



Escola Universitària d'Enginyeria  
Tècnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## **Volumen I**

Memoria – Anexos - Presupuesto

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

# ***“Automatización de un proceso para identificación y control de elementos hospitalarios en zonas de paso”***

TFG presentado para optar al título de GRADO en  
INGIENIERÍA BIOMÉDICA  
por **Guillem Casas Schmitt**

Barcelona, 14 de Octubre de 2015

Tutora proyecto: Beatriz Giraldo Giraldo  
Departamento de ESAII (D707)  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)



## **ÍNDICE GENERAL**

MEMORIA .....	5
RESUMEN .....	9
RESUM .....	9
ABSTRACT .....	10
AGRADECIMIENTOS .....	11
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	12
CAPÍTULO 2: CONCEPTOS GENERALES .....	19
CAPÍTULO 3: NORMATIVA .....	32
CAPÍTULO 4: TECNOLOGÍA Y PROPIEDADES RFID .....	38
CAPÍTULO 5: ESTUDIO DE APLICABILIDAD EN ÁREAS HOSPITALARIAS .....	46
CAPÍTULO 6: EJEMPLO DE APLICABILIDAD DEL SISTEMA .....	65
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y LÍNIAS FUTURAS .....	71
CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA .....	75
ANEXOS .....	78
PRESUPUESTO .....	92





Escola Universitària d'Enginyeria  
Tècnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

**Memoria**

A background image of a large, multi-story building facade with many windows and a central arched entrance. The text is overlaid on this image.

***“Automatización de un  
proceso para identificación  
y control de elementos  
hospitalarios en zonas de  
paso”***

TFG presentado para optar al título de GRADO en  
INGENIERÍA BIOMÉDICA  
por **Guillem Casas Schmitt**

Barcelona, 14 de Octubre de 2015

Directora: Beatriz Giraldo Giraldo  
Departamento de ESAII (D707)  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)



## ÍNDICE DE LA MEMORIA

RESUMEN .....	9
RESUM .....	9
ABSTRACT .....	10
AGRADECIMIENTOS .....	11
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	12
<b>1.1 Antecedentes de la tecnología RFID .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Elementos del sistema RFID .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Territorio, normativas y protección .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4 Alcance.....</b>	<b>16</b>
<b>1.5 Objetivos .....</b>	<b>17</b>
<b>1.6 Metodología.....</b>	<b>17</b>
CAPÍTULO 2: CONCEPTOS GENERALES.....	19
<b>2.1 Estado del arte .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2 Bases teóricas .....</b>	<b>20</b>
2.2.1 Potencia .....	21
2.2.2 Frecuencias.....	22
2.2.3 Distancia máxima de lectura .....	23
<b>2.3 Entorno hospitalario .....</b>	<b>25</b>
<b>2.4 Seguridad del sistema RFID.....</b>	<b>27</b>
2.4.1 Seguridad electromagnética .....	27
2.4.2 Seguridad en la mejora de la privacidad .....	27
<b>2.5 Seguridad hospitalaria.....</b>	<b>29</b>
<b>2.6 Trazabilidad.....</b>	<b>29</b>
<b>2.7 Nodos y entornos .....</b>	<b>30</b>
CAPÍTULO 3: NORMATIVA.....	32
<b>3.1 Introducción a la Normativa .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2 Estandarización .....</b>	<b>33</b>
<b>3.3 Regulaciones sobre la potencia de emisión .....</b>	<b>35</b>
CAPÍTULO 4: TECNOLOGÍA Y PROPIEDADES RFID.....	38
<b>4.1 Descripción técnica de los componentes.....</b>	<b>38</b>
4.1.1 Etiqueta Intermec IT76.....	39
4.1.2 Lector Intermec IF2 .....	40

4.1.3 Antena Intermec IA33D .....	41
<b>4.2 Posicionamiento de las antenas.....</b>	<b>42</b>
<b>4.3 Cálculo del sistema y comprobación de los valores obtenidos .....</b>	<b>44</b>
<b>4.4 Aspectos de seguridad.....</b>	<b>44</b>
CAPÍTULO 5: ESTUDIO DE APLICABILIDAD EN ÁREAS HOSPITALARIAS .....	46
<b>5.1 Nodo Clínico .....</b>	<b>46</b>
5.1.1 Bloque quirúrgico.....	47
5.1.2 Esterilización .....	50
5.1.3 Hemodinámica y diagnóstico por la imagen .....	52
5.1.4 Oncología.....	52
5.1.5 Neonatos .....	52
5.1.6 UCI .....	54
5.1.7 Electromedicina .....	56
5.1.8 Urgencias.....	58
5.1.9 Hospitalización .....	60
<b>5.2 Nodo industrial.....</b>	<b>62</b>
<b>5.3 Nodo Administrativo.....</b>	<b>63</b>
<b>5.4 Vías de entrada y salida.....</b>	<b>63</b>
CAPÍTULO 6: EJEMPLO DE APLICABILIDAD DEL SISTEMA .....	65
<b>6.1 Tecnología RFID e informática.....</b>	<b>65</b>
<b>6.2 Ejemplo escogido.....</b>	<b>66</b>
<b>6.3 Equipo seleccionado .....</b>	<b>66</b>
<b>6.4 Información correspondiente a la etiqueta del equipo contenida en la base de datos .....</b>	<b>67</b>
<b>6.5 Detalle de la trazabilidad del equipo.....</b>	<b>67</b>
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y LÍNIAS FUTURAS.....	71
<b>7.1 Conclusiones .....</b>	<b>71</b>
<b>7.2 Líneas futuras de trabajo.....</b>	<b>73</b>
CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA .....	75
<b>8.1 Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>75</b>
<b>8.2 Otras Referencias .....</b>	<b>76</b>

## RESUMEN

Este proyecto se basa en el uso de la tecnología RFID (acrónimo del inglés *Radio Frequency IDentification*) para el control y la trazabilidad de los distintos elementos existentes en un centro hospitalario. Por tanto, el objetivo principal de este proyecto es utilizarla tecnología RFID para diseñar un nuevo sistema que permita mantener la trazabilidad y el control de elementos en un centro hospitalario concreto.

La tecnología RFID es un sistema de identificación de elementos por radiofrecuencia que usa unos dispositivos denominados etiquetas o *tags* RFID. El propósito fundamental de esta tecnología es el de transmitir la identificación o información contenida en las etiquetas mediante ondas de radio. Estas etiquetas son unos dispositivos pequeños, que pueden ser adheridas o incorporadas a un producto, persona o elemento en general. Contienen antenas que les permiten recibir y responder mediante radiofrecuencia las peticiones de un emisor-receptor de RFID. Una de las mejores ventajas de esta tecnología respecto otras tecnologías de identificación automática es que no se requiere visión directa entre el emisor y el receptor.

## RESUM

Aquest projecte es basa en l'ús de la tecnologia RFID (acrònim de l'anglès *Radio Frequency IDentification*) per al control i la traçabilitat dels diferents elements existents en un centre hospitalari. Per tant, l'objectiu principal d'aquest projecte és utilitzar la tecnologia RFID per dissenyar un nou sistema que permeti mantenir la traçabilitat i el control d'elements en un centre hospitalari concret.

La tecnologia RFID és un sistema d'identificació d'elements per radiofreqüència que utilitza uns dispositius anomenats etiquetes o *tags* RFID. El propòsit fonamental d'aquesta tecnologia és el de transmetre la identificació o informació continguda en les etiquetes mitjançant ones de ràdio. Aquestes etiquetes són uns dispositius petits, que poden ser adherides o incorporades a un producte, persona o element en general. Contenen antenes que els permeten rebre i respondre mitjançant radiofreqüència les peticions d'un emissor-receptor de RFID. Una de les millors avantatges d'aquesta tecnologia respecte altres tecnologies d'identificació automàtica és que no es requereix visió directa entre l'emissor i el receptor.

## **ABSTRACT**

This project is based on the use of RFID technology (acronym for *Radio Frequency IDentification*) for the control and traceability of the different elements present in a hospital. Therefore, the main objective of this project is to use RFID technology to design a new system that will maintain traceability and control elements in a particular hospital.

RFID is a radiofrequency identification system that uses some devices called RFID tags. The main purpose of this technology is to transmit the identification or information contained in the tags using radio waves. These tags are small devices that can be attached or incorporated into a product, person or element in general. They contain antennas that enable them to receive and respond to radio frequency requests of an RFID reader. One of the best advantages of this technology compared to other automatic identification technologies is that the sight between the transmitter and receiver is not required.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Marc y a Beatriz, por su apoyo, por sus ideas, por su sinceridad y por sus aportaciones. Sin ellos este proyecto no hubiese sido posible.

A Adrià, sin duda un gran compañero de proyecto, de trabajo, y de clase.

A toda mi familia, y a Iris en particular, por su comprensión y su ayuda incalculables. Gracias por vuestros ánimos, tan necesarios a menudo.

También le agradezco a mi universidad la posibilidad que me brindó de realizar las prácticas en un centro hospitalario de Barcelona, lugar donde surgió la idea de realizar este proyecto.

A título personal, puedo decir que estoy agradecido por haber realizado este proyecto por dos factores principales. En primer lugar, ha supuesto un paso más en el escalón académico y formativo, implicando muchas horas de trabajo y mucho esfuerzo, y permitiendo conocer más en profundidad temas de electromagnetismo y radiofrecuencia que hasta el momento sólo se conocían superficialmente. En segundo lugar, ha supuesto una sensación de realización personal al tener la posibilidad de estudiar la situación real de un centro hospitalario y poder dar una solución teórica y un conjunto de mejoras a esta situación que se vive en la mayoría de los centros hospitalarios, integrando una tecnología existente pero ideada sobre todo para el control de mercancías o stocks disponibles en almacenes o cadenas de suministro, en un sistema global de control de los elementos de un hospital.

# **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

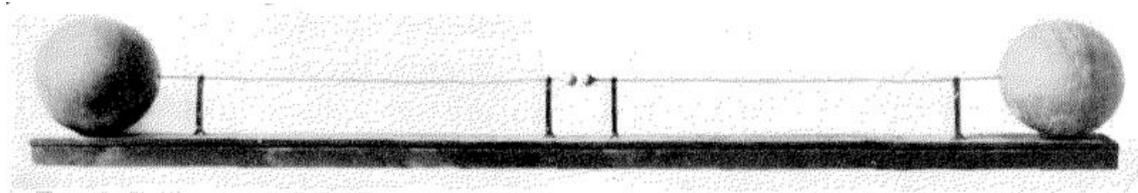
Dentro del mundo hospitalario, la trazabilidad y el conocimiento exacto de la ubicación a tiempo real de los distintos elementos de un centro médico un aspecto que aún tiene mucho por desarrollar, sin embargo es un factor muy deseado, dadas las ventajas que puede suponer.

Este proyecto se basa en el diseño de un sistema de trazabilidad mediante RFID de los elementos internos de un hospital (equipos, objetos o personas), para la identificación y control de estos elementos. Los factores más importantes a la hora de desarrollar el proyecto serán la robustez del sistema, así como el estudio de su integración cumpliendo todas las medidas de seguridad existentes.

## **1.1 Antecedentes de la tecnología RFID**

La radiofrecuencia, definida como la porción menos energética del espectro electromagnético, es un fenómeno que fue observado por primera vez, científicamente hablando, a finales del siglo XVIII, y hasta finales del siglo XIX estudiado por varios científicos de entre los que destacan Luigi Galvani, Joseph Henry y Thomas Edison, entre otros. No fue hasta 1889 que Heinrich Hertz probó por primera vez la existencia de ondas electromagnéticas, teorizadas anteriormente por James Clerk Maxwell, usando un par de cables de cobre de 1 metro, acabando en esferas de zinc de 30 cm presentes por ajustes de resonancia. Cuando una bobina de inducción aplicaba una alta tensión entre las dos partes, se producían chispas en el espacio vacío central, creando ondas energéticas recorriendo los cables, que emitían lo que hoy en día se conoce como ondas de radio de ultra alta frecuencia (UHF en sus siglas en inglés). Estas ondas

eran captadas por una especie de precursor de una antena dipolo. De este modo, Hertz creó la primera comunicación por radiofrecuencia. (*Figura 1.1*)



*Figura 1.1 El primer radio transmisor de Hertz*

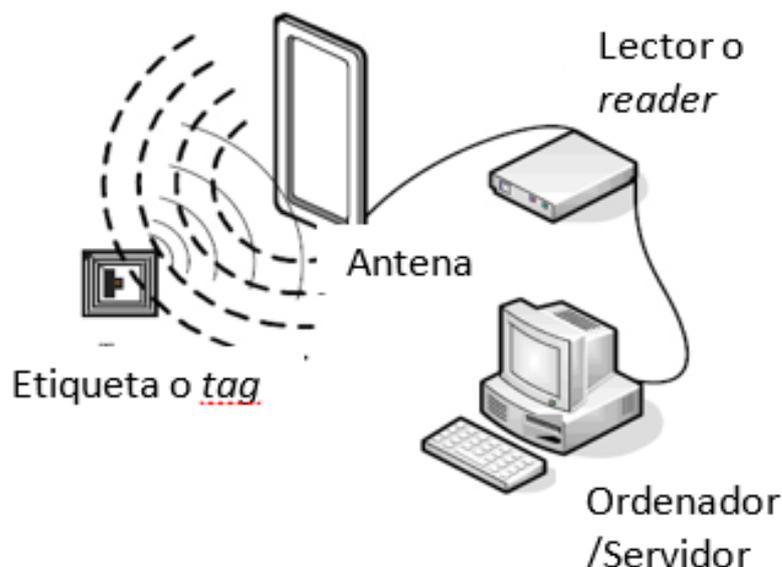
No obstante, su uso como método de identificación se remonta a la Segunda Guerra Mundial. Con el radar ya en uso, se requería una manera de distinguir si los aviones detectados eran aliados o enemigos antes de estar a la vista. Con esa finalidad se instaló un transpondedor en los aparatos aliados que dada una señal concreta, emitían otra de vuelta creando el primer sistema de identificación por radiofrecuencia.

En el año 1969, Mario Cardillo patentó la primera aplicación tecnológica con RFID, pero es a partir de la década de los 80 que la tecnología llega a Europa como medio de identificación del ganado en el sector privado, equipajes, e incluso ciertos vehículos. Estas "etiquetas" originales eran complejos sistemas de bobinas de metal, antenas y cristales. Se alimentaban por campos magnéticos generados por el lector RFID. A partir de la década de los 90 la tecnología RFID comienza a adquirir más relevancia gracias a la reducción de costes. IBM consigue integrar todo el circuito en un solo chip.

## 1.2 Elementos del sistema RFID

La tecnología RFID se basa en la comunicación que se establece entre un transpondedor (etiqueta o *tag* RFID) y un lector de RFID.

El lector intenta comunicarse, utilizando una cierta frecuencia, con la etiqueta RFID de tal manera que ésta, cuando se encuentra en el área de influencia del lector, le contesta con la información almacenada en su memoria. La comunicación entre el lector y la etiqueta se realiza mediante señales de radiofrecuencia, que son enviadas desde la antena del lector, y recibidas por la etiqueta que también incorpora una pequeña antena interna. En el caso de los componentes utilizados para este proyecto, las etiquetas RFID envían al lector un número de identificación de 48 bits y el valor de la potencia existente entre ambos elementos (RSSI). El lector recoge la información y la envía a un subsistema de procesamiento de datos (*Figura 1.2*).



*Figura 1.2 Elementos básicos de un sistem RFID*

Un sistema RFID se compone de los siguientes componentes básicos:

- El tag, transpondedor o etiqueta RFID. Consiste en un pequeño circuito con una antena. Es el encargado de enviar datos al lector RFID. Características de las etiquetas:
  - Lectura de la etiqueta: cualquier etiqueta debe poder comunicar la información mediante radiofrecuencia.
  - *Kill/Disable*: algunas etiquetas permiten recibir una orden del lector para dejar de funcionar.
  - *Write Once/Write Many*: Muchas etiquetas contienen su identificador internamente, pero hay modelos que permiten escribir el campo del identificador tantas veces como se desee.
  - Anticolisión: Cuando hay varias etiquetas cercanas a un lector, estas etiquetas tienen la capacidad de comunicarse entre ellas para no entorpecer las lecturas con el lector, de forma que cada etiqueta espera su turno.

Existe una clasificación de las etiquetas, en función de la alimentación que éstas incorporen:

- Pasivas: no cuentan con una fuente de alimentación, por lo que la antena de la etiqueta obtiene la energía de la transmisión del lector, y es esta la energía la que permite enviar una respuesta. Dada la ausencia de fuente de alimentación, estos dispositivos suelen ser muy pequeños (comparados con otros tipos de etiquetas) y económicas pero tienen en contra que su rango de lectura es más limitado.

- Activas: cuentan con una fuente de alimentación incorporada en forma de batería, y además permiten almacenar más información. Su rango de lectura aumenta respecto a las pasivas, pero por el contrario son más costosas y de mayor tamaño.
- Semi-pasivas (o semi-activas): tienen unas prestaciones intermedias. Pueden enviar mayor cantidad de información que las pasivas, y casi tanto como los activos, mientras que su tamaño es más reducido. Poseen una pequeña batería que enciende el circuito del chip cuando éste recibe la potencia inducida de la señal RF enviada por el lector.

También se pueden clasificar en función de los modos de operación:

- Half-Duplex: la etiqueta y el lector se sincronizan de forma que en unos intervalos se realiza la transmisión lector-etiqueta, y en los otros la transmisión etiqueta-lector, ya que se utiliza la misma frecuencia para ambos enlaces. Generalmente se asocian las etiquetas pasivas con este sistema, cosa que hace que en estos sistemas la potencia que debe generar el lector sea elevada para hacer que la etiqueta funcione, puesto que debe generar su propia energía sin ayuda de baterías o similares.
  - Full-Duplex: etiqueta y lector están transmitiendo al mismo tiempo, ya que las frecuencias utilizadas para ambos enlaces son distintas, consiguiendo que no exista solapamiento. Se asocian con las etiquetas activas. No requieren de un reloj para la sincronización entre el lector y la etiqueta, necesario para la transmisión por intervalos (Half-Duplex).
  - Sequential Procedures: El campo del lector se desconecta mientras la etiqueta transmite. El problema principal es que dicha pausa hace que se pierda potencia en la etiqueta, obligando a utilizar algún tipo de batería o condensador.
- El lector o reader RFID (o transceptor), que puede leer o escribir datos hacia las etiquetas. El lector contiene los siguientes componentes: transmisor, receptor, antena, microprocesador, memoria, canales de entrada y salida, fuente de alimentación, controlador e interfaz de comunicación. El lector envía señales periódicamente a través de la antena hasta que capta una etiqueta, situada en su rango de alcance. Ésta envía la información que tiene almacenada y el lector la recoge para enviarla a su vez al subsistema de procesamiento de datos.
  - Un subsistema de procesamiento de datos: PC, tableta, móvil, PDA... donde se tiene una base de datos para almacenar los datos y un software

que gestione estos datos para mejorar o implementar las funciones para las cuales se ha instalado todo el sistema RFID.

#### Radiofrecuencia:

El sistema de trazabilidad por RFID basa su funcionamiento en la comunicación entre dos elementos mediante radiofrecuencias.

La señal es emitida por las antenas del lector durante los periodos de consulta con la interrogación codificada. Cuando alcanza a las etiquetas, estas la reflejan con una pequeña modulación. Es en esta modulación de respuesta donde se codifica la información y es interpretada por el lector.

## 1.3 Territorio, normativas y protección

Este proyecto se desarrolla dentro de las fronteras físicas de España, país miembro de la Unión Europea, y deberá acatar toda norma o directriz proveniente de los pertinentes organismos de control, tanto nacionales como europeos, cumpliendo siempre con el requerimiento más restrictivo en caso de duda.

La tecnología se basa en el uso de RFID, quedando afectada por toda normativa sobre emisión de radiofrecuencias en la banda de frecuencias ultra altas. Su emplazamiento está localizado dentro de un centro hospitalario por lo que deberá comprobarse que ninguna normativa específica regule de manera más restrictiva lo ya limitado por el anterior grupo de normativas.

La existencia de equipos de soporte vital fuerza la comprobación de toda norma asociada para evitar cualquier tipo de interferencia con su normal funcionamiento. La exposición de personas durante tiempo prolongado implica el cumplimiento de las normativas de protección ante radiación no ionizantes.

## 1.4 Alcance

El presente trabajo se enmarca dentro de un proyecto común entre la Universitat Politècnica de Catalunya y un centro hospitalario de Barcelona, que ha propuesto como proyecto un sistema de identificación automático con el que conocer la trazabilidad y tener el control de los distintos elementos del hospital.

Estudiando las posibles maneras de encarar el proyecto se han abierto dos vías de trabajo; una en que los procesos de control e identificación de los elementos se realizarán mediante volúmenes de control, tales como armarios o salas, y otra, la perteneciente a este trabajo en que se realizará mediante zonas de paso, tales como puertas o pasillos.

Ambos proyectos parten de un estudio inicial de las tecnologías de identificación, particularmente de RFID, tecnología que finalmente fue escogida para la realización del proyecto.

En este trabajado se realizará un estudio teórico y se detallarán conceptos técnicos de todo el entorno relacionado con la tecnología RFID para su implementación real en el hospital, etapa que se propone como inmediata en futuras ampliaciones de este trabajo, así como la creación de una base de datos que una el sistema de trazabilidad con el servidor del hospital, de manera que toda la información relacionada con el hospital pueda contenerse en una única base de datos o servidor.

Una vez definido y delimitado un sistema de trazabilidad por RFID se evaluarán todas las posibles aplicaciones, seleccionando aquellas que tengan su área de aplicación en los sectores técnicos y de gestión del hospital.

## 1.5 Objetivos

El objetivo principal del trabajo consiste en diseñar un sistema de trazabilidad basado en la tecnología RFID adecuado para un centro hospitalario. Con ello se pretende mejorar la gestión hospitalaria, concretamente en el control, localización y/o identificación de equipos dentro del hospital, así como dar pie a futuras implementaciones que se puedan realizar utilizando la tecnología RFID dentro de estos centros, con el fin de aprovechar al máximo las muchas aplicabilidades que tiene esta tecnología. Concretamente, la misión del Proyecto es estudiar la viabilidad de la implementación de esta tecnología en lo que denominamos "zonas de paso", es decir, puertas o pasillos, en distintos puntos o bloques del hospital, que serán detallados más detenidamente más adelante.

La realización del proyecto tiene también como objetivo poder dar pie a una futura ampliación del trabajo consistente en la implementación real de la tecnología en el hospital, así como la creación de la base de datos que contenga la información de todos y cada uno de las etiquetas instaladas en el hospital. El objetivo final de la ampliación de este proyecto sería poder usar dicha información para sacar provecho en los tiempos de gestión, procesos de documentación y trazabilidad, búsqueda de equipos no localizados, mejora de los tiempos de rutas internas de mercancías, equipos o pacientes, etc.

## 1.6 Metodología

Después de realizar un estudio teórico del entorno RFID cabe la necesidad de hacer un estudio práctico del hospital, con el objetivo de escoger cuales pueden ser las mejores zonas de paso para la implementación de la identificación por radiofrecuencia, así como la de delimitar bien las zonas del hospital con el fin de optimizar lo máximo posible dicha implementación

La forma de atacarlo será recreando distintas zonas de paso dentro del hospital y estudiar la viabilidad real de su implementación, teniendo en cuenta temas tan

importantes como el impacto electromagnético sobre los equipos y las personas, así como los rangos mínimos y máximos de detección de las etiquetas por parte de las antenas.

Para verificar que el estudio teórico realizado en este proyecto pueda implementarse de manera real en el hospital, se deberá comprobar que la instalación del sistema de emisión por radiofrecuencia no incumple ninguna normativa o disposición legal, de manera que sea inofensivo tanto para personas (personal del hospital y pacientes) como para los equipos electrónicos con los que se trabaja.

Para hacer una evaluación de la aplicabilidad del sistema de identificación que se propone en este proyecto, se realizará un estudio en profundidad de cada una de las zonas o bloques más importantes del hospital, exponiendo las ventajas o inconvenientes que presente cada una de las zonas, evaluando dónde se pueden instalar antenas de emisión y cuáles deben ser los protocolos de actuación en cada uno de los bloques del hospital. Finalmente se recreará un seguimiento de la trazabilidad sobre un equipo en concreto, en diversas zonas o bloques del hospital, explicando qué ocurre en cada una de las zonas de detección.

# CAPÍTULO 2:

## CONCEPTOS GENERALES

En este capítulo se tratarán de explicar los conceptos necesarios para tener una completa comprensión tanto de las bases teóricas de la tecnología RFID, así como del uso que se le puede dar dentro del entorno médico.

### 2.1 Estado del arte

Existen muchos sistemas de localización, el objetivo básico de todos ellos es el de conocer la posición de una persona, objeto, etc. dentro de un escenario concreto. Muchos de estos sistemas utilizan un proceso de triangulación para conocer un punto exacto. Para medir la distancia entre dos puntos de forma inalámbrica existen dos maneras posibles: una de ellas, midiendo el retardo de propagación de una señal que viaja a una velocidad de propagación conocida, y la segunda, midiendo la atenuación de una señal por el efecto de la distancia.

Para el primer caso, la tecnología GPS es el ejemplo más representativo. Para el segundo, que será el estudiado en este Proyecto, se precisa identificación por radiofrecuencia. En este caso, la atenuación se mide a través de la señal RSSI, o intensidad de señal recibida en la antena de un receptor por parte del un emisor.

Alternativas:

- GPS (*Global Positioning System* o sistema de posicionamiento global): es un sistema global de navegación por satélite que permite determinar, en todo el mundo, la posición de un objeto, persona, etc. con precisión de unos pocos metros (o centímetros, si se usa GPS diferencial). Funciona

mediante una red de satélites que cubren toda la superficie de la Tierra. Cuando se desea determinar la posición, el receptor que se está utilizando para ello, localiza automáticamente, como mínimo, tres satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la identificación y la hora del reloj de cada uno de ellos. En base a estas señales, el receptor sincroniza el reloj del GPS y averigua el ángulo en el que se encuentra respecto a los satélites, así como la distancia a los mismos. Este proceso se conoce como triangulación. Conocidas las distancias y los ángulos del punto respecto los satélites, se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los tres satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta, o coordenadas reales del punto de medición.

- Código de barras: es un código basado en la representación mediante un conjunto de líneas paralelas verticales de distinto grosor y espaciado que en su conjunto codifican una determinada información. Las imágenes son leídas por equipos especiales de lectura óptica a través de los cuales se puede extraer información del mismo. Actualmente, es la tecnología más utilizada por los comercios para identificar los productos.
- Bluetooth: es un protocolo de comunicación inalámbrica destinada a eliminar los cables de dispositivos fijos y móviles, facilitando la comunicación entre ellos, y manteniendo altos niveles de seguridad. En cuanto a localización se refiere, esta tecnología se utiliza, entre otras cosas, para formar redes de localización basándose, fundamentalmente, en la capacidad de los módems Bluetooth de rastrear la presencia de módems afines a su entorno, de forma que pueda conocer su localización.
- Wi-Fi: es un conjunto de estándares para redes inalámbricas que permite conectar distintos dispositivos entre sí sin necesidad de cables. En cuanto a localización se refiere, la tecnología Wi-fi tiene diversas aplicaciones, aunque la más relevante en este contexto es la conocida como Wi-Fi mapping, donde se modela el escenario en función de la señal recibida de cada uno de los receptores, de manera que el emisor puede conocer su ubicación dentro del escenario.

## 2.2 Bases teóricas

La tecnología RFID consiste en la identificación automática de información contenida en etiquetas electrónicas. El objetivo principal de esta tecnología es el de transmitir la información que contienen dichas etiquetas mediante ondas de radiofrecuencia. Para conseguir la información que almacenan las etiquetas se necesitan 3 componentes fundamentales: la etiqueta o *tag*, el lector o *reader*, y la antena. El lector, que hace la función de emisor-receptor, se encarga de enviar una señal, a través de la antena, que realiza la transmisión por radiofrecuencia (RF). En caso de que una etiqueta se encuentre a una distancia de la antena tal que la potencia recibida sea mayor que el umbral mínimo para alimentar el chip

que conforma la etiqueta, esta responderá con su propio identificador (ID), ya que el chip que conforma la etiqueta es el encargado de modular/demodular la señal, así como la de almacenar los datos. El ID enviado por la etiqueta lo recogerá el lector, que se encargará de transmitirlo al sistema informático para que ejecute las aplicaciones correspondientes.

La modulación y demodulación que hace el chip que lleva incorporado la etiqueta se produce siempre que el indicador de fuerza de señal de recepción (valor de la potencia existente entre etiqueta y antena), emitido por la propia etiqueta, sea superior a la sensibilidad del sistema, es decir, que sea detectable. Este indicador (RSSI, siglas en inglés de Received Signal Strength Indication), se mide en dBm, que se define como el nivel de potencia en decibelios en relación a un nivel de referencia de 1mW.

En este apartado se explicarán los conceptos y bases teóricas relacionados con la tecnología RFID con el fin de poder comprender mejor el funcionamiento técnico y electrónico de la transmisión o comunicación entre elementos mediante radiofrecuencia.

### 2.2.1 Potencia

Para entender el concepto de potencia en radiofrecuencia, primero es necesario entender el concepto de decibelio (dB). Los dB son adimensionales, ya que se usan para cuantificar el ratio entre 2 valores, en este caso el de emisión y recepción de la señal. Un nivel de potencia de 0 dBm corresponde a una potencia de 1mW. Un incremento de 3 dB es aproximadamente equivalente a doblar la potencia, lo que significa que un nivel de 3 dBm corresponde a una potencia de unos 2mW. De este modo, para cada disminución de 3 dB, la potencia es reducida aproximadamente la mitad, haciendo que -3 dBm corresponda a una potencia de unos 0,5 mW. En cuanto a la ganancia de la antena del lector, normalmente se usan los dBi, que es la unidad para medir la ganancia de una antena en referencia a una antena isótropa teórica.

Para convertir una potencia arbitraria P en mW a dBm (x), o viceversa, se deben usar las siguientes expresiones:

$$x = 10 \cdot \log_{10} \frac{P}{1mW}$$

$$P = 1mW \cdot 10^{\frac{x}{10}}$$

Si la potencia viene dada en W:

$$x = 30 + 10 \cdot \log_{10} \frac{P}{1W}$$

$$P = 1W \cdot 10^{\frac{x-30}{10}}$$

En los anexos se muestra una tabla-resumen de las conversiones más útiles.

Según la directiva 1999/5/CE en ningún caso se podrá superar una potencia de emisión por antena superior a los 2W (33dBm) con el fin de evitar cualquier daño humano.

### 2.2.2 Frecuencias

La identificación por radiofrecuencia es considerada como una tecnología de corto alcance no especificada, lo que significa que puede usar bandas de frecuencia sin licencia específica. Sin embargo, existen regulaciones locales que si se tienen que cumplir (ETSI, FCC, etc.).

Las frecuencias RFID se dividen en los siguientes rangos:

- Baja frecuencia (LF; 125 – 134,2 kHz). Este rango de frecuencia tiene como inconveniente que el rango de lectura es muy pequeño, de unos cuantos centímetros.
- Alta frecuencia (HF; 13,56 MHz). Cubre rangos de lectura desde unos pocos centímetros hasta unos 2 metros.
- Ultra alta frecuencia (UHF; 860 – 960 MHz). Este rango de frecuencias posibilita mayores alcances (de hasta 5/6 metros) y mayor velocidad de lectura.
- Super alta frecuencia o frecuencia microondas (SHF; 2,45 GHz). Este rango está incluido en la banda de UHF descrita en el punto anterior. Las etiquetas que soportan esta frecuencia tienen más potencia y por ende son más costosas. Su gran ventaja es el rango de lectura, superior a los 6 metros.

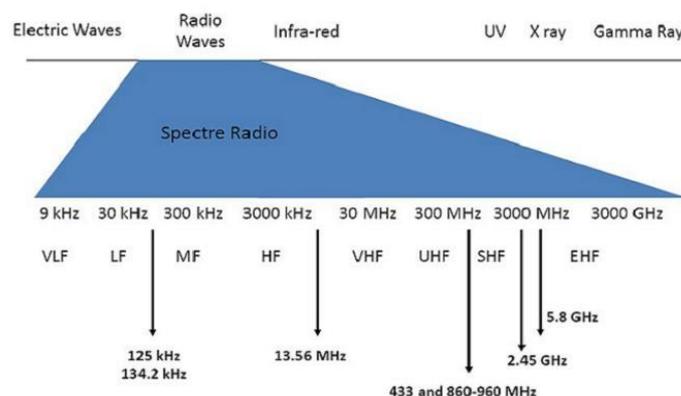


Figura 2.1 Gráfico del espectro EM con las bandas de frecuencia que pueden usar los sistemas RFID

Existen regulaciones y normativas seguidas por los organismos oficiales y gubernamentales que afectan directamente al uso de radiofrecuencia. La mayoría de estas normativas y guías más tenidas en cuenta por los organismos gubernamentales, son las desarrolladas por:

- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
- NCRP (National Council on Radiation Protection and Measurements)
- ICNIRP (International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection)
- FCC (Federal Communications and Commission)

Hay que tener en cuenta que en un entorno hospitalario, cuando se habla de emisiones por radiofrecuencia, como en el caso de este Proyecto, se encuentran tanto exposiciones ocupacionales o de "entornos controlados", donde las personas son conscientes de estar sometidas a radiaciones de radiofrecuencia, como es el caso del personal y trabajadores del hospital, y también se encuentran exposiciones del público o de "entornos incontrolados", donde las personas desconocen si están sometidas a campos electromagnéticos, como es el caso de los pacientes. Es un punto a tener en cuenta ya que la norma IEEE-C95.1-1991, donde se encuentran estas especificaciones, permite un nivel de exposición mucho más bajo en entornos de exposición al público que en entornos controlados (de hasta 5 veces más bajo), lo que supone que en los entornos hospitalarios donde confluyan continuamente tanto personal del hospital como pacientes, el umbral máximo de exposición será el establecido para la exposición al público.

En todo caso, una de las principales conclusiones a las que se ha llegado sobre la exposición en seres vivos, es que los campos electromagnéticos bajos no tienen efecto clínico aparente, aunque esta teoría se debe comprobar en cada caso.

La emisión y recepción de la señal del sistema diseñado en este proyecto da lugar en el rango 865-868 MHz (UHF).

### *2.2.3 Distancia máxima de lectura*

Para calcular la distancia máxima de lectura o alcance de las antenas del lector, se usa la siguiente expresión:

$$r_{tag} = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_t G_t G_p \tau}{P_{th}}}$$

Dónde  $r_{tag}$  es la distancia que buscamos,  $\lambda$  es la longitud de onda (que se puede calcular como  $\lambda=c/f$ , donde  $c$  es la velocidad de la luz en el vacío, y  $f$  la frecuencia de emisión),  $P_t$  es la potencia de transmisión del lector,  $G_t$  es la

ganancia de antena,  $G_p$  es la ganancia de la antena,  $\tau$  es el coeficiente de transmisión de potencia y  $P_{th}$  es la potencia mínima (o sensibilidad) para que la etiqueta funcione.

Estos parámetros pueden adquirir distintos valores en función de las características de los elementos del sistema RFID y su configuración:

- Longitud de onda de la señal emitida:  $\lambda = \frac{c}{f}$

Dónde  $c$  es la velocidad de la luz ( $3 \cdot 10^8$  m/s) y  $f$  la frecuencia de emisión expresada en Hz.

- Potencia y ganancia de la antena interrogadora:  $P_t$  y  $G_t$

La potencia de emisión es un valor que afecta directamente a la distancia de detección y está amplificada por la ganancia de la antena interrogadora. Del producto de ambos factores expresados en W resulta la potencia real de salida.

- Ganancia de la antena de la etiqueta:  $G_r$

Es el nivel de amplificación o atenuación de la señal producida por la antena de la etiqueta medida en dB. Las etiquetas de menor coste pueden llegar a atenuar la señal mientras que hay TAG activos capaces de aportar ganancias superiores a 3dB.

- Coeficiente de transmisión de potencia:  $\tau$

Calidad de la comunicación entre la antena y el chip que forman la estructura básica de la etiqueta. Este factor es único en cada chip pero pueden encontrarse tres grandes grupos de comportamiento, 0dB, -3dB o -6dB.

- Sensibilidad de la etiqueta receptora:  $P_{th}$

Es la potencia mínima que debe recibir la etiqueta para poder responder a la pregunta. En el caso de este proyecto se usarán etiquetas pasivas, de manera que  $P_{th}$  es la potencia que necesita la etiqueta, como mínimo, para poder establecer comunicación con el lector y enviar su información contenida.

De todos modos, los propios fabricantes de estos tipos de tecnología ya especifican en las hojas de producto de los componentes todas las especificaciones sobre el producto, incluyendo frecuencias de operación, rangos de temperaturas de operación, y rangos de lectura, entre otras características. Antes de proceder a la instalación práctica de las antenas se deberán hacer las comprobaciones necesarias de que el sistema de detección funciona a las distancias especificadas o necesarias para las detecciones en las distintas zonas de paso del hospital.

## 2.3 Entorno hospitalario

Con el fin de aportar una visión de cuáles son las zonas o bloques clínicos del hospital en los que se tendrá que actuar de manera más meticulosa en la posible implantación del sistema de identificación propuesto en este proyecto, a continuación se presenta una breve descripción de cada una de estas zonas clínicas con las características y posibles restricciones que presenten.

### **Bloque quirúrgico**

La presencia de pacientes sometidos a cirugía hace que este tenga que ser un bloque extremadamente controlado en cuanto a la suciedad y la contaminación, debido al alto riesgo de contagio o complicación quirúrgica que puede causar al paciente una incorrecta limpieza del área quirúrgica.

Por este motivo, es necesario que la instalación de las antenas en este bloque se haga de tal manera que no entorpezcan el trabajo normal del personal quirúrgico. También debe evitar que su colocación comporte acumulaciones de polvo o partículas en suspensión, y que en todo caso sean fáciles de limpiar. Además, se deberá comprobar que la comunicación por radiofrecuencia entre antenas no interfiera de ninguna manera con los sistemas y equipos electrónicos ubicados en los quirófanos.

### **Esterilización**

Esta es el área del hospital dónde se esteriliza todo el material usado en quirófanos para las distintas operaciones, de manera que es considerada una zona tan limpia como la del bloque quirúrgico, de manera que las restricciones serán prácticamente las mismas.

El funcionamiento de la zona de esterilización implica que las herramientas que han de ser esterilizadas, no pueden contener en ellas mismas ningún tipo de etiqueta, ya que se estropearía con el esterilizado. Sin embargo, se puede estudiar la viabilidad de un proceso en el que un conjunto de instrumental quirúrgico (asignado por ejemplo a un cirujano, o a un quirófano en concreto) se englobe en un sistema de cajón único en el que sólo podría salir de la zona de esterilización si se verifica que contiene todo el instrumental ya esterilizado, de manera que se podría etiquetar el cajón en si con la información del instrumental que contiene.

### **Hemodinámica y diagnóstico por la imagen**

Estos departamentos se caracterizan por el uso de equipos que basan su funcionamiento en la emisión/recepción de energía en distintas tipologías, longitudes de onda e intensidad.

Por tanto se deberá verificar en todo momento, que las emisiones de dichos equipos no afecten al sistema de localización de equipos y viceversa.

## **Oncología**

Este departamento trabaja con material radioactivo. Este material por su naturaleza, requiere de instalaciones aisladas, así como receptáculos específicos. En caso de utilizar la tecnología RFID, que base su localización en la emisión/recepción de energía, se deberá tener en cuenta la existencia de dichos aislamientos y pantallas así como la propia emisión de los radiofármacos y equipos de terapia oncológica.

## **Neonatos y UCI**

En estas zonas se encuentran pacientes que requieren un control especial, que en general presentan condiciones débiles o de soporte vital, con equipos de monitorización de constantes vitales y que requieren un control especial. Cualquier equipo que trabaje emitiendo energía, puede producir ruido o artefactos en la señal y ocultar datos vitales o provocar falsas lecturas.

## **Departamento de Electromedicina**

En este departamento es donde se tratan las incidencias producidas en los diferentes equipos del hospital, de manera que es un bloque muy importante a la hora de diseñar un sistema de identificación por radiofrecuencia, ya que se produce una gran cantidad de entradas y salidas de material. También es el departamento desde el cual se envían los equipos que se tienen que reparar fuera del hospital, así como el sitio de entrega de material nuevo o reparado. Básicamente es el departamento que se encarga de gestionar el mantenimiento y las reparaciones de los equipos en funcionamiento dentro del centro médico.

Para trabajar de manera organizada se utilizan diversos programas de gestión de datos que permiten llevar un control de donde debería estar cada equipo, de donde vino, y a donde debe ir. Esto presenta problemas de robustez por su incapacidad de asegurar si el equipo se encuentra en la ubicación correcta o su procedencia real, motivo principal por el cual se propuso la realización del presente proyecto.

## **Urgencias**

Es el bloque sin descanso y sin horarios, se produce o se puede producir en todo momento movimiento de equipos, personal y pacientes, con lo que se deberán acotar muy bien las zonas de paso que se tengan que controlar en este bloque. En cuanto a la detección de salida de equipos, el sistema deberá comprobar en los instantes siguientes si se encuentra en alguna zona de hospitalización, o en algún otro bloque, a fin de tener dicho equipo controlado.

## **Hospitalización**

Es el bloque, a priori, más tranquilo, dónde en general, tanto equipos como personal como pacientes tienen menos movimientos dentro del hospital y por tanto es el bloque donde menos restricciones se tendrán que tener en cuenta.

Se pondrá especial atención a los equipos que entran y salgan de zonas de pacientes infecciosos, con el objetivo de evitar que esos equipos entren en contacto con algún otro paciente antes de ser correctamente limpiado.

## 2.4 Seguridad del sistema RFID

### 2.4.1 Seguridad electromagnética

Hay que tener en cuenta que la tecnología RFID usa ondas de radio, y que por tanto hay que incluir el estudio de los posibles impactos que tienen las radiaciones generadas sobre el hombre.

Cuando se estudia llevar a cabo el uso de transmisores en el que intervienen ondas de radio, hay varios factores principales a tener en cuenta. El más importante es la potencia con la que opera el transmisor.

Para estudiar el impacto que recibe el tejido humano por los dispositivos de radiofrecuencia como los descritos en este Proyecto, se usa básicamente el SAR (Specific Absorption Rate). El SAR, o *Tasa de Absorción Específica* es la medida más útil para los sistemas que van a ser utilizados cerca del cuerpo, y es una medida de potencia que se introduce en el cuerpo. Su unidad de medida es el Watt por kilogramo de tejido (W/kg).

Para hacernos una idea, la tasa de exposición estándar para dispositivos móviles en Europa tiene como límite 2 W/kg de tejido humano, promediados sobre 10 gramos de tejido, y en EEUU se establece una tasa de 1,6 W/kg medidos en 1 gramo de tejido. En todo caso se calcula que la media de SAR está por debajo de 1 W/kg.

Otro factor que afecta a la seguridad electromagnética cuando se trata de identificación por radiofrecuencia es la distancia del cuerpo al dispositivo, ya que la potencia emitida por una antena se atenúa con la distancia.

### 2.4.2 Seguridad en la mejora de la privacidad

Hay que tener en cuenta que, aunque la utilización de la tecnología RFID en un entorno hospitalario está claramente destinado al control y trazabilidad internos tanto de equipos y material, como de personas, también pueden existir riesgos contra la privacidad de las personas. Los temas especialmente susceptibles relacionados con la tecnología RFID son:

- Capacidad de una etiqueta de ser leída a distancia sin la percepción del individuo
- Posibilidad de revelar información sensible de personas a través de interferencias y/o lecturas no autorizadas.
- Hacer seguimiento no autorizado de un sistema RFID.

Para ello existen un conjunto de medidas que previenen la estabilidad y la seguridad de los sistemas, y mejoran la privacidad de las personas:

1. Notificación del uso de la tecnología RFID a los usuarios

En las medidas elaboradas por la Comisión Europea se incluye la necesidad de informar a los usuarios del uso de tecnología RFID, de manera directa e inequívoca, incluyendo un símbolo patentado y fácilmente identificable.



*Figura 1.2 Simbología RFID*

2. Notificación al usuario del acceso de datos

Siempre que se proceda al acceso de datos en las etiquetas que estén relacionados con el usuario.

3. Política de privacidad

Se necesita tener una regulación sobre el tipo de operaciones que se van a realizar con los datos del usuario además de facilitar el acceso a esta política a los propios usuarios.

4. Modificación y eliminación de datos

El usuario tiene derecho a modificar y eliminar los datos que constan en los sistemas. En el caso de que la información sea crítica, como es el caso de los datos que pueda contener una etiqueta RFID colocada en una pulsera de paciente, los datos deberán ser eliminados de la etiqueta una vez salga del control del hospital.

5. Personal

El personal que esté a cargo de las operaciones con RFID debe estar adecuadamente formado en las cuestiones que estos sistemas engloban, ofreciendo también un entorno y un uso más seguro por medio de su supervisión.

6. Eliminación de las etiquetas

Una vez acabado el uso para el cual están destinadas las etiquetas, éstas deben ser eliminadas para acabar cualquier tipo de vínculo que pueda existir entre la etiqueta y el usuario, con el fin de evitar posibles creaciones de perfiles de usuario, o manejo de datos no autorizado, como el rastreo.

#### 7. Realización de auditorías y mantenimientos periódicos

Es la única manera de evaluar y garantizar un sistema o servicio más seguro.

## 2.5 Seguridad hospitalaria

Además de los conceptos de seguridad aplicables al uso en sí de las etiquetas y receptores de emisión de radiofrecuencia, también se puede hablar de la seguridad que comporta la instalación de dichos elementos, o de los factores en que su instalación puede hacer aumentar la seguridad dentro del recinto hospitalario.

Por ejemplo, con nuestro sistema se puede asegurar que un equipo con un parte de incidencia abierto no se encuentre ubicado en ninguna ubicación donde pudiese ser usado sobre algún paciente, y si no se encuentra en el departamento de electromedicina para ser revisado o enviado, enviar en seguida a uno de los técnicos a buscar dicho equipo.

El ejemplo más claro de la seguridad que supone la implantación de un sistema de identificación como el propuesto en este proyecto respecto a los elementos y equipos del propio hospital, es la validación por cada zona de paso de los elementos que incorporen una etiqueta RFID, de manera que se puede obtener la trazabilidad de estos elementos, y conocer con exactitud su última validación, correspondiendo con la ubicación real de cada elemento en cada instante de tiempo.

## 2.6 Trazabilidad

Al implementar un sistema de trazabilidad de elementos en un centro hospitalario se pueden obtener varios beneficios a nivel logístico y organizativo del hospital, a parte de los ya mencionados en aspectos de seguridad.

Muchos de los pacientes que ingresan tienen su probabilidad de supervivencia o tasa de recuperación asociados directamente al tiempo de respuesta del personal.

Si el normal funcionamiento de los protocolos de actuación que garantizan estos procesos se ven interrumpidos por problemas derivados de la pérdida de equipos, coordinación entre servicios poco eficiente o por el desconocimiento del estado de una reparación no se puede garantizar la mejor atención para ese paciente.

Con un sistema de trazabilidad robusto, muchos problemas como estos no podrían ocurrir y por tanto se mejorarían los tiempos de actuación y respuesta del personal sanitario resultando en una mejora en la calidad del cuidado al paciente, así como más tiempo de atención y cuidado del paciente por parte del personal médico.

Entrando en temas de mejora logística, el poder registrar las frecuencias de uso, recorrido del equipo durante la jornada, duración de cada uso, permitiría elaborar unos excelentes planes de mantenimiento, localización de puntos negros donde ya sea por mal uso o por intensidad de uso, los equipos sufren más desgaste y combinado con el sistema de registro de incidencias, se puede incluso evaluar la calidad de las reparaciones, evaluar su relación coste-eficiencia y diseñar mejores planes de distribución de los equipos para mejorar su vida útil y poder prever las averías antes de que ocurran.

Por último pero no por ello menos importante, un hospital público dispone de un presupuesto limitado y una buena gestión económica implica poder tratar a más pacientes y con mejores resultados.

Si se combinan la mejora en seguridad, las mejoras en los tiempos de procesos y la obtención de información se puede traducir la implementación de un sistema de trazabilidad como una reducción de costes a medio plazo y por tanto mayores recursos para ofrecer la mejor calidad de servicio médico.

## 2.7 Nodos y entornos

Las principales secciones o zonas del entorno hospitalario se dividen en diferentes nodos, de manera que cada nodo comparta características similares y pueda ser tratado de la misma manera en el momento de evaluar el efecto de la emisión y recepción por radiofrecuencia:

- **Nodo clínico:** Sus características son únicas, la presencia de pacientes en diferentes niveles de vulnerabilidad con equipos de todo tipo y muy sensibles ante pulsos electromagnéticos exige unos niveles de seguridad elevados y un control riguroso. Corresponde a los bloques descritos en el apartado de entorno hospitalario.
- **Nodo industrial:** Las características son las mismas que las de cualquier entorno industrial. La trazabilidad no supone un problema extra, y tampoco exige unos niveles tan altos de seguridad y control del sistema, ya que no se encuentra rodeado de pacientes o equipos susceptibles o vulnerables. Como ejemplos del nodo industrial en un entorno hospitalario encontramos el almacén general, o incluso el departamento de farmacia, que funciona independientemente de la actividad clínica del hospital, y se relacionan únicamente en el subministro de fármacos necesarios en el entorno clínico.
- **Nodo administrativo:** Este entorno no se requiere trazar elementos pero sí que toda la información recogida sea transmitida de manera eficiente por tanto carecerá de elementos de detección pero abundarán los puntos de acceso a la base de datos.

- Vías de entradas y salidas: Estas zonas de paso son las que delimitan el entorno hospitalario con el exterior. Como tanto la instalación como la desactivación de las etiquetas en los elementos que entren o salgan del hospital se realizará en Electromedicina, y la intención del proyecto es la de controlar los elementos internos del hospital, se decide que no se van a instalar antenas de detección en estas zonas de paso, ya que se concluye que no servirían para tener un control de los elementos que se mueven dentro del centro.

Los conceptos teóricos explicados en este capítulo, así como el estudio detallado del espacio de las zonas donde se vayan a instalar las antenas de detección serán fundamentales a la hora de diseñar el sistema que permita mantener la trazabilidad y el control de estos elementos.

# **CAPÍTULO 3: NORMATIVA**

En este capítulo se hablará de las normativas, directivas o disposiciones legales en general que afectan, ya sea de manera directa o indirecta, todo el entorno de la tecnología RFID y de su implantación en el centro hospitalario.

## **3.1 Introducción a la Normativa**

Este proyecto se desarrolla dentro de las fronteras físicas de España, país miembro de la Unión Europea, lo que significa que los componentes que se usen, así como el estudio de su aplicabilidad o implementación deberán cumplir todas las normativas relacionadas, ya sean nacionales o a nivel europeo, cumpliendo siempre con los requisitos más restrictivos en caso de que una misma normativa tenga especificaciones diferentes en función de su procedencia.

La tecnología usada en este proyecto se basa en el uso de radiofrecuencias, quedando regulada por toda normativa relacionada con la emisión de radiofrecuencia.

El emplazamiento del proyecto se desarrolla dentro de un centro hospitalario, con que deberá comprobarse que ninguna normativa específica regule de manera más restrictiva las normativas específicas del uso de RFID. Por ejemplo, la presencia de equipos de soporte vital hace necesaria la comprobación de cualquier normativa asociada para evitar cualquier tipo de interferencia, que en caso de que se produjese podría resultar fatal para el paciente conectado.

La exposición de personas a la radiación emitida por las antenas implica el cumplimiento de las normativas de protección ante radiaciones no ionizantes.

## 3.2 Estandarización

Los estándares RFID abordan 4 áreas fundamentales:

- Protocolo en el interfaz aéreo: especifica el modo en el que se comunican las etiquetas y los lectores mediante radiofrecuencia.
- Contenido de los datos: especifica el formato (lenguaje, semántica) de los datos que se transmiten.
- Certificación: Pruebas que los productos deben superar para garantizar que cumplen los distintos estándares y que pueden interoperar con otros dispositivos.
- Aplicaciones: usos de los sistemas RFID

La estandarización en el campo RFID se caracteriza por la existencia de varios grupos de especificaciones. Por una parte esta la ISO, y por otra la Auto-ID Centre, conocida como EPCglobal, de EPC (*Electronic Product Code*).

Por su parte, ISO ha desarrollado estándares de RFID para la identificación automática y la gestión de objetos. Existen varios estándares relacionados, como ISO 10536 e ISO 15691, pero la serie de estándares estrictamente relacionada con la tecnología RFID y las frecuencias empleadas en dichos sistemas es la serie 18000.

Por otra parte, EPC ha desarrollado una amplia gama de estándares, enfocados a la cadena de suministro. Definen la metodología para la interfaz aérea así como el formato de los datos almacenados en una etiqueta RFID. EPC es un esquema de identificación de objetos físicos de manera universal por medio de etiquetas RFID. Este código de EPC puede identificar al fabricante, producto, versión y número de serie, con dígitos extra para identificar objetos únicos. Además, EPC global ha trabajado con un estándar internacional para el uso de RFID y EPC, llamado Gen 2, que se define como los requerimientos físicos y lógicos de un sistema RFID de lectores y etiquetas pasivas, operando en el rango de 860 – 960 MHz (UHF).

### Norma ISO 18000: RFID Air interface Standards

La ISO/IEC 18000 son los estándares relativos a la interfaz aérea de los sistemas de identificación por radiofrecuencia. La serie 18000 especifica las interacciones físicas entre las etiquetas y los lectores, los comandos y procedimientos operacionales de las etiquetas y los lectores, y el esquema de arbitraje de colisiones que se usa para identificar una etiqueta específica en un entorno de múltiples etiquetas. Cada una de las partes en que se divide corresponde a un rango de la interfaz por aire:

- 18000-1: sobre los parámetros generales de la interfaz del aire para las frecuencias que son usadas y aceptadas de forma global.
- 18000-2: especificaciones y parametrización de la interfaz del aire con frecuencias por debajo de los 135 kHz.

- 18000-3: especificaciones y parametrización de la interfaz del aire con frecuencias que se encuentran en torno a los 13,56 MHz.
- 18000-4: parámetros de las comunicaciones por la interfaz del aire a 2,45 GHz.
- 18000-5: hacía referencia a las comunicaciones realizadas a 5,8 GHz, actualmente retirada.
- **18000-6: Parametrización de las comunicaciones realizadas por la interfaz del aire en el rango de frecuencias 860 – 960 MHz.**
- 18000-7: Parámetros de las comunicaciones por la interfaz del aire a 433 MHz.

### Norma ISO 10536

La norma ISO 10536 es una norma más genérica de las tarjetas de identificación con circuitos integrados sin contacto. En ella se especifica las dimensiones, localización, naturaleza y asignación de cada una de las áreas de acoplamiento que deben ser proporcionadas para interconectar los dispositivos de acoplamiento con el circuito integrado sin contacto.

### Norma ISO 15961

El protocolo de datos usado para intercambiar la información en la tecnología RFID está especificado en las ISOs 15961 y 15962.

La ISO 15961 está dedicada a la interfaz de aplicación de los sistemas RFID, incluyendo protocolos de datos, y la gestión de artículos. Abarca los siguientes aspectos:

- Interfaz de la información con el sistema de aplicación.
- Tratamiento de datos y presentación de los mismos en la etiqueta RFID.
- Tratamiento inicial de los datos capturados en una tarjeta RFID.
- Directrices sobre cómo presentar los datos como objetos.
- Definición de la estructura de la identificación de objetos.
- Especificación de comandos compatibles con la transferencia de datos entre la aplicación y la etiqueta RFID.
- Especificación de las respuestas compatibles para la transferencia de datos entre la tarjeta RFID y la aplicación.
- Especificación de la sintaxis en la transferencia.
- Referencia para el desarrollo de software adecuado.

### Norma ISO 15962

La ISO 15962 se centra en la codificación de la sintaxis de la transferencia de información, definida en la ISO 15961. Esta codificación se realiza en una memoria lógica como un análogo de software de la memoria física de la etiqueta RFID, siendo tratada por el lector. Abarca los siguientes puntos:

- Define la estructura codificada de los identificadores de los elementos.
- Especifica las reglas de compresión de datos que se aplican a los datos codificados.
- Especifica un precursor para la sintaxis de codificación de características de manera eficiente.
- Especifica las reglas de formato para los datos.
- Define cómo se dan los órdenes desde la aplicación.
- Especifica procesos asociados con la información y las transferencias a los *drivers* de la etiqueta.
- Define otras comunicaciones con la aplicación.

### Norma ISO 15963

Esta ISO describe los sistemas de (auto) numeración que están disponibles para la identificación de etiquetas de radiofrecuencia. La identificación única puede usarse para la trazabilidad del circuito integrado de la etiqueta para controles de calidad durante el proceso de fabricación, para trazabilidad de la etiqueta durante su tiempo de vida así como para el elemento al cual esté unido, para la finalización de la lectura en una configuración multi-antena, y para el mecanismo anticolidión en el inventario del lector en un entorno de múltiples etiquetas.

## 3.3 Regulaciones sobre la potencia de emisión

Según la Directiva 1999/5/CE transpuesta en el Real Decreto 1890/2000, de obligado cumplimiento para las emisiones de radiofrecuencia, en ningún caso se podrá superar una potencia de emisión por antena superior a los 2W (33 dBm) para los sistemas de radiofrecuencia que emitan dentro del territorio europeo. No obstante, la presencia de equipos de soporte vital dentro del entorno en el que se quiere emitir implica el cumplimiento del estándar IEC 60601-1-2, de la Comisión Electrotécnica Internacional. Esta establece que la distancia mínima recomendada ante emisiones de 1W sea de 2,3 metros.

Con todo, se trata tan solo de una recomendación, y el parámetro que debe asegurarse de manera obligatoria para cumplir con la norma de compatibilidad electromagnética respecto otros equipos es la intensidad de pico del campo generada.

*Tabla 3.1 Niveles máximos de intensidad de campo según el estándar IEC 60601-1-2*

Rango de Frecuencia	Nivel de inmunidad	
	Equipo de soporte vital	Equipo de no soporte vital
<b>RF Conducida (150 kHz-80 MHz)</b>	10 V (rms)	3 V (rms)
<b>RF Irradiada (80 MHz-2,5GHz)</b>	10 V/m	3 V/m

Por tanto, se deberá verificar que en los equipos que no son de soporte vital no se supere una intensidad de campo superior a los 10V/m, pero el parámetro más restrictivo es la intensidad de los equipos de soporte vital, que establece el límite a 3V/m.

En todo caso, hay que tener en cuenta que en el funcionamiento normal del hospital, al tratarse de zonas de paso no se hallarán equipos estáticos en nuestros puntos de detección, sino que la detección se realizará en un instante concreto de tiempo.

#### *Límites de exposición sobre personas*

En cuanto a los límites de exposición sobre personas deberá aplicarse el límite más restrictivo, que en el caso de un hospital es el establecida para el público general, o exposición no controlada, ya que la exposición controlada o ocupacional, que es la que se define como la exposición conocida por los sujetos sólo sería aplicable para el personal del hospital, pero no para los pacientes o visitantes.

Estos límites los establece el Real Decreto 1066/2001 y la Directiva 1999/519/CE, y consisten en una serie de parámetros límite con tal de asegurar en todo momento que el equipo emisor de radiofrecuencias no afecta de manera negativa al público.

*Tabla 3.2 Tabla de restricciones sobre campos electromagnéticos presente en el real decreto 1066/2001 ANEXO II*

Gama de frecuencia	SAR medio de cuerpo entero (W/kg)	SAR localizado (cabeza y tronco) (W/kg)	SAR localizado (miembros) (W/kg)
<b>0 Hz</b>	-	-	-
<b>&gt;0-1 Hz</b>	-	-	-
<b>1-4 Hz</b>	-	-	-
<b>4-1000 Hz</b>	-	-	-
<b>1-100 kHz</b>	-	-	-
<b>100 kHz-10 MHz</b>	0,08	2	4
<b>10 MHz-10 GHz</b>	0,08	2	4
<b>10-300 GHz</b>	-	-	-

Tabla 3.3 Niveles de referencia para campos electromagnéticos presente en el real decreto 1066/2001 ANEXO II

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B ( $\mu$ T)
0,8-3 kHz	250/f	5	6,25
3-150 kHz	87	5	6,25
0,15-1 MHz	87	0,73/f	0,92/f
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	0,73/f	0,92/f
10-400 MHz	28	0,73/f	0,092
400-2000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$
2-300 GHz	61	0,16	0,20

Con tal de verificar que nuestro sistema cumple con estas restricciones se deberán hacer las comprobaciones pertinentes para comprobar que los valores obtenidos no superan los límites expresados en las tablas 3.1, 3.2 y 3.3. Se deberán tener en cuenta factores importantes como la atenuación de la potencia por efecto de la distancia a la que se encuentra el individuo, así como la altura y peso de este. Para simplificar los cálculos se usarán valores relativamente extremos: se calcularán sobre individuos altos (más cerca de la fuente de emisión que los bajos) pero delgados (menos masa corporal por la que dispersar la radiación). Los valores que se van a usar son individuos tipo de 2 m de altura y 50 Kg de peso (IMC = 12,5). De esta manera se asegurará que si los resultados para los valores extremos cumplen con los límites establecidos por las leyes, también lo harán los valores más normales (IMC > 16).

# **CAPÍTULO 4: TECNOLOGÍA Y PROPIEDADES RFID**

En este capítulo se realizará la descripción técnica de los componentes del sistema RFID, así como una evaluación del cálculo del sistema propuesto dentro del hospital, con el objetivo de validar que los valores obtenidos cumplen con las legislaciones vigentes.

## **4.1 Descripción técnica de los componentes**

Los componentes que han sido escogidos para la realización de este proyecto se han seleccionado de manera que tengan un funcionamiento eficiente y conformen un sistema robusto para poder adaptarse a los escenarios que se plantearán en este proyecto. Sin embargo, muchas de las características técnicas de estos componentes pueden mejorarse asumiendo unos costes mayores.

Durante el estudio inicial de los tipos y marcas de los componentes del sistema RFID disponibles en el mercado, se optó por escoger lectores con un mínimo de 4 puertos de antena, y se decidió que lo conveniente sería escoger los tres elementos (etiqueta, lector y antena) de la misma marca, con el fin de evitar problemas de comunicación entre ellos, y evitar problemas de integración informática en el momento de su implementación práctica.

Después del estudio inicial, y de manera que cumpliesen los requisitos mencionados, se optó por escoger los siguientes componentes:

#### 4.1.1 Etiqueta Intermec IT76

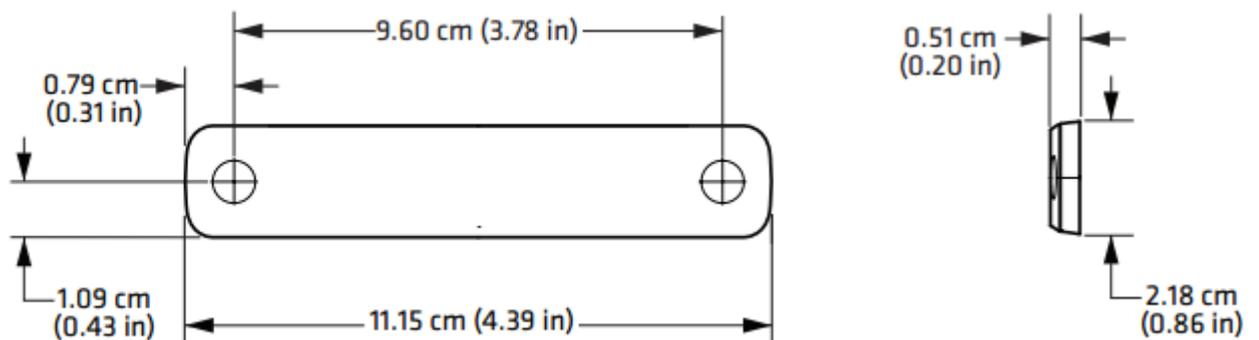


*Figura 4.1 Etiqueta Intermec IT76*

Esta etiqueta es la que servirá para marcar los elementos a los que se les pretende controlar su trazabilidad, de tal forma que conociendo su posición y sus posiciones anteriores se pueda obtener una trazabilidad concreta del equipo sobre el que están unidas. Las etiquetas se van a unir al equipo o elemento que sea mediante dos tornillos, uno en cada punta de la etiqueta, o en su defecto y siempre que no sea posible la unión mediante tornillos, etiqueta y elemento a marcar se unirán mediante una tira adhesiva potente.

La *IT76* trata de una etiqueta pasiva indicada para trabajar en el rango de frecuencias europeas ETSI (865 – 867 MHz), y especialmente validada para trabajar sobre superficies metálicas.

#### *Dimensiones de la etiqueta*



*Figura 4.2 Dimensiones de la etiqueta Intermec IT76*

### *Características técnicas y especificaciones de la etiqueta*

- Incorpora un chip de modulación/demodulación *Imping* de la serie *Monza 4QT*, con tecnología de antena *True3D*, con puertos de antenas dual-diferencial, que permiten una emisión omnidireccional, mejorando la lectura por parte del lector. Tiene una capacidad de 512 bits de memoria destinados a usuario, 128 bits destinados a rutinas de identificación EPC.
- La antena trabaja siguiendo el protocolo ISO 18000-6C que regula la ventana temporal de emisión, así como la frecuencia y los algoritmos anti-colisión de lecturas.
- Opera a una frecuencia de 865 MHz.
- Soporta un rango de temperatura en estado operativo de -40°C hasta 85°C.
- Tiene un rango típico de lectura de 6 metros.
- Se trata de una etiqueta WMRM (*Write Many Read Many*), con capacidad de reescritura de hasta 10.000 veces.
- La etiqueta tiene un nivel de seguridad IP67, resistente a la entrada de partículas sólidas y a la inmersión en agua durante tres minutos sin ningún tipo de filtración.

#### *4.1.2 Lector Intermec IF2*

La función del lector es la de interrogar en el entorno donde se encuentren las antenas de emisión que regula, de manera que al detectar una etiqueta en su entorno, se establezca una comunicación entre ambos elementos y el lector pueda recoger la información y la posición de la etiqueta detectada, y enviarlas al sistema de procesamiento de datos que controla el sistema con el fin de integrar la información conocida en una base de datos.



*Figura 4.3 Lector Intermec IF2*

Igual que con los demás componentes del sistema existen diferentes niveles de complejidad y potencial de lectores. Para este proyecto se ha escogido el *IF2*,

que no tiene capacidad para gestionar programas lógicos complejos, pero sí permite regular la potencia de emisión de las antenas, la frecuencia de emisión de las mismas dentro de los límites establecidos y puede programarse para que haga emitir una antena concreta ante una señal de entrada.

*Características técnicas y especificaciones del lector:*

- Dimensiones: 19 cm x 16,5 cm x 4,5 cm
- Peso: 1 kg.
- indicaciones de estado por LED: Servicio de RFID, encendido, PoE, Ethernet, detección de etiquetas y conexión al puerto de antena.
- Temperatura de funcionamiento: de -20°C a 50°C
- Comunicaciones: 10/100 BaseT Ethernet RS-232, USB para configuración
- Alimentación de entrada: PoE (*Power over Ethernet*, consiste en la alimentación a través del mismo cable Ethernet que se utiliza para las conexiones de red del hospital), opción de entrada de CC (necesita el adaptador opcional *Intermec*).
- Conexiones de antena: 4 puertos de antena
- Potencia de emisión: de 1 dBm a 30 dBm (1mW a 1W) configurable en pasos de 1 dBm (calibrada por encima de 9 dBm)
- Rangos de frecuencia ETSI: 865 – 868 MHz (configurado en fábrica)
- Opciones de memoria: 96 Mb de memoria de aplicación. 96 Mb para almacenamiento de datos, 64 Mb de RAM.
- Capacidad de lectura: >200 etiquetas/segundo
- Protocolos de etiquetas pasivas aceptados: ISO 18000-6B y ISO 18000-6C (protocolo UHF que siguen las etiquetas IT76 escogidas con el sistema identificador EPCGlobal UHF Clase 1 Generación 2)
- Seguridad: Certificado IEC/UL 60950-1 para equipos de telecomunicaciones, FIPS 140-2 para protocolos HTTPS.

#### *4.1.3 Antena Intermec IA33D*

Esta es la antena con la que se emitirá el haz de emisión indicada por el lector, de manera que pueda detectar las etiquetas que se encuentren en su entorno. Su colocación en las zonas de paso en que se instalen debe permitir la detección de todos los elementos marcados que pasen por debajo de la zona de paso en cuestión.

Para que la comunicación entre etiqueta y la antena del lector sea eficiente el factor determinante es la coincidencia de polarización entre la antena de la etiqueta y la del lector. En la antena *IE33D* la polarización es circular, maximizando la capacidad de detección de etiquetas.



*Figura 4.4 Antena Intermec IF2*

*Características técnicas y especificaciones de la antena:*

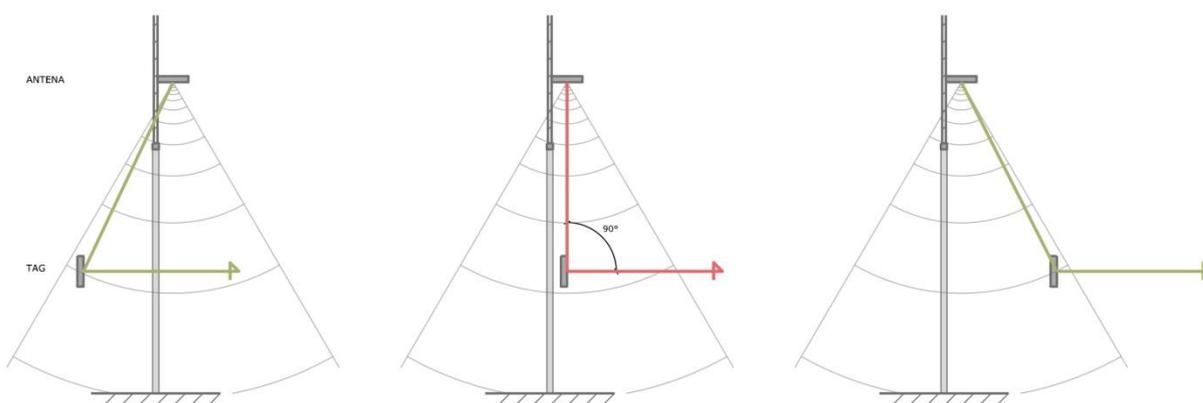
- Dimensiones: 19,5 cm x 19,5 cm x 2,5 cm
- Peso de la antena: 1,4 kg.
- Rangos de frecuencia de operación: 865 – 870 MHz
- Rangos de temperatura de operación: Desde -25°C hasta 55°C
- Ganancia de la antena: 6 dBi
- Ancho de haz: 66° en plano H / 82° en plano E (a media potencia)
- Máxima potencia de entrada: 10 W
- Grado de seguridad IP66, resistente a la entrada de partículas sólidas y líquidas.

En los anexos de este proyecto se pueden consultar las hojas de producto de los componentes seleccionados.

## 4.2 Posicionamiento de las antenas

Se define como "zona de paso" la superficie delimitada por los marcos laterales y superiores de las puertas o pasillos, y donde se asegurará la correcta detección y lectura de las etiquetas que atraviesen la zona de paso con la colocación del número pertinente de antenas.

Como punto de inicio se buscarán los posibles puntos ciegos existentes en la detección. Una etiqueta resulta invisible para el lector cuando su vector normal forma un ángulo de  $90^\circ$  con el normal de la antena de emisión, con lo que se descartaría la opción de poner una única antena en el caso que se tratase de identificación de elementos estáticos, pero al tratarse de *zonas de paso* implica movimiento de los elementos, lo que significa que en el peor de los casos los ángulos normales de las antenas pueden formar un ángulo de  $90^\circ$  en un instante concreto, pero nunca en la totalidad del tiempo que tarde un elemento en pasar por el volumen de emisión que genera la antena del lector en la zona de paso correspondiente.



*Figura 4.5 Esquemmatización en sección de la detección en una zona de paso*

De modo que, siempre que la geometría espacial lo permita, se colocarán las antenas por encima de los marcos de las puertas, o en el techo de los pasillos para que el haz de emisión de estas ocupe el espacio de detección de las zonas de paso.

En casos especiales donde haya puertas muy grandes (anchas) o techos muy bajos se estudiará la colocación de dos o más antenas en el perímetro de las zonas de paso a implementar la detección.

Las antenas se colocarán en soportes que permitan un cierto ángulo de giro, para poder enfocar el haz de emisión de las antenas con el mejor ángulo posible respecto su vertical para realizar la detección de los elementos que atraviesen la zona de paso.

Los soportes se instalarán en los techos de los pasillos, o por encima de los marcos de las puertas, y se colocaran, siempre que se pueda, en el exterior de las habitaciones o espacios que delimiten los marcos de las puertas. Con esto se pretende evitar la detección de un elemento que, por el motivo que sea, se mueve dentro de la misma habitación, pero que no es trasladado a ninguna otra ubicación del recinto hospitalario.

Las antenas se colocarán, como mínimo, a 35 cm del marco superior de las puertas o zonas de paso por dos motivos principales: el primero, para asegurar que el haz de emisión cubre la totalidad de la zona de paso, y el segundo para evitar que las emisiones de radiofrecuencia se encuentren muy cerca de los elementos o personas que pasen por debajo, haciendo más robusta la seguridad del sistema.

## 4.3 Cálculo del sistema y comprobación de los valores obtenidos

Para no superar el límite de potencia de emisión establecido en 2W (equivalentes a 33 dB), se tendrá que tener en cuenta tanto la potencia de emisión por parte del lector, como la ganancia de la antena.

Si el lector emite a máxima potencia, 30 dBm, y se le suma la ganancia de la antena, 6 dBi, en conjunto se supera el límite establecido: 36 dB equivalen a 4W, por lo que se decide que la potencia máxima de emisión por parte del lector no debe superar los 27 dBm, ya que al sumarle la ganancia de la antena se llegaría al límite establecido de 33 dB o 2W.

Suponiendo una emisión máxima de 2W, el SAR o Tasa de Absorción Específica es de 0,04 W/kg siendo inferior al límite establecido de 0,08 W/kg (promediados en todo el cuerpo de 50 kg) para el rango de frecuencias de trabajo de la tecnología RFID. Además, este valor no tiene en cuenta la distancia al foco de emisión, que está a un mínimo de 45 cm sobre el individuo propuesto de 2 metros ya que la antena se sitúa a un mínimo de 2,45 metros del suelo (2,10 m de altura de puerta + 35 cm de distancia a la antena).

En cuanto a la intensidad de pico generada por la emisión a máxima potencia resulta un campo de 15 V/m a 25 cm del emisor (distancia que queda 10 cm por encima del marco de la puerta), inferior al límite para el público general (límite más restrictivo que el del personal del hospital) que se establece en 40 V/m según la normativa. Sin embargo, supera el límite establecido tanto para equipos de soporte vital (10 V/m) como el de equipos que no son de soporte vital (3V/m). Esto tampoco supone una problemática real, porque los equipos van a pasar a más de 25 cm del foco emisor de la antena, además van a recibir pulsos de emisión en un instante concreto de tiempo, sin la posibilidad de poder promediar un valor más exacto en el tiempo. Con todo, siempre se puede reducir la potencia de emisión por parte del conjunto lector-antena, suponiendo una pequeña disminución en la distancia de detección por parte de las antenas, pero siempre abarcando toda la superficie de la zona de paso (al reducir la potencia de emisión a 0,25W la distancia de detección es de 2,45 m).

## 4.4 Aspectos de seguridad

Con el objetivo de mejorar la seguridad en cuanto a las emisiones sobre las personas o los equipos, se debe avisar a todas las personas que las zonas de paso con antenas instaladas son zonas de emisiones de radiofrecuencia, quedando prohibido estacionar en esas zonas, así como la de dejar equipos permanentemente debajo de las zonas de detección por periodos prolongados de

tiempo. Estos avisos se pondrán en forma de carteles en todas las puertas de las zonas de paso donde haya instaladas antenas de emisión.

Con todo esto, cabe remarcar que cumpliendo las indicaciones de seguridad de los carteles, al tratarse de zonas de paso tanto los elementos como las personas que pasen por debajo de los focos de emisión lo harán en un instante concreto de tiempo, con lo que no se puede hacer un promedio de radiación en el tiempo. Esto supone un punto de inflexión a favor de la instalación del sistema propuesto en este proyecto, pues los tiempos de radiación a elementos o personas serán muy cortos, evitando problemas de salud en personas y funcionamiento en equipos.

# **CAPÍTULO 5: ESTUDIO DE APLICABILIDAD EN ÁREAS HOSPITALARIAS**

En este capítulo se estudiarán con detalle todas las áreas o divisiones del hospital, dividiéndolas en los nodos y entornos hospitalarios detallados en los apartados 2.3 (Entorno hospitalario) y 2.7 (Nodos y entornos) del Capítulo 2 del presente proyecto. Se realizará una valoración de dónde se pueden instalar las antenas de emisión y que protocolos se deberán seguir en caso de detección de etiquetas en cada caso. A partir de este estudio global, en el siguiente capítulo del proyecto se va a realizar un ejemplo del seguimiento de un elemento hospitalario en diferentes de las zonas que se explicarán en este capítulo, explicando y analizando cada una de las detecciones, con las implicaciones que correspondan.

## **5.1 Nodo Clínico**

En el nodo clínico se engloban todas las áreas del entorno hospitalario descritas en el apartado 2.3 del proyecto.

### *5.1.1 Bloque quirúrgico*

El bloque quirúrgico se divide en dos grandes partes: la llamada "zona sucia", que es el espacio del bloque quirúrgico donde se encuentra la recepción de quirófanos. También es donde se encuentran los materiales destinados a la limpieza, o donde se llevan los utensilios utilizados en una intervención para que sean llevados a esterilización. Es una zona no restringida donde el personal general del hospital puede estar en esta zona. También es la zona donde los familiares de los pacientes pueden acceder para ver al paciente o hablar con un doctor. Además, es la zona donde se acumulan varios de los equipos que entran y salen de los quirófanos, quedando guardados en frente de recepción o en una habitación adyacente a la recepción a modo de almacén de equipos. Después está la llamada "zona limpia", que a su vez se divide en varias partes:

- Quirófanos: son las salas donde se realizan las intervenciones. Deben ser las zonas más limpias del bloque puesto que cualquier partícula en suspensión o resto de suciedad puede afectar negativamente al paciente o a su recuperación posterior, ya que se encuentra en un alto estado de vulnerabilidad por estar sometido a una operación quirúrgica. Cada quirófano dispone de sus equipos médicos básicos (monitorización, carros de anestesia...) y si en una operación en concreto es necesario el uso de algún otro equipo habrá que ir a buscarlo al almacén, donde se guardan el resto de equipos.
- URPA (Unidad de Reanimación Post-Anestésica): esta es la unidad donde se trasladan los pacientes que han sido sometidos a anestesia durante su intervención. Es una unidad de estancia temporal, ya que una vez recuperados totalmente del efecto anestésico, los pacientes son trasladados a las unidades de hospitalización hasta tener el alta médica.
- Zona común: es la zona que no conforma ninguna habitación o unidad, pero enlaza todas las demás zonas de la zona limpia: pasillos y espacios que conectan los quirófanos con recepción, vestuarios, zona de control, etc.
- Salas de partos: es una zona anexa a la zona de quirófanos donde las mujeres embarazadas dan a luz. El parto se realiza por conducto natural, pero cuando se realiza la cesárea se hace la intervención quirúrgica por orificio o incisión forzada. La sala de partos, por su naturaleza debe estar operativa las 24 horas del día.
- Almacén: En el almacén de quirófanos es donde se encuentran los utensilios, herramientas, medicamentos, prótesis, etc. que van a ser usados en los quirófanos durante la intervención quirúrgica. También es la habitación donde llegan los utensilios que han sido enviados a esterilización, una vez esterilizados y listos para volver a ser usados en la siguiente intervención.

Estas zonas son restringidas, solo pueden acceder a ellas las personas debidamente identificadas, personal del hospital o pacientes que vayan a ser sometidos a una intervención quirúrgica. Para acceder a estas zonas es obligatorio el uso de gorros y polainas desechables, así como de mascarilla y pijama, con tal de evitar la contaminación con partículas o restos humanos provenientes del exterior de la zona limpia.

#### *Marcado de elementos y protocolos de actuación*

Siempre que sea posible se realizará el marcado de los elementos a detectar uniendo las etiquetas con tornillos a los equipos o objetos del bloque quirúrgico, porque supone la fijación más fuerte. Sin embargo, en muchos equipos electromédicos la fijación por tornillos no será posible por la naturaleza o geometría de los equipos, de manera que se tendrán que unir con adhesivo. Hay que tener en cuenta que en condiciones de funcionamiento normal, los equipos electromédicos del bloque quirúrgico deben permanecer en el mismo bloque, a no ser que se estropeen o deban ser substituidos por algún otro motivo. Si se quieren identificar otros elementos como sillas o camillas, se tratarán como objetos móviles dentro del hospital. En cuanto a los utensilios y herramientas usadas en las intervenciones quirúrgicas (instrumental quirúrgico), se deberá diseñar un sistema de cajones que deberán contener siempre las mismas herramientas, de manera que el elemento a identificar sea el cajón, que contendrá la información de cada una de las herramientas contenga, y el número de herramientas del cajón. Estos cajones son los que se enviarán a esterilización después de cada operación, y volverán al almacén del bloque quirúrgico una vez esterilizados.

En cuanto a los protocolos de actuación se deberá diferenciar entre los tres tipos de elementos que se han descrito: equipos, objetos y cajones de utensilios/herramientas quirúrgicas.

- Si un equipo identificado en el interior del bloque quirúrgico es detectado en una de las puertas o zonas de paso del bloque, se creará un rastreo de seguimiento sobre ese equipo, en cada una de las zonas de paso del hospital por los que se detecte el equipo, quedando registrado como punto final en la última zona de paso por la que sea detectada. Por ejemplo, un equipo que deba ser revisado por el personal de electromedicina se detectará su salida en abandonar el bloque quirúrgico, y volverá a ser detectado una vez entregado al taller de electromedicina, quedando registrado en esta ubicación en la base de datos del hospital. El mismo procedimiento se usará para los equipos que se detecten como entrada en el bloque quirúrgico. Si un equipo se detecta a la salida del bloque, y no es vuelto a detectar en ninguna otra ubicación del centro hospitalario se creará un parte de aviso a electromedicina con orden de búsqueda de dicho equipo, desde la última zona de paso en que haya sido detectado hasta las siguientes posibles zonas de paso por las que debería o podría haber pasado, acotando la zona de búsqueda.

- En el caso de los objetos, tales como sillas de ruedas o camillas de paciente se tratarán de la misma manera que los equipos explicada en el punto anterior. La

única diferencia respecto los equipos será la frecuencia de paso de estos elementos, ya que se tratan de elementos móviles dentro del hospital.

- Los cajones se tratarán de igual manera en cuanto a la identificación o detección en sí, con la particularidad de que los cajones, en condiciones de funcionamiento normal, deberán cumplir siempre la misma ruta cerrada: quirófanos – esterilización – quirófanos. Cuando una herramienta en concreto deba ser extraída del cajón para llevarla a electromedicina, por ejemplo por haberse roto, se deberá reflejar manualmente en la base de datos que contiene el registro de la información del cajón al que pertenezca.

### *Zonas de detección*

Las zonas de paso donde instalar antenas de detección deben ser todas aquellas donde se delimite el espacio de todo el bloque quirúrgico, para detectar las entradas o salidas de elementos desde cualquier puerta de entrada al bloque (una desde la puerta que lleva a los vestuarios, y otra en la puerta que da a la escalera que lleva a los distintos pisos del hospital), y en el caso concreto del bloque quirúrgico también se deberá detectar en la salida de los ascensores, puesto que hay equipos que una vez llevados al bloque, pertenecen justo enfrente de la salida de los ascensores, en frente de la recepción de quirófano. También se instalaran en el montacargas que lleva el material usado a esterilización, y en cada una de las ubicaciones dentro del bloque, de manera que la colocación de antenas se hará en:

- Puertas de entrada al bloque (dos puertas, dos antenas)
- Ascensores de entrada al bloque (tres ascensores, tres antenas)
- Puerta de entrada a la zona limpia (puerta grande, dos antenas)
- Puerta del montacargas
- Puerta de cada quirófano
- Puerta de almacén de quirófano
- Puerta de URPA
- Puerta de cada sala de partos
- Puerta del almacén adyacente a recepción

Por último, en cuanto a los tiempos de detección por parte de las antenas se realizará la emisión en periodos cortos de tiempo, por tratarse de zonas de paso que implican que el elemento a detectar pasa por la zona de detección en un instante concreto del tiempo, sin permanecer debajo de la zona de detección por un periodo prolongado de tiempo. Esta característica será igual para todas las posibles aplicaciones del proyecto. Sin embargo, la emisión se podrá regular de manera que las antenas solo emitan cuando las puertas de las zonas de paso que delimitan se encuentren abiertas, de manera que no se encuentren emitiendo continuamente. Se propone el mismo sistema para la detección de elementos en las zonas de paso de los ascensores. La actividad nocturna de los quirófanos es

normalmente inexistente, aunque se dispone de un quirófano de urgencias 24 horas.

### *5.1.2 Esterilización*

Después de cada intervención quirúrgica, el instrumental quirúrgico usado queda lleno de residuos orgánicos del paciente que ha sido sometido a dicha intervención (sangre, restos de partículas...), además de posibles virus o microbios que pueda tener el paciente, de modo que no pueden volver a ser usadas hasta haber pasado por un proceso de esterilización y limpieza.

El departamento de esterilización es el que se encarga de recibir este instrumental quirúrgico usado en cada intervención quirúrgica y realizar la destrucción de todos los gérmenes que pueden provocar una infección, proceso que se realiza aplicando vapor de agua a temperaturas muy elevadas sobre los elementos a esterilizar, además de otras técnicas de uso minoritario. Las altas temperaturas a las que son sometidos los elementos provocan la muerte de todo posible microorganismo presente en ellos. Este proceso junto con un lavado industrial previo deja el instrumental listo para ser empaquetado y sellado en bolsas esterilizadas individuales o contenedores, y finalmente listo para volver al bloque quirúrgico y ser usado en otra intervención.

#### *Marcado de elementos y protocolos de actuación*

Como ya se ha explicado, el marcado de los elementos relacionados con el departamento de esterilización tiene que ser diferente al del resto de elementos hospitalarios. En esterilización no disponen de equipos electromédicos, de manera que no se realizará un marcado dentro del departamento estrictamente hablando, sino que el seguimiento de elementos a identificar se realizará sobre los elementos que entren al departamento, provenientes del bloque quirúrgico. El funcionamiento del sistema de cajón mencionado en partes anteriores del proyecto debe ser el siguiente:

- El bloque quirúrgico dispondrá de varios cajones, que se ubicarán en el almacén, y son los elementos que incorporarán las etiquetas en sí con la información de los utensilios que vayan a contener.
- Se asignará un cajón a cada intervención.
- Una vez asignado un cajón a una intervención, el instrumentista de la intervención será el encargado de coger los utensilios y herramientas del almacén que vayan a ser usados en esa intervención, y depositarlos dentro del cajón, dejando registrado en la base de datos de manera manual qué utensilios son los que contiene el cajón.
- De esta manera, en la base de datos ya queda reflejado el instrumental quirúrgico presente en cada cajón, que a su vez está marcado con una etiqueta de identificación.
- Cuando el cajón entra en el quirófano, el software del sistema detecta que el cajón con el instrumental quirúrgico ya está en el quirófano, listo para la intervención.

- Cuando finaliza la intervención, se envía el cajón a esterilización, donde se esteriliza todo el material que contiene.
- Una vez esterilizado el material, se vuelve a introducir al cajón al que pertenece.
- Se vuelve a enviar el cajón con el material usado en la operación ya esterilizado al bloque quirúrgico.
- Una vez llega al bloque, la antena colocada en el almacén detecta su presencia, indicándole al encargado de guardar el instrumental quirúrgico cuales son las herramientas que contiene.
- El encargado del almacén debe comprobar que el instrumental que llega en el cajón es el mismo que el indicado en la base de datos, y proceder a guardarlo adecuadamente, indicando, manualmente también, qué utensilios está guardando, de manera que deje el cajón vacío y concuerde con el vaciado de la información en la base de datos.
- El cajón vuelve a estar vacío y listo para ser usado en otra intervención.

### *Zonas de detección*

El material que se tiene que esterilizar procedente del bloque quirúrgico llega al departamento de esterilización a través de un montacargas conectado con el bloque quirúrgico. El departamento de esterilización también tiene una puerta que da a los pasillos del sótano del hospital, de manera que se considera que tiene dos vías de entradas y salidas de material (aunque para la aplicación explicada del bloque quirúrgico solo se tendrá en cuenta la del montacargas, que es la vía de entrada de elementos a esterilizar procedentes del bloque en condiciones de funcionamiento normal). De manera que la colocación de las antenas para la delimitación de las zonas de paso en el departamento de esterilización se hará en:

- Puerta del montacargas
- Puerta de entrada al departamento (puerta grande, dos antenas)

Por último, los tiempos de detección se pueden automatizar en el montacargas, de manera que las antenas emitan tan solo mientras estén abiertas las puertas del montacargas, ya que será necesario que se abran tanto en la bajada de material sucio usado en quirófano, como en la subida de material esterilizado, no es necesaria la emisión en otros instantes de tiempo, puesto que es seguro que no habrá movimiento de elementos a través del montacargas mientras este tenga las puertas cerradas.

En el caso de la antena situada en la puerta de entrada al departamento, deberá actuar de la misma manera que las del bloque quirúrgico, con ráfagas cortas de emisión y en funcionamiento durante las horas de trabajo del día cuando se abra la puerta de esta zona de paso, teniendo en cuenta que igual que en quirófanos también hay un servicio de esterilización de 24 horas.

### *5.1.3 Hemodinámica y diagnóstico por la imagen*

A efectos de seguimiento e identificación de elementos, y a modo de simplificación del proyecto se considera que este departamento no tiene un movimiento significativo de equipos electromédicos o candidatos a controlar ya que la mayoría de los equipos que trabajan en este departamento son únicos en el hospital y pertenecientes al departamento, descartando posibilidades de pérdidas, y por tanto, necesidad de control mediante la tecnología RFID usada en este proyecto. Se descarta la implantación de antenas y de la tecnología RFID para el control y trazabilidad de elementos en Hemodinámica y diagnóstico por la imagen.

### *5.1.4 Oncología*

En oncología se trabaja mucho con material radioactivo, que puede verse afectado por la emisión de ondas de radiofrecuencia, con lo que hace complicada la implantación de nuestro sistema en esta zona del hospital. Además, ocurre algo similar a lo que pasa en hemodinámica y diagnóstico por la imagen, y es que se trabaja sobre todo con material propio y único de este departamento, sin un volumen y movimiento significativo de equipos electromédicos o candidatos a controlar, por lo que también se descarta la implantación de antenas y de la tecnología RFID para el control y trazabilidad de elementos en este departamento. En cuanto a la zona de hospitalización de pacientes oncológicos, se la tratará como una zona (o planta) de hospitalización más del hospital, y será explicada en el apartado 5.1.8 del proyecto.

### *5.1.5 Neonatos*

La función de este departamento consiste en la resolución de los problemas adaptativos de los recién nacidos, lo que significa que es dónde se encuentran los bebés recién nacidos, sobre todo con algún tipo de problema (prematuros, nacidos con alguna enfermedad...). Es decir, se trata con pacientes muy débiles, y se trabaja con un gran número de equipos tanto de soporte vital como las incubadoras, como equipos de diagnóstico. Al trabajar con equipos de soporte vital, hay que verificar que la implementación de la identificación por radiofrecuencia no afecta al funcionamiento de estos equipos.

### *Marcado de elementos y protocolos de actuación*

Los elementos a identificar en este departamento van a ser básicamente equipos electromédicos (bombas de infusión, de nutrición, monitores de paciente...), ya que disponen de una gran cantidad de este tipo de material, lo que implica dos cosas fundamentalmente: primero, que por probabilidad se van a estropear más equipos que en otros departamentos donde no hay tantos equipos, y segundo, que la probabilidad de que el departamento de neonatología se vea obligado a tener que prestar alguno de sus equipos así como bombas de infusión o de nutrición a otros departamentos también es más elevada; si algún otro departamento necesita algún equipo en un momento concreto, y no disponen de él, o lo tienen en uso, neonatología puede prestar ese equipo, pues disponen de

una gran cantidad de equipos en su propio almacén. Esto implica un posible movimiento de equipos mayor que en otros departamentos.

En cuanto a los protocolos de actuación en la detección de los equipos en el entorno del departamento de neonatos, se van a tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Si un equipo inicialmente identificado en el interior del departamento vuelve a ser identificado en la puerta de este, el sistema deberá comprobar que:

a) Si es un equipo con un parte de avería abierto, se creará un rastreo sobre este equipo hasta que sea identificado en el departamento de Electromedicina, donde se encargarán de hacer lo conveniente con el equipo averiado.

b) Si el equipo no tiene un parte de avería abierto puede significar dos cosas: que esté estropeado pero aún se tenga que abrir el parte de avería, en tal caso se aplicaría el mismo procedimiento que el descrito en el punto a) (se sabría con seguridad que se trata de este caso en el momento en que es identificado en Electromedicina); o lo más probable, que se trate de un préstamo a otro departamento. En este caso, se crearía un aviso-alerta sobre este equipo. Cuando el equipo fuese identificado en otro departamento que no sea el de Electromedicina, se enviaría una notificación a Electromedicina con el aviso de este préstamo. La alerta sobre el equipo no desaparecerá hasta que el equipo no fuese identificado de nuevo en su departamento de origen.

- Si un equipo se detecta a la salida del departamento, y no es vuelto a detectar en ninguna otra ubicación del centro hospitalario se creará un parte de aviso a electromedicina con orden de búsqueda de dicho equipo, desde la última zona de paso en que haya sido detectado hasta las siguientes posibles zonas de paso por las que debería o podría haber pasado, acotando la zona de búsqueda.

### *Zonas de detección*

El departamento de neonatos es un espacio dividido en varias salas: una parte reservada donde se encuentran los recién nacidos, en sus cunas o incubadoras, con varios equipos conectados y en funcionamiento, después está el control de enfermería, y como última zona a destacar se encuentra el almacén, donde guardan todos los equipos de los que disponen si no están en uso (sobre todo, y en gran cantidad, bombas de infusión). Se va a tratar todo el departamento como una única habitación, entendiendo que estén donde estén los equipos (en la sala de los recién nacidos o en el almacén), estarán dentro del departamento. De manera que únicamente se va a instalar una antena en la única puerta de acceso al departamento para el control y la trazabilidad de sus equipos.

En cuanto a los tiempos de detección y ráfagas de emisión por parte de las antenas se puede diseñar un sistema que funcione de la siguiente manera: teniendo en cuenta que la puerta al departamento está normalmente cerrada, y sólo se puede abrir desde dentro o introduciendo un código de empleado, la emisión por parte de la antena se puede automatizar de manera que solamente emita cuando la puerta está abierta. De esta manera se evita la emisión continua durante las 24 horas del día, completamente innecesaria, y además se evitan

falsas lecturas en el caso que algún equipo, sea de dentro o de fuera del departamento, pase muy cerca de esta puerta.

### *5.1.6 UCI*

La Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) es la unidad del hospital donde se encuentran los pacientes en estado crítico. A su vez se divide en varios boxes que se distribuyen de manera circular alrededor del control de enfermería, y también dispone de un almacén con equipos, gases medicinales, y otros elementos hospitalarios. Como ocurre en el departamento de neonatos, en la UCI se trata con pacientes muy débiles, y se trabaja con un gran número de equipos tanto de soporte vital como de diagnóstico. Al trabajar con equipos de soporte vital, hay que verificar que la implementación de la identificación por radiofrecuencia no afecta al funcionamiento de estos equipos.

#### *Marcado de elementos y protocolos de actuación*

Debido a que este departamento y el de neonatos son funcionalmente bastante parecidos, teniendo en cuenta únicamente la forma de trabajar y la disponibilidad de numerosos equipos, no en cuanto el tipo de paciente, los elementos sobre los cuales se les va a hacer un seguimiento con el sistema de identificación por radiofrecuencia van a ser básicamente equipos electromédicos, y los protocolos de actuación serán muy parecidos: también va a ser un departamento donde por pura probabilidad se van a estropear más equipos que en otras zonas del hospital, y también existe la posibilidad que por su mayor número de equipos en disposición se vean obligados a prestar equipos que no estén en uso a otros departamentos que los necesiten. Esto implica un posible movimiento de equipos mayor que en otros departamentos.

En cuanto a los protocolos de actuación en la detección de los equipos en el entorno del bloque de la UCI, se van a tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Si un equipo inicialmente identificado en el interior del departamento vuelve a ser identificado en alguna de las puertas de este, el sistema deberá comprobar que:

a) Si es un equipo con un parte de avería abierto, se creará un rastreo sobre este equipo hasta que sea identificado en el departamento de Electromedicina, donde se encargarán de hacer lo conveniente con el equipo averiado.

b) Si el equipo no tiene un parte de avería abierto puede significar dos cosas: que esté estropeado pero aún se tenga que abrir el parte de avería, en tal caso se aplicaría el mismo procedimiento que el descrito en el punto a) (se sabría con seguridad que se trata de este caso en el momento en que es identificado en Electromedicina); o lo más probable, que se trate de un préstamo a otro departamento. En este caso, se crearía un aviso-alerta sobre este equipo. Cuando el equipo fuese identificado en otro departamento que no sea el de Electromedicina, se enviaría una notificación a Electromedicina con el aviso de este préstamo. La alerta

sobre el equipo no desaparecerá hasta que el equipo no fuese identificado de nuevo en su departamento de origen.

- Si un equipo se detecta a la salida del bloque, y no es vuelto a detectar en ninguna otra ubicación del centro hospitalario se creará un parte de aviso a electromedicina con orden de búsqueda de dicho equipo, desde la última zona de paso en que haya sido detectado hasta las siguientes posibles zonas de paso por las que debería o podría haber pasado, acotando la zona de búsqueda.

### *Zonas de detección*

Como ya se ha mencionado, la distribución física del espacio en la UCI se organiza con un control de enfermería en el centro de la habitación, que tiene el control de todos los boxes de curas de los que dispone, tanto con una monitorización centralizada de cada uno de los equipos de diagnóstico de cada box, como visualmente, ya que los boxes se distribuyen de manera circular alrededor de este control de enfermería. Este control, mucho más grande que cualquier otro del hospital, también dispone de unas mesas de trabajo donde se encuentran y se preparan los medicamentos o curas necesarias para cada uno de los pacientes de los boxes. El almacén con los distintos equipos y gases medicinales se encuentra en un pasillo que conecta con la zona circular de boxes, dentro del propio bloque de la UCI, y en frente del almacén hay una pequeña sala de reuniones, también de la UCI. Al final de este pasillo se encuentra una puerta secundaria de salida o entrada a la UCI desde el pasillo de servicio, y la puerta principal se encuentra justo al lado opuesto de todo el bloque, conectando este con el pasillo para el público. No se instalarán antenas en el interior de la UCI, por dos motivos principales: primero, por el hecho de estar tratando con pacientes en estado crítico, conectados a equipos de soporte vital, ya que si se produjese algún tipo de interferencia por culpa de la emisión de las antenas podría resultar fatal para el paciente en cuestión; y segundo, se considera poco importante en qué box está un equipo en concreto, o si está en el almacén, mientras se tenga seguro que se ubica en el interior de la Unidad de Cuidados Intensivos. De manera que sólo se van a instalar antenas para el control y trazabilidad de los equipos del bloque en:

- Puerta a pasillo principal (puerta grande, dos antenas)
- Puerta secundaria a pasillo de servicio

Los tiempos de detección de las antenas en la UCI se puede automatizar, como en otras zonas del hospital, de manera que las antenas emitan mientras las puertas de acceso al bloque estén abiertas, y dejen de emitir mientras estas permanezcan cerradas. En cualquier caso, tanto en este departamento como en cualquier otro donde la activación de la emisión de las antenas funcione de esta manera, se deberán poner carteles de aviso en las puertas donde se indique que la puerta debe permanecer cerrada.

### *5.1.7 Electromedicina*

Este es el departamento más importante en relación a la realización de este proyecto: es donde se tratan las incidencias producidas en los diferentes equipos del hospital, de manera que es el departamento donde más entradas y salidas de material o equipamiento se producen dentro del hospital. También es el departamento desde el cual se envían los equipos que se tienen que reparar fuera del hospital, así como el sitio de entrega de material nuevo o reparado. Básicamente es el departamento que se encarga de gestionar el mantenimiento y las reparaciones de los equipos en funcionamiento dentro del centro médico.

Hasta ahora, en Electromedicina se usan diversos programas de gestión de los equipos conjuntamente con la base de datos del hospital, que permiten tener un control sobre estos equipos o elementos del hospital, identificados en la base de datos, de manera que se puede saber a qué ubicación pertenece un equipo en concreto, o se puede poner, por ejemplo, que el equipo identificado con el número de serie que le corresponda ha sido enviado a fábrica para su reparación. Cuando este equipo vuelve una vez reparado, llega al departamento de Electromedicina, y una vez comprobado su correcto funcionamiento, se vuelve a buscar en la base de datos, se elimina la nota de que está siendo reparado, y se lleva a la ubicación indicada en la base de datos.

Sin embargo, todo esto se lleva a cabo manualmente, cosa que hace que el sistema actual sea poco robusto, y no del todo fiable, ya que no se refleja la realidad in-situ de los elementos en la base de datos: es bastante común que un equipo no se encuentre en la ubicación que tiene indicada en la base de datos, y obviamente tampoco se reflejan los préstamos de equipos que se hacen de un departamento del hospital a otro, factor que dificulta la localización de ciertos equipos, y por tanto, el trabajo de los técnicos del taller de Electromedicina. Todos estos procesos son los que se van a automatizar de gran manera una vez implementado el sistema de identificación, control y trazabilidad de elementos hospitalarios mediante la tecnología RFID.

#### *Marcado de elementos y protocolos de actuación*

Para poder establecer los protocolos de actuación sobre los equipos en el departamento de Electromedicina, primero se diferenciarán los diferentes posibles trabajos a realizar sobre un equipo en este departamento:

a) Reparaciones internas: si se trata de un equipo con un aviso de avería, el personal del taller de Electromedicina irá a buscar dicho equipo directamente a la ubicación que indique el sistema de identificación por radiofrecuencia. Lo primero que va a hacer es una verificación del mal estado del equipo, y si no es una avería que se pueda arreglar in-situ, se llevará el equipo al taller de Electromedicina. Una vez en el taller, se le realizará la reparación conveniente y una vez reparado se volverá a llevar a la ubicación indicada en el sistema. Como toda la información de la ubicación y trazabilidad del equipo en cuestión estará reflejada en la plataforma informática del sistema RFID, cualquiera de los técnicos del taller podrá devolver el equipo a la ubicación correcta, aunque no haya sido el mismo técnico que lo hubiese ido a buscar inicialmente, sencillamente consultando la información de la trazabilidad de dicho equipo en la base de datos.

b) Reparaciones externas: cuando a un equipo no es posible realizarle la reparación en el mismo taller de Electromedicina, debe ser enviado al fabricante para que le realice la reparación, y si se da el caso, para que envíen un equipo de préstamo. En este caso, se crea una problemática con la etiqueta que incorpora el equipo, porque si se tiene que enviar el equipo fuera del hospital, se pierde completamente la trazabilidad sobre la etiqueta que incorpora el equipo. Por este motivo, la manera de proceder debe ser enviar el equipo sin la etiqueta, y guardarla en un compartimento específico de etiquetas de equipos enviados, de manera que cuando el equipo vuelva reparado, sencillamente con introducir su número de serie en el sistema, se sepa a qué etiqueta estaba unido, se vuelve a instalar la etiqueta en el equipo, y se devuelve a la ubicación de donde provenía antes de la avería. En caso que el fabricante envíe un equipo de préstamo mientras se le realiza la reparación al equipo original, el fabricante deberá especificar a qué número de serie original corresponde el equipo de préstamo enviado, y a partir de aquí proceder de la misma manera. En el momento que el equipo original sea devuelto, sencillamente se realiza el cambio de la etiqueta entre los equipos, y se devuelve al fabricante el equipo prestado.

c) Mantenimientos: Los técnicos del taller de Electromedicina también son los encargados de realizar los mantenimientos preventivos de los equipos del hospital que no estén en contrato de mantenimiento con el fabricante o proveedor (en el caso que lo tengan, es este último el encargado de realizarlos). Estos mantenimientos consisten básicamente en la comprobación de que el funcionamiento de los equipos es correcto, y en hacer calibraciones de los parámetros que midan si es necesario. Los mantenimientos tienen una periodicidad diferente en función del equipo del que se trata, de manera que no se realizan todos los mantenimientos en el mismo momento del año. Al sistema RFID se le indicará la periodicidad del mantenimiento preventivo de cada equipo, y en qué momento se le realizó el último, de manera que el propio sistema sea capaz de crear un aviso al departamento de Electromedicina indicando que el equipo o equipos con los números de serie que sean y en la ubicación donde se encuentren se les tiene que realizar el mantenimiento preventivo.

d) Altas y bajas: El último tema relacionado con los equipos del hospital y el departamento de Electromedicina son los equipos que se compran nuevos y entran al hospital, o altas de equipos, y los equipos que se dan de baja. Para los equipos que se dan de alta, el procedimiento a seguir es que el proveedor los lleve hasta el departamento de Electromedicina, dónde los técnicos del taller le asignarán una etiqueta nueva, en la que se hará constar toda la información relacionada con ese nuevo equipo: número de serie, ubicación a la que está destinado, momento en el que se le tiene que realizar un mantenimiento en caso de que proceda, etc. Una vez configurada la etiqueta (proceso que se tendrá que estudiar si lo realizan los técnicos del taller, o si es un tema a llevar por el departamento informático del hospital), se une al equipo mediante tornillos o adhesivos y se pone en funcionamiento en la ubicación que corresponda.

Si se trata de dar de baja un equipo que ha estado en funcionamiento, sencillamente una vez está el equipo en el departamento de Electromedicina, se

le quita la etiqueta y se lleva el equipo a un contenedor específico que hay en el almacén general del hospital, donde será eliminado de la manera más adecuada. La etiqueta que llevaba incorporado se reconfigura y se guarda para volver a ser usada en futuras altas de equipos.

### *Zonas de detección*

El departamento de Electromedicina se estructura en dos habitaciones ubicadas en el sótano del hospital, una corresponde al taller, y otra al despacho, donde se tratan los temas más administrativos y de gestión. Normalmente los equipos que llegan nuevos como altas, se llevan al despacho, mientras que las reparaciones, las bajas, y las incidencias sobre equipos en general se realizan en el taller. De manera que se van a tener dos zonas de paso de detección, una correspondiente a cada una de las habitaciones del departamento, de manera que las antenas de emisión de radiofrecuencia para la identificación y trazabilidad de los equipos en este departamento se ubicarán en:

- Puerta del taller
- Puerta del despacho

En cuanto a los tiempos de detección o emisión por parte de las antenas, teniendo en cuenta de que en este caso también se trata de puertas que están normalmente cerradas, se va a automatizar el proceso de manera que las antenas solamente emitan cuando se abren las puertas de las zonas de paso donde se instalen, de manera que se evita que las antenas estén emitiendo continuamente, suponiendo una extensión de la vida útil de la antena, así como una reducción del posible riesgo potencial que podrían llegar a padecer tanto equipos, como sobretodo personas por culpa de una emisión continua de radiofrecuencia durante periodos largos de tiempo. Además, este departamento trabaja con un horario establecido, de manera que solo van a operar durante el día, ya que a partir de una cierta hora de la tarde y durante la noche no se trabaja.

### *5.1.8 Urgencias*

El bloque de urgencias es el bloque sin descanso del hospital, trabaja las 24 horas del día y hay mucho movimiento interno tanto de equipos como de personal y pacientes. La mayoría de los equipos con los que se trabaja en esta zona del hospital son equipos de diagnóstico y monitorización, y en según qué casos no son necesarios demasiados o incluso ningún equipo, como en algunas urgencias de traumatología. Urgencias se divide en la zona de boxes, donde se encuentran los pacientes que ya han sido admitidos (zona 2, en función del recorrido de entrada a urgencias por parte de un paciente), y la zona de entradas de urgencia, donde las ambulancias dejan a los pacientes, y es donde se les realiza un primer diagnóstico y admisión de los pacientes, además de encontrarse algún despacho (zona 1). También cuenta con una habitación de pacientes en observación (zona 3), y otra con más boxes donde se llevan los pacientes con unas condiciones de traumatología (zona 4).

### *Marcado de elementos y protocolos de actuación*

Aunque la actividad del bloque de urgencias es frenética, lo referente a los equipos a controlar su trazabilidad parece bastante más sencillo, ya que difícilmente van a salir muchos equipos del bloque. Los equipos se usan mientras los pacientes están en los boxes, o en su defecto, en las camillas, pero cuando el paciente abandona la zona de urgencias para ser trasladado a otro bloque del hospital, normalmente lo hace sin estar conectado a ningún equipo. De manera que aunque los equipos tienen mucho movimiento en el interior del bloque (entendiendo como bloque las cuatro zonas explicadas), a priori va a ser fácil tener un control global de los equipos del bloque.

Como el bloque consta de 4 zonas, y 2 de ellas no están unidas a la zona de boxes (las zonas 3 y 4), se tendrá que tener en cuenta que un equipo detectado en la salida de una de las zonas es probable que se detecte en la entrada de otra zona perteneciente al mismo bloque. Así que el protocolo a seguir con las detecciones de los equipos en las salidas de las zonas del bloque va a ser el siguiente:

- Cuando un equipo es detectado en la salida de una de las zonas del bloque de Urgencias, se crea una alerta de seguimiento sobre ese equipo. Si el equipo es vuelto a detectar en la entrada de otra de las zonas del bloque de urgencias, se anula esta alerta entendiendo que el equipo sigue dentro del bloque de urgencias, aunque en una zona distinta.

- Si el equipo no es detectado en otra de las zonas del bloque de urgencias puede significar 3 cosas: que se lleve con el paciente a otra ubicación del hospital; que se haya estropeado y se lleve a Electromedicina; o que se haya perdido.

- Si el equipo se lleva a otra ubicación del hospital, pongamos por ejemplo que se lleva a una unidad de hospitalización, se crea un rastreo sobre el equipo en el momento que es detectado a la salida del bloque de urgencias, hasta que es detectado en la entrada de la unidad de hospitalización a la que se lleve el paciente. En este caso, se avisará a Electromedicina del cambio de ubicación del equipo, y alguno de los técnicos del taller deberá ir a la nueva ubicación y pedir que cambien el equipo por uno de los correspondientes a la nueva ubicación. Si no dispusieran de equipos propios, el sistema lo registraría como un préstamo entre ubicaciones, hasta que el equipo volviese a estar en urgencias.

- Si el equipo detectado en la salida del bloque de Urgencias tiene un parte de avería abierto, se creará un rastreo sobre este equipo hasta que sea identificado en el departamento de Electromedicina, donde se encargarán de hacer lo conveniente con el equipo averiado. Si no tiene un parte de avería abierto, pero igualmente es detectado en la entrada del taller de Electromedicina, se creará el parte de avería en el mismo taller, y se procederá de la misma manera que si lo tuviese desde el momento que abandona la zona de urgencias.

- Si un equipo se detecta a la salida del bloque, y no es vuelto a detectar en ninguna otra ubicación del centro hospitalario se creará un parte de aviso a electromedicina con orden de búsqueda de dicho equipo, desde la última zona de paso en que haya sido detectado hasta las siguientes posibles zonas de paso por las que debería o podría haber pasado, acotando la zona de búsqueda.

### *Zonas de detección*

Se van a instalar antenas de detección en todas las zonas de paso que delimiten el bloque de urgencias, en las cuatro zonas del bloque. En la única zona de paso del bloque donde no se van a instalar antenas es en la de entrada de ambulancias, por dos motivos: el primero es porque nunca debe salir ningún equipo por esa zona de paso, de hecho, se trata únicamente de una vía de entrada de pacientes; y el segundo motivo es que aunque se instalara una antena en esa zona de paso, tampoco serviría para rastrear la trazabilidad de un hipotético equipo que fuese detectado en la salida del bloque por esa puerta. De manera que en el bloque de urgencias se van a instalar antenas en las siguientes zonas de paso:

- Puerta que separa la zona 1 de la zona 2 (puerta grande, dos antenas). Sólo para control de elementos en cada zona, no es de gran importancia a nivel del bloque, ya que no es una puerta de salida del bloque.
- Puerta de salida de la zona 2, corresponde a la zona de paso de más importancia de las zonas conjuntas 1 y 2, ya que esta puerta da a un pasillo desde el cual se pueden ir a las otras zonas del bloque, o a otros bloques o departamentos del hospital.
- Puerta única de la zona 3
- Puertas de la zona 4, zona en forma de pasillo, con zonas de paso al principio y al final (dos puertas, dos antenas)

Se van a automatizar los tiempos de detección de manera que las antenas solo emitan cuando se abren las puertas. Se indicará y se informará al personal del hospital que las puertas deben permanecer normalmente cerradas.

### *5.1.9 Hospitalización*

Las varias unidades de hospitalización (hay una en cada piso del edificio de hospitalización, excepto en la planta segunda donde se encuentran los quirófanos, y en la décima donde se encuentran varios despachos) son las zonas o bloques del hospital más tranquilos en cuanto a la detección de elementos hospitalarios, tranquilidad que se desprende también de la estabilidad de los pacientes hospitalizados. Inicialmente se había pensado en un control sobre los elementos de cada una de las zonas de hospitalización de manera que se colocaran antenas de detección en cada una de las habitaciones de paciente, así como en el almacén y en la entrada de cada unidad. Sin embargo, durante la realización de este proyecto se ha pensado que es redundante poner antenas en cada una de las habitaciones, además de más caro, si lo que realmente se quiere tener controladas son las ubicaciones de los equipos en cada unidad,

independientemente de en qué habitación se encuentren. Las unidades de hospitalización son todas iguales a nivel arquitectónico, distribuidas en cada uno de los pisos del edificio de hospitalización, y se distribuyen de la siguiente manera: en la salida de los ascensores (o de la escalera del edificio) se encuentra un rellano para que camillas y carros de alimentos o medicación puedan maniobrar sin problemas al entrar o salir de los ascensores; este rellano da a una puerta grande donde empieza la unidad de hospitalización en sí, que consiste en un largo pasillo donde están distribuidas a banda y banda las habitaciones de paciente. En medio del pasillo se encuentra el control de enfermería, y al final del pasillo, en la misma banda del pasillo donde está el control se encuentra el almacén con los equipos de la unidad que no están en uso.

#### *Marcado de elementos y protocolos de actuación*

Los elementos a detectar en estos bloques van a ser básicamente equipos electromédicos, concretamente bombas de infusión y/o nutrición, y equipos de monitorización. Para tener un control y una buena trazabilidad sobre los elementos marcados con etiquetas, se procederá con el siguiente protocolo:

- Si un equipo inicialmente identificado en el interior del departamento vuelve a ser identificado en la puerta más exterior de este (la que da al rellano donde se encuentran las escaleras y los ascensores), el sistema deberá comprobar que:

a) Si es un equipo con un parte de avería abierto, se creará un rastreo sobre este equipo hasta que sea identificado en el departamento de Electromedicina, donde se encargarán de hacer lo conveniente con el equipero averiado.

b) Si el equipo no tiene un parte de avería abierto puede significar dos cosas: que esté estropeado pero aún se tenga que abrir el parte de avería, en tal caso se aplicaría el mismo procedimiento que el descrito en el punto a) (se sabría con seguridad que se trata de este caso en el momento en que es identificado en Electromedicina); o lo más probable, que se trate de un préstamo a otro departamento. En este caso, se crearía un aviso-alerta sobre este equipo. Cuando el equipo fuese identificado en otro departamento que no sea el de Electromedicina, se enviaría una notificación a Electromedicina con el aviso de este préstamo. La alerta sobre el equipo no desaparecerá hasta que el equipo no fuese identificado de nuevo en su departamento de origen.

- Si un equipo se detecta a la salida del bloque, y no es vuelto a detectar en ninguna otra ubicación del centro hospitalario se creará un parte de aviso a electromedicina con orden de búsqueda de dicho equipo, desde la última zona de paso en que haya sido detectado hasta las siguientes posibles zonas de paso por las que debería o podría haber pasado, acotando la zona de búsqueda.

- Si un equipo identificado en el interior del almacén se detecta en la antena del almacén, pero no es detectado en la puerta más exterior de la unidad de hospitalización, sencillamente indicará que un equipo que hasta en ese momento no estaba en uso, se pone en uso en una de las habitaciones de la unidad, o viceversa si estaba identificado en el exterior de las zonas de almacenaje de la misma, pero siempre en el interior de la unidad.

### *Zonas de detección*

Como ya se ha comentado, se descarta la detección en todas y cada una de las habitaciones de todas las unidades de hospitalización del hospital, de manera que se ha pensado en hacer la detección en dos puntos distintos, uno de ellos interno o intermedio, de manera que solo servirá para saber si los equipos están en uso (o como mínimo, en las habitaciones) o almacenados. Así pues, la detección en estos bloques se hará en:

- Puerta más exterior de cada unidad: esta es la puerta que delimita las unidades de hospitalización con los otros departamentos o bloques del hospital (Puerta grande, dos antenas)
- Puerta del almacén

En el caso de la última zona de paso se trata de una detección interna, para establecer un control un poco más exhaustivo sobre los equipos que están o no están en uso (o asignados a una habitación), pero no sirve para tener una trazabilidad sobre el equipo que salga de la unidad.

En cuanto a los tiempos de detección se automatizará el mismo proceso que en el resto de ubicaciones, de manera que se deberán tener las puertas donde se encuentren las antenas normalmente cerradas, de manera que solo emitan cuando se abren (motivo por el cual tampoco se pueden poner antenas en las habitaciones, ya que sus puertas muchas veces permanecen abiertas o entornadas).

## 5.2 Nodo industrial

En el nodo industrial encontramos el almacén general, donde se hacen las entradas y salidas de mercancías. La mayoría de mercancías que entran en el almacén son elementos de uso diario, así como batas, mascarillas, jabones, antisépticos, etc. También pueden entrar equipos o objetos nuevos, así como sillas y camillas nuevas.

Se estipula que los equipos comprados nuevos que entren por el almacén, o cualquier otro elemento que se desee controlar mediante el sistema de trazabilidad propuesto en este proyecto, se envíen inmediata y directamente al departamento de Electromedicina, con el objetivo de asignarles una etiqueta identificativa donde se hará constar la información que se desee del elemento en concreto. No se realizará ningún tipo de identificación por radiofrecuencia ni se instalarán antenas de detección en el almacén, ya que se trata de un

departamento en el que no existe ningún movimiento interno de equipos o elementos hospitalarios que ya hayan sido puestos en servicio (excepto los elementos que se den de alta o baja).

También se engloba dentro del nodo industrial el departamento de farmacia por un tema puramente logístico o de funcionamiento del departamento. Sin embargo, tampoco se van a instalar antenas de detección porque tampoco se trata de un departamento en el que haya movimiento interno de equipos o elementos hospitalarios, a excepción de los fármacos que se distribuyen por las distintas zonas de hospitalización o controles de enfermería del hospital. En todo caso, el control de *stocks* o existencias de medicamentos se escapa de los propósitos de este proyecto, ya que se tendría que diseñar un sistema completamente diferente para tener este control sobre los *stocks* de medicamentos disponibles (así como armarios RFID donde se pudiese hacer un recuento automático del inventario de medicamentos disponibles).

## 5.3 Nodo Administrativo

En el nodo administrativo encontramos los diferentes despachos u oficinas del hospital, donde no existe una relación práctica o *física* directa con los elementos que se pretenden controlar en este proyecto, de manera que no se va a instalar ningún sistema de trazabilidad en el nodo administrativo, pero sí que deberá poder tener acceso al sistema informático que gestione todo el sistema con el objetivo de poder consultar y controlar los elementos que se mueven dentro del hospital.

La relación entre en nodo administrativo y el departamento de Electromedicina es un factor clave para el correcto funcionamiento del sistema de trazabilidad, de manera que cuando el sistema lleve un tiempo en funcionamiento y su uso se haya estabilizado y normalizado (por la complejidad del sistema se estima que será un proceso lento) ambos departamentos puedan coordinar estudios de funcionamiento global de los elementos dentro del hospital, y proponer y ejecutar mejoras en cuanto a tiempos de gestión, líneas de movimiento interno de equipos o pacientes, reducción de papeleo, o nivel de satisfacción de los nodos implicados.

## 5.4 Vías de entrada y salida

Por último, nos encontramos con las diversas vías de entrada y salida del hospital, donde se tienen la entrada principal, donde se encuentra el *hall* del hospital y donde se llevan, entre otras cosas, los equipos para enviar a reparar fuera del hospital, provenientes de Electromedicina. Hay otra entrada para el público general, situada en la parte opuesta del hospital, comunicándolo con la facultad que se encuentra justo detrás de este. La entrada de pacientes de

urgencias se encuentra en el sótano, así como la entrada de mercancías al almacén.

Igual que lo que se ha explicado cuando se ha descrito el departamento de urgencias en el apartado 5.1.8, no se van a instalar antenas de detección en las zonas de entrada y salida del recinto hospitalario, por el motivo principal de lo que se desprende de los objetivos de este proyecto, que es el control y trazabilidad de los elementos en el interior del hospital, y por el hecho que no supone ninguna ventaja respecto al control interno de los equipos, porque en el caso hipotético que un equipo marcado con una tarjeta de identificación fuese identificado en una de estas vías de entrada o salida, no se podría hacer un seguimiento por radiofrecuencia de dicho equipo en el exterior del hospital. Además, el control de los equipos que se envían fuera del hospital ya se realiza, primero con el *tracking* de las empresas transportistas que se llevan los equipos, y después con las empresas o fabricantes de los elementos que se envían a reparar una vez reciben dichos equipos.

# **CAPÍTULO 6: EJEMPLO DE APLICABILIDAD DEL SISTEMA**

En este capítulo se va a ejemplificar la trazabilidad de un equipo en concreto por diversas zonas del hospital, haciendo un seguimiento de su ubicación para conocer dicha trazabilidad, así como un análisis de las implicaciones o medidas a tomar en cada una de sus detecciones por las distintas antenas instaladas en el hospital. La intención de este capítulo es poder *ilustrar* a modo de ejemplo como sería el funcionamiento real a nivel global del hospital del sistema de identificación por radiofrecuencia propuesto en este proyecto.

## **6.1 Tecnología RFID e informática**

Antes de empezar con la ejemplificación de un caso concreto de trazabilidad, se hará una breve explicación de cómo funciona el sistema comprendido globalmente propuesto en este proyecto. Para una correcta comprensión del funcionamiento del sistema de trazabilidad es imprescindible entender que dicho sistema consta de dos grandes partes generales, la tecnología RFID y el sistema informático del sistema, cuya comunicación es vital para que todo el sistema funcione, pero cada una funciona de manera independiente.

Por una parte tenemos la tecnología RFID en sí, comprendida por los diferentes elementos que la forman, que son las etiquetas de identificación unidas a los equipos a controlar, las antenas de emisión situadas en las zonas de paso, y los lectores RFID. Estos tres elementos se comunican y se transmiten la información entre ellos, de manera que cuando el lector envía la señal de emisión a la antena esta empieza a emitir, y si capta la presencia de una etiqueta de identificación, envía la información de la posición de dicha etiqueta de vuelta al lector, que deberá transmitir esta posición o ubicación a la parte informática del sistema. La comunicación entre el lector y la antena se realiza mediante una conexión eléctrica o cable Ethernet, mientras que la comunicación entre antena y etiqueta se realiza mediante ondas de radiofrecuencia.

Por otra parte, existe el software del sistema, donde encontramos el sistema de procesamiento de datos que gestiona y recibe la información transmitida por el lector de la tecnología RFID, y la base de datos de los equipos del hospital. Estas dos herramientas informáticas se comunican entre sí para poder conocer y actualizar la información de los equipos contenida en la base de datos, de manera automática. La base de datos es donde se guarda la información de los equipos, y es en la misma base de datos donde se actualiza y se puede modificar la información guardada de los equipos, con la ubicación y la trazabilidad de dichos equipos proporcionada por la tecnología RFID.

A modo de resumen, la etiqueta de identificación envía al lector su número identificador propio y único, de manera que el lector conoce la posición de dicha etiqueta porque corresponde con la posición de la antena de emisión que ha captado la presencia de la etiqueta, y la base de datos contiene toda la información del equipo (como número de serie, marca, modelo, etc.), y es en la misma base de datos donde se actualiza la ubicación de la etiqueta, y donde se pueden modificar o añadir campos informativos del elemento a identificar, ya que en la base de datos es donde se tienen las variables relacionadas con la información del equipo (como su ubicación o su estado de funcionamiento).

## 6.2 Ejemplo escogido

Se hará una explicación por puntos de lo que le ocurriría a un equipo electromédico en funcionamiento que se estropea, o deja de funcionar correctamente.

## 6.3 Equipo seleccionado

- Bomba de infusión: es un equipo electromédico capaz de suministrar una determinada sustancia a los pacientes, ya sea por vía intravenosa en el caso de medicamentos, o enteral (o parenteral) en el caso de alimentos, a través de una sonda conectada al tubo digestivo. Estos equipos son programables, de manera que el suministro se puede realizar de manera controlada. Permiten regular la velocidad de infusión, programar el volumen a suministrar y tener registros del total de sustancia infundida.

## 6.4 Información correspondiente a la etiqueta del equipo contenida en la base de datos

### Campos con información permanente del equipo:

- Elemento: bomba de infusión
- Marca: Braun
- Modelo: Infusomat Space
- Número de modelo: 800313
- Número de serie: 100456DE
- Ubicación asignada del equipo: Unidad de Hospitalización nº 5

### Campos con información variable del equipo:

- Última ubicación conocida: Unidad de Hospitalización nº 5
- Estado de funcionamiento: Correcto
- Información complementaria: En este punto se pueden especificar reparaciones que se la hayan efectuado anteriormente, observaciones sobre el equipo (p. ej. "esquina superior izquierda rallada", "soporte roto", etc.), últimos registros de ubicación en caso que haya sido detectada en ubicaciones distintas a su ubicación asignada, etc.

## 6.5 Detalle de la trazabilidad del equipo

1. El personal de enfermería de la unidad de hospitalización nº 5 se da cuenta que el equipo, estando en funcionamiento en una habitación de paciente, no funciona correctamente.
2. Se retira el equipo, y se abre un parte de avería en el software del sistema.  
En el instante que se abre un parte de avería, al estar todo integrado en el sistema informático, la información contenida en la base de datos cambia automáticamente:
  - Estado de funcionamiento: Averiado (se refleja la información indicada en el parte de avería por el personal médico de la unidad, p. ej. "La botonera no funciona correctamente")
3. Los técnicos del taller de Electromedicina reciben el aviso del parte de avería.
4. Uno de los técnicos va a la ubicación indicada, y recoge el equipo averiado.

5. Cuando el equipo pasa por la zona de detección de la puerta principal de la unidad de hospitalización, se inicia el rastreo sobre el equipo (el sistema crea una alerta automática, para poder encontrar el equipo en el caso que no volviese a ser detectado al cabo de un cierto tiempo en otra ubicación).

6. El equipo averiado entra en el taller, donde es detectado en la puerta de entrada. El sistema anula la alerta de rastreo, y cambia la información contenida en la base de datos:

- Última ubicación conocida: Taller de electromedicina

En este instante, en función de si el equipo es reparado en el taller [caso A], o se tiene que enviar al fabricante para su reparación [caso B], se pueden producir dos situaciones distintas:

#### Caso A:

7-A. El equipo ha sido reparado en el taller, y se cierra el parte de avería.

En el instante que se cierra el parte de avería, la información del equipo contenida en la base de datos cambia automáticamente:

- Estado de funcionamiento: Correcto
- Información complementaria: Se describe la reparación realizada en el equipo con la avería descrita (p. ej. "Se sustituye la botonera averiada por una nueva").

8-A. Uno de los técnicos es el encargado de devolver el equipo a su ubicación asignada. Cuando el equipo vuelve a pasar por la antena de detección de la puerta del taller, el sistema vuelve a iniciar la alerta de rastreo sobre el equipo.

9-A. El equipo reparado vuelve a entrar en la unidad de hospitalización nº 5, siendo detectado en la puerta de entrada a la unidad. Su ubicación actual vuelve a cambiar automáticamente:

- Última ubicación conocida: Unidad de Hospitalización nº 5

10-A. El personal médico de la unidad decide si vuelve a poner el equipo en funcionamiento en una de las habitaciones, o si lo deja en el almacén de la unidad. Suponiendo que lo dejan en el almacén, la antena colocada en la puerta del mismo lo detecta, de manera que la información del equipo contenida en la base de datos queda finalmente de la siguiente manera:

- Elemento: bomba de infusión
- Marca: Braun
- Modelo: Infusomat Space
- Número de modelo: 800313
- Número de serie: 100456DE
- Ubicación asignada del equipo: Unidad de Hospitalización nº 5
- Última ubicación conocida: Almacén UH-5
- Estado de funcionamiento: Correcto

- Información complementaria: Además de lo explicado anteriormente dentro de este campo, también se especificará la última avería, con las fechas y horas de las detecciones desde que se abre el parte de avería hasta que el equipo vuelve a la unidad funcionando correctamente.

#### Caso B:

7-B. Se le quita la etiqueta al equipo, se guarda adecuadamente anotando el número de serie del equipo al que pertenece, y se envía al fabricante para su reparación. Se añade manualmente esta información en el campo de estado de funcionamiento del equipo:

- Estado de funcionamiento: Averiado – Enviado a fabricante

8-B. Cuando el equipo vuelve reparado, se busca la etiqueta correspondiente, y se vuelve a instalar en el equipo.

9-B. El equipo ha sido reparado externamente y devuelto al departamento de Electromedicina. Se cierra el parte de avería. A partir de este punto, se procede de la misma manera que en el punto 8-A del caso A:

En el instante que se cierra el parte de avería, la información del equipo contenida en la base de datos cambia automáticamente:

- Estado de funcionamiento: Correcto

10-B. Uno de los técnicos es el encargado de devolver el equipo a su ubicación asignada. Cuando el equipo vuelve a pasar por la antena de detección de la puerta del taller, el sistema vuelve a iniciar la alerta de rastreo sobre el equipo.

11-B. El equipo reparado vuelve a entrar en la unidad de hospitalización nº 5, siendo detectado en la puerta de entrada a la unidad. Su ubicación actual vuelve a cambiar automáticamente:

- Última ubicación conocida: Unidad de Hospitalización nº 5

12-B. El personal médico de la unidad decide si vuelve a poner el equipo en funcionamiento en una de las habitaciones, o si lo deja en el almacén de la unidad. Suponiendo que lo dejan en el almacén, la antena colocada en la puerta del mismo lo detecta, de manera que la información del equipo contenida en la base de datos queda finalmente de la siguiente manera:

- Elemento: bomba de infusión

- Marca: Braun

- Modelo: Infusomat Space

- Número de modelo: 800313

- Número de serie: 100456DE

- Ubicación asignada del equipo: Unidad de Hospitalización nº 5

- Última ubicación conocida: Almacén UH-5

- Estado de funcionamiento: Correcto

- Información complementaria: En este campo se especificará la última avería, quedando reflejado que con la avería concreta que ha padecido el equipo se ha

tenido que enviar a reparar al fabricante. También se reflejarán las fechas y horas de las detecciones desde que se abre el parte de avería hasta que el equipo vuelve a la unidad funcionando correctamente.

# **CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y LÍNIAS FUTURAS**

## **7.1 Conclusiones**

Con el proyecto finalizado, se pueden sacar una serie de conclusiones de la aplicación propuesta. Durante la realización del presente proyecto se ha analizado la situación actual de los bienes materiales de un hospital, poniendo una especial atención sobre los equipos electrónicos que se usan de manera constante en el día a día del hospital, en este proyecto llamados *equipos electromédicos*, por ser equipos que tienen una función médica directa sobre los pacientes del hospital. Este análisis de la situación actual de los equipos tiene como objeción principal el hecho de que existe un cierto descontrol a nivel logístico, ya que es frecuente que un equipo se encuentre en una ubicación distinta a la asignada en la actual base de datos, suponiendo grandes problemas a la hora de encontrar ciertos equipos para una aplicación concreta, o a la hora de hacer inventarios de los equipos a nivel global dentro del hospital. La realidad de cualquier centro hospitalario es que los equipos van de una ubicación a otra, ya sea por ir juntamente con el traslado de un paciente, por un préstamo por falta de existencias en una ubicación en concreto, o por la instalación de nuevos equipos en un área determinada, desplazando los equipos más antiguos a otra ubicación.

El objetivo principal del proyecto ha sido precisamente el de mejorar esta situación de descontrol actual de los equipos, y se ha propuesto la implementación de la tecnología RFID como medida de solución. Con una

integración de la información que proporciona esta tecnología en el sistema informático del hospital, se consigue que la base de datos que contiene la información de todos los equipos existentes en el hospital se actualice de manera automática y al momento, permitiendo conocer la ubicación real de todos los equipos o elementos en general que se quieren tener controlados.

Por otra parte, la integración de la tecnología RFID en el sistema informático del hospital mejora la gestión del resto de la información de los elementos en la base de datos, ya no únicamente por la actualización de la ubicación o posición de dichos elementos, sino por la actualización del resto de información de manera automática, como su estado de funcionamiento, los avisos de cambios de ubicación o préstamos entre departamentos, o los avisos de equipos extraviados.

Además, con la implementación del sistema informático de la tecnología RFID se mejora la gestión de las incidencias o averías que se producen en los equipos, ya que se propone que sea el propio personal médico el que abra un parte de avería en el momento en que esta se produce, indicando de manera clara e inequívoca cual es el síntoma que se le ha detectado al equipo para abrir un parte de avería. El parte de avería queda reflejado en el software del sistema, y el mismo software envía un aviso automático al personal técnico de Electromedicina, que al conocer de antemano qué síntomas tiene el equipo para considerarse averiado, puede actuar de manera mucho más concisa en la avería del equipo, optimizando los tiempos de reparación, suponiendo una vuelta al funcionamiento normal del equipo de manera más rápida que si el personal técnico tiene que diagnosticar la avería.

Otras mejoras que supone la implantación del sistema propuesto son las siguientes:

- La búsqueda de equipos no localizados
- La posibilidad de realizar estudios para mejorar rutas internas de los equipos en movimiento dentro del hospital
- El control del instrumental quirúrgico con el sistema de cajones
- El conocimiento de los elementos almacenados tanto en los almacenes del bloque quirúrgico como los de las unidades de hospitalización

Por todas las ventajas y mejoras que supone la implementación del sistema propuesto, se concluye que dicha implementación debe suponer un beneficio práctico para el personal del hospital. Además, supondrá un beneficio económico con una amortización a corto o medio plazo, cuando las horas de trabajo de los técnicos de electromedicina invertidas actualmente en realización de partes de avería, búsqueda de la procedencia de equipos o localización de material en el taller o otros departamentos del hospital, puedan ser invertidas en las tareas más técnicas de la profesión, optimizando los tiempos de trabajo, o incluso se pueda valorar la posibilidad de contar con menos técnicos a disposición del hospital, suponiendo un ahorro de costes en técnicos de taller.

## 7.2 Líneas futuras de trabajo

Para poder realizar una implementación práctica y real del sistema propuesto en el estudio realizado en este proyecto, son necesarios dos aspectos fundamentales: la instalación de todo el sistema RFID expuesto en el proyecto (instalación de antenas, lectores y colocación de las etiquetas en los equipos) y la incorporación de un software de gestión de los datos que se generan con el sistema informático existente del hospital.

Así que como etapa inmediatamente posterior a la realización de este proyecto se propone la creación del nuevo software de gestión para la integración de la información proporcionada por la tecnología RFID en la base de datos del hospital, que también deberá ser modificada. Esta etapa debe estar liderada por el personal informático del hospital conjuntamente con el personal de Electromedicina, y verificar, inicialmente, que después de una instalación de prueba de dos o tres antenas (un único lector) el sistema informático es capaz de mostrar al usuario qué elemento (o etiqueta) ha sido detectado por las antenas, y comprobar que al detectar una misma etiqueta en otra antena se actualiza automáticamente la posición de dicha etiqueta en la base de datos. Posteriormente, se deberá proceder a crear una nueva base de datos (o modificar la existente) donde la información de los equipos pueda ser modificada de manera automática, no sólo con su posición, sino por ejemplo, cuando se abra o se cierre un parte de avería. Además, el personal de Electromedicina deberá poder registrar un cambio de ubicación permanente (ubicación asignada) a los equipos que cambien de área o departamento dentro del hospital, haciendo la base de datos más dinámica, automatizada y real en comparación con la actual.

Con la parte informática solventada, solamente quedará proceder a la instalación física de los componentes de la tecnología RFID. Se colocarán las etiquetas a los elementos que se quieran controlar y se vinculará cada etiqueta con el equipo correspondiente en la base de datos, se instalarán los lectores y antenas necesarios y se vinculará la posición de cada antena con su ubicación correspondiente en el sistema informático. Las instalaciones de las etiquetas las realizará el personal de Electromedicina, ya sea en el taller o en la ubicación donde se encuentren los equipos. Las instalaciones de los lectores y las antenas las realizará el personal de Electromedicina conjuntamente con el de mantenimiento, pudiendo contar con la ayuda de una empresa externa en caso que fuese necesario.

Finalmente, se proponen una serie de ideas a desarrollar en etapas posteriores a la implementación real del sistema:

- Pulseras de paciente con etiquetas RFID para el control de los pacientes: asociadas a su ficha médica, control de comidas, medicamentos a suministrar, pruebas médicas u operaciones programadas, etc.
- Etiquetas RFID en las tarjetas identificadoras del personal hospitalario: asociadