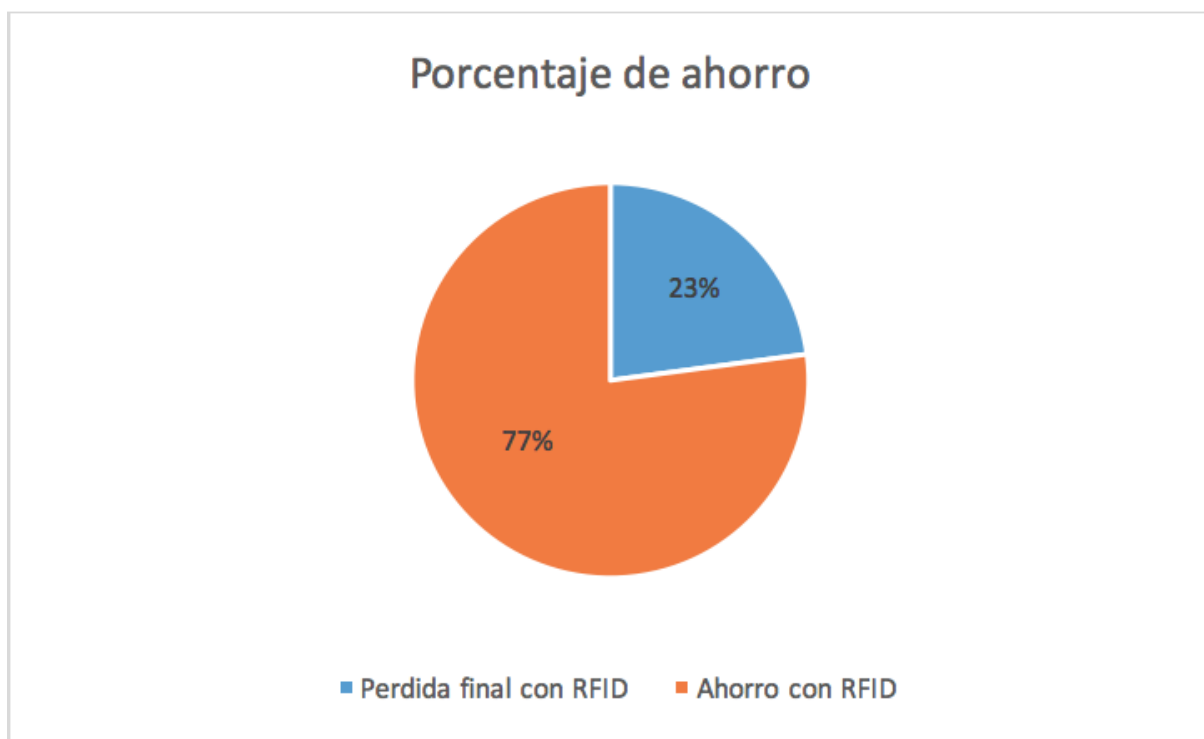


Figura 4.8: *Porcentaje de ahorro esperado con tecnología RFID*

Como fue mencionado anteriormente, en promedio el personal de enfermería utiliza un 15% del tiempo de trabajo en la búsqueda de equipos móviles {2}. A través de la

RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria

localización por sectores de cada equipo, se cree que este porcentaje se reducirá a un 5%.

Teniendo en cuenta que el sector cuenta con 50 enfermeros y que cada uno de ellos cobra alrededor de 700 US\$, se generaría un ahorro anual de 42000 US\$ en concepto de eficiencia del personal. Todos las inversiones y ahorros generados explicados anteriormente se encuentran reflejados en el siguiente flujo de fondos como egresos e ingresos respectivamente:

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Egresos											
Impresora	2,178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lectores	48,400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Terminales portatiles	14,520	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desarrollo de Software	30,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pulseras	575	575	575	575	575	575	575	575	575	575	575
Etiquetas Pasivas	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
Etiquetas Activas	847										
Total Egresos	96,650	705	705	705	705	705	705	705	705	705	705
Ingresos											
Ahorro Mermas de Pañol		15,515	15,515	15,515	15,515	15,515	15,515	15,515	15,515	15,515	15,515
Ahorro Equipos		5,358	5,358	5,358	5,358	5,358	5,358	5,358	5,358	5,358	5,358
Ahorro Personal		42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000
Total Ingresos		62,873	62,873	62,873	62,873	62,873	62,873	62,873	62,873	62,873	62,873
FF	-96,650	62,168	62,168	62,168	62,168	62,168	62,168	62,168	62,168	62,168	62,168
FF descontado	-96,650	47,822	36,786	28,297	21,767	16,744	12,880	9,907	7,621	5,862	4,510
FF acumulado	-96,650	-48,828	-12,043	16,254	38,021	54,765	67,644	77,552	85,173	91,035	95,545

Figura 4.9: Flujo de fondos de la inversión

Después de haber realizado los cálculos pertinentes con una tasa de descuento del 30%, la cual se basó en la tasa de interés que un banco está dispuesto a otorgar por invertir la suma de dinero del proyecto en un plazo fijo, se obtuvieron los siguientes valores para el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno:

VAN (US\$)	95545
TIR (%)	64

Tabla 4.7: Van y TIR

Para evaluar el tiempo requerido para recuperar la inversión, se evaluó el flujo de fondos acumulado anualmente y se procedió a graficarlo, obteniendo lo siguiente:

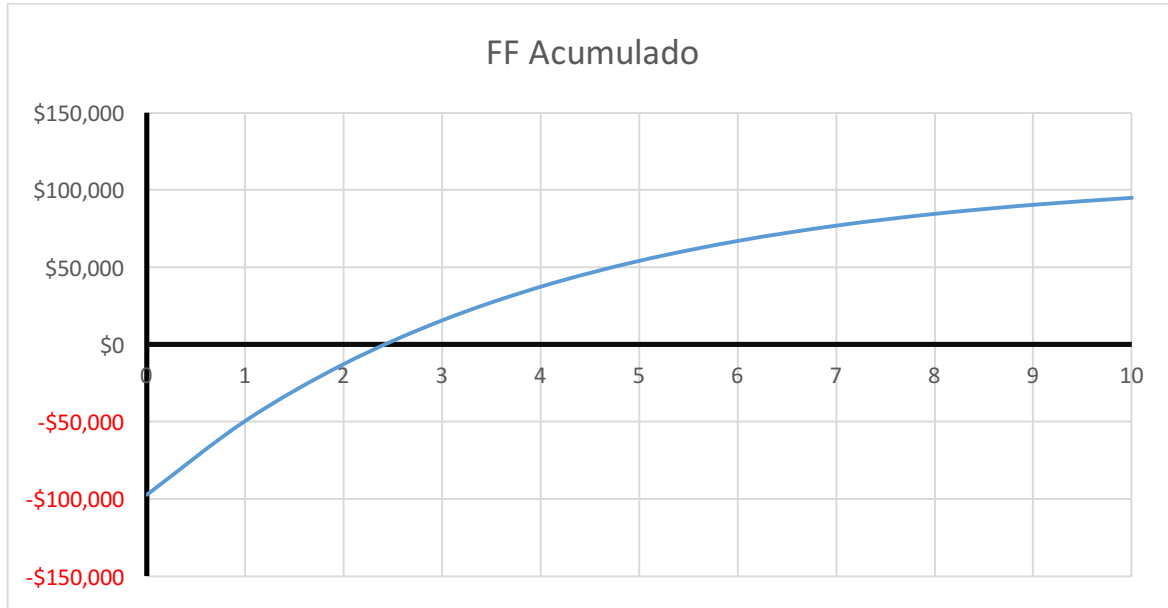


Figura 4.10: Flujo de fondos acumulado

Se puede observar que, a mediados del segundo año se habrá recuperado la totalidad de la inversión inicial.

Teniendo en cuenta toda la información anteriormente expuesta (VAN, TIR y periodo de repago), se puede concluir que el proyecto no solo posee una rentabilidad aceptable, sino que también comienza a generar flujos de caja positivos en el mediano plazo.

5. Conclusiones y futuras líneas de investigación

A lo largo del trabajo se analizaron y estudiaron una serie de problemas que afrontan hoy en día las instituciones de salud, particularmente en los sectores operativos y administrativos. Se advierte que gran parte de ellos se deben al volumen de elementos que interactúan, en otras palabras, la gran cantidad de medicamentos, pacientes, equipos, y personal que coexisten dentro de un mismo sistema. Es de vital importancia solucionar los problemas expuestos anteriormente, o en su defecto disminuirlos al mínimo debido a su criticidad. La posibilidad latente de un error al momento de administrar una droga o la imposibilidad de encontrar un equipo vital para el tratamiento de un paciente, puede provocar serios daños en la salud de un paciente.

Si bien la tecnología RFID posee un gran número de aspectos positivos y destacables, no se puede pasar por alto el hecho de que no ha alcanzado la masividad suficiente como para hacer que los costos se reduzcan al valor necesario para que resulte accesible. Es por esto que el código de barras, si bien no es tan versátil, sigue siendo una opción tentadora para los administradores, debido al monto de su inversión. De todas formas, se puede concluir que, si bien las etiquetas con código de barra se utilizan en mayor medida, en el mediano plazo, los costos de la tecnología de radiofrecuencia serán lo suficientemente bajos para quitarle mercado a su competidor.

Por otro lado, deben tenerse en cuenta ciertos obstáculos a la hora de su implementación. Pueden presentarse inconvenientes relacionados a la sensación de falta de privacidad por parte de los empleados. A la vez, el cambio en la forma del trabajo cotidiano puede generar resistencias que, si no son bien gestionadas, pueden llevar al fracaso del proyecto.

La situación política actual del país representa otro obstáculo, ya que hay poca visibilidad a futuro, haciendo que lograr un desembolso de capitales para inversión sea una tarea difícil de lograr. También las restricciones a las importaciones representan otro problema, así como los valores fluctuantes de la moneda. Si bien, se prevé que en un futuro cercano las políticas de importación cambien, no se puede asegurar en qué forma impactarán a este mercado.

No obstante, las evidencias expuestas en aplicaciones del RFID en el ámbito de la salud, resultaron ser exitosas cualitativa y cuantitativamente. Este hecho es destacable debido a que el desarrollo de la tecnología en este ámbito no ha llegado a su punto de maduración y es posible continuar innovando. Por ello, se podría inferir que los frutos provenientes del RFID serán mayores en un futuro cercano, sobre todo si se tiene en cuenta los proyectos nacionales de integrar el RFID al inicio de la cadena de fabricación y distribución de medicamentos.

RFID para optimizar la operatividad y administración de una institución hospitalaria

La tecnología RFID presenta una serie de soluciones que se adaptan a los problemas expuestos, minimizando la cantidad de errores en tareas críticas y reduciendo costos a la vez. Es importante destacar otros beneficios distintivos, como la agilidad en la lectura de etiquetas, posibilidad de localización, factibilidad de reescritura, capacidad de almacenamiento de datos y su condición escalabilidad ante cualquier proyecto.

El rápido retorno de la inversión que se puede ver plasmado en el análisis de factibilidad económico financiera, en conjunto con un VAN positivo, hace del proyecto una inversión rentable a mediano plazo.

Por otro lado, cabe destacar la escalabilidad del proyecto, ya que hay elementos en los cuales no es necesario volver a invertir, como por ejemplo en software, el cual representó aproximadamente un 37% de la inversión inicial. Esto implica que el beneficio esperable por sobre los costos de futuras inversiones, sean aún mayor. En futuras ampliaciones, solamente se requerirá adquirir nuevos lectores y tags dependiendo de la cantidad de áreas que se quieran controlar y el número de elementos que se desee etiquetar, replicando la estructura original del proyecto.

El presente proyecto sienta las bases para poder plantear futuros proyectos con tecnología RFID como por ejemplo:

- Implementación de tecnología RFID para todos los medicamentos e insumos de Pañol Biomédico y Farmacia;
- Seguimiento de pacientes y activos en la totalidad de las instalaciones;
- Implementación de tecnología RFID con laboratorios expendedores de drogas para trazabilidad integral;
- Estandarización de la tecnología RFID en todos los sectores de salud pública y privada.

Luego de haber estudiado la aplicación de esta tecnología en un sistema hospitalario, se puede afirmar que se trata de una herramienta muy potente para visualizar problemáticas, tomar decisiones y verificar sus impactos. Permite desarrollar un proceso de mejora continua, reduciendo los costos y maximizando la eficiencia del sistema.

6. Bibliografía

1. Prof. Dr. Ricardo Petrissans Aguilar, La contribución de la logística hospitalaria a la gestión de las Instituciones de Salud, <http://grupocsl.org/blog/la-contribucion-de-la-logistica-hospitalaria-a-la-gestion-de-las-instituciones-de-salud/>
2. Coustasse, A., Tomblin, S., & Slack, C. (2013). Impact of radio-frequency identification (RFID) technologies on the hospital supply chain: a literature review. Perspectives In Health Information Management / AHIMA, American Health Information Management Association, 101d.
3. Jasmine Pennic, 5 Ways Supply Chain Can Reduce Rising Healthcare Costs, <http://hitconsultant.net/2013/05/13/5-ways-supply-chain-can-reduce-rising-healthcare-costs/>
4. Castro, L., Lefebvre, E., & Lefebvre, L. (2013). Adding Intelligence to Mobile Asset Management in Hospitals: The True Value of RFID. Journal Of Medical Systems, 37(5), 1-17. doi:10.1007/s10916-013-9963-2
5. ANMAT ,Sistema nacional de trazabilidad de medicamentos, <http://www.anmat.gov.ar/trazabilidad/principal.asp>
6. James Clerk Maxwell Foundation, Who was James Clerk Maxwell?, http://www.clerkmaxwellfoundation.org/html/who_was_maxwell-.html
7. Biografías y Vidas, Heinrich Rudolf Hertz, <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/h/hertz.htm>
8. Alberto Rodríguez Hernández, 2009, Análisis y descripción de identificación por radiofrecuencia: Tecnología, Aplicaciones, Seguridad y Privacidad, <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5441/C2.302.pdf?sequence=1>
9. Erick C. Jones, 2007, RFID in Logistics: A Practical Introduction, https://books.google.com.ar/books?id=_xCLpVMMbM8C&pg=PA12&lpg=PA12&dq=1960+rfid+sensormatic&source=bl&ots=ZMg4KjJgRy&sig=IDXP2iV-82XGeTLQ3Ggwyzya52c&hl=en&sa=X&ved=0CD8Q6AEwA2oVChMI6LyRmuXPxwIVQ36QCh2CpgZj#v=onepage&q=1960%20rfid%20sensormatic&f=false
10. RFID Journal, Frequently Asked Questions, <https://www.rfidjournal.com/faq/>
11. Tags Activos, Pasivos y Semi Pasivos; <http://www.rfidpoint.com/preguntas-frecuentes/tags-activos-pasivos-y-semi-pasivos/>
12. Portillo García, J., Bermejo Nieto, A. B., Bernardos Barbolla, A. M., and Martínez Salles, I., Tecnología de Identificación por radiofrecuencia (RFID): Aplicaciones en el ámbito de la salud, 2008. Consultada el 1 de Junio de 2015, en www.madrimasd.org/tic/Informes/Downloads_GetFile.aspx?id07913
13. La tecnología RFID y el "INTERNET DE LOS OBJETOS"; Ferran Luis; <http://ferranruiz.net/la-tecnologia-rfid-y-el-internet-de-los-objetos/>
14. Vincenzo Di Lecce, Marco Calabrese, Alessandro Quarto, Rita Dario, Politecnico di Bari – DIASS,2myHermes S.r.l, Hospital Unit "San Paolo" ASL/Ba, ITALY, Modelling the Clinical Risk: RFID vs Barcode, <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/10219.pdf>
15. RFID vs Código de barras; <http://www.rfidpoint.com/que-es-rfid/rfid-vs-codigo-de-barras/>
16. Eliminating Paperwork Is More Than Just Efficient; http://www.intermec.com/public-files/white-papers/en/EAM-EliminatePaperwork_wp_web.pdf
17. La empresa automotriz BMW instala tecnología RFID de ubicación activa en sus fábricas; <http://t21.com.mx/automotriz/2005/09/20/empresa-automotriz-bmw-instala-tecnologia-rfid-ubicacion-activa-sus-fabricas>
18. Wordpress, Aplicación RFID: Control de equipaje en Barajas, <https://rfidinformacion.wordpress.com/2011/05/04/aplicacion-rfid-control-de-equipaje-en-barajas/>
19. Control documentos administración e instituciones; <http://www.gen2rfid.es/administracion.php>

20. Uso de tecnología RFID en etiquetas de supermercado; <http://www.rfidpoint.com/uso-de-tecnologia-rfid-en-etiquetas-de-supermercado/>
21. Página oficial de la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT); <http://www.anmat.gov.ar/>
22. Farmacología Virtual; Doctor Marcelo Lalama; <http://www.farmacologiavirtual.org/es/legislacion/27-instructivo-para-la-obtencion-del-certificado-sanitario-de-provision-de-medicamentos>
23. Manual de procedimientos y gestión de compras; Unidad de Abastecimiento Hospital de Linares; Pagina 10 y 11
24. Introducción a la gestión de inventarios de equipo médico, Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos, Organización Mundial de la Salud 2012
25. Dispensación de medicamentos; Catalá Pizarro; Sociedad Española de Farmacia Hospitalaria
26. Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos, Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos, Organización Mundial de la Salud 2012
27. Substandard and counterfeit medicines; World Health Organization; <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/2003/fs275/en/>
28. Counterfeit Drugs and National Security, Brian D. Finlay, 2011, The Stimson Centre.
29. Medicamentos espurios, de etiquetado engañoso, falsificados o de imitación; Organización Mundial de la Salud; <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs275/es/>
30. FDA Initiative to Combat Counterfeit Drugs; U.S. Food and Drug Administration; <http://www.fda.gov/Drugs/DrugSafety/ucm180899.htm>
31. El 22,7% de los medicamentos que hay en el país es falso o adulterado; Diario La Nación; <http://www.lanacion.com.ar/315387-el-227-de-los-medicamentos-que-hay-en-el-pais-es-falso-o-adulterado>
32. Manual de Buenas Prácticas de Trazabilidad de Medicamentos: ANMAT; [http://www.anmat.gov.ar/trazabilidad/docs/Manual_BPT_v1_0_\(2015-02-18\).pdf](http://www.anmat.gov.ar/trazabilidad/docs/Manual_BPT_v1_0_(2015-02-18).pdf)
33. Martínez Pérez, M., Cabrero-Canosa, M., Vizoso Hermida, J., Carrajo García, L., Llamas Gómez, D., Vázquez González, G., & Martín Herranz, I. (2012). Application of RFID technology in patient tracking and medication traceability in emergency care. *Journal Of Medical Systems*, 36(6), 3983-3993. doi:10.1007/s10916-012-9871-x
34. Patients Who Wait More Than 20 Minutes Could Walk Out...But RTLS and Smart Scheduling Can Help, <http://www.ekahau.com/real-time-location-system/blog/2013/10/24/patient-who-wait-more-than-20-minutes-could-walk-outbut-rtls-and-smart-scheduling-can-help/>
35. Nurses waste 'an hour a shift' finding equipment, <http://www.nursingtimes.net/nurses-waste-an-hour-a-shift-finding-equipment/1987381.article>
36. Radio Frequency Identification Applications in Hospital Environments 2006, Suhong Li, Hospital Topics, Bryant University.
37. Ekahau Wi-Fi RTLS, Active RFID Tracking Solutions, <http://www.ekahau.com/>
38. General Electric, Out of control cost analysis, http://www3.gehealthcare.com/~/media/services/resources/out_of_control_cost_analysis-wp-doc1106527.pdf
39. Ekahau White Paper: The ROI of Real-Time Location Systems and Active RFID in Healthcare, www.ekahau.com/userData/ekahau/documents/white-papers/RTLS_benefits_whitepaper_June_2013.pdf
40. Shirehjini, A. N., Yassine, A., & Shirmohammadi, S. (2012). Equipment location in hospitals using RFID-based positioning system. *IEEE Transactions On Information Technology In Biomedicine: A Publication Of The IEEE Engineering In Medicine And Biology Society*, 16(6), 1058-1069.
41. Health Industry Group Issues RFID Standard, But Excludes UHF for Consumable Items; <http://www.rfidjournal.com/articles/view?5131>

42. Rosales, C. R., Magazine, M., & Rao, U. (2015). The 2Bin system for controlling medical supplies at point-of-use. *European Journal Of Operational Research*, 243(1), 271-280. doi:10.1016/j.ejor.2014.10.041
43. Yazici, H. J. (2014). An exploratory analysis of hospital perspectives on real time information requirements and perceived benefits of RFID technology for future adoption. *International Journal Of Information Management*, 34(5), 603-621. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2014.04.010
44. GS1 Argentina, Casos de éxito de trazabilidad del sector salud en Argentina, http://www.gs1.org.ar/documentos/SALUD_CASOS_LOCALES.pdf
45. Rajiv Leventhal, Using Data and Analytics to Cut Healthcare Labor Costs at Ellis Medicine, <http://www.healthcare-informatics.com/article/using-data-and-analytics-cut-healthcare-labor-costs-ellis-medicine>
46. Xerfary: a global provider of RFID tags and labels, Frequently Asked Questions on Xerafy's XS RFID Tag for Healthcare, <http://www.xerafy.com/en/resources/frequently-asked-questions/frequently-asked-questions-on-xerafys-xs-rfid-tag-for-healthcare/18>
47. Dr. John Halamka, CIO, CareGroup y Harvard Medical School, "RFID: Lecciones Aprendidas sobre Innovación, Infraestructura y ROI", <http://web.archive.org/web/20080202104657/http://argentina.emc.com/leadership/business-view/rfid.htm>
48. Kohn, L. T., Corrigan, J. M., and Donaldson, M. S., *To err is human: Building a safer health system*. Institute of Medicine National Academy Press, Washington, 1999.
49. Ministerio de Agroindustria, Tecnologías para la Industria Alimentaria, Identificación por Radiofrecuencia, http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_14_RFID.pdf
50. United States Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/radiation/docs/source-management/poster-rfidhazwaste.pdf>
51. Telectrónica, Aplicaciones RFID-Expertos, Centros de Ski, <http://www.telectronica.com/index.php/centros-de-ski/>
52. Özden Engin Çakıcı (2011) Using RFID for the management of pharmaceutical inventory — system optimization and shrinkage control. University of Rochester, Rochester, NY, United States
53. Bendavid, Y., Boeck, H., & Philippe, R. (2012). RFID-enabled traceability system for consignment and high value products: a case study in the healthcare sector. *Journal Of Medical Systems*, 36(6), 3473-3489. doi:10.1007/s10916-011-9804-0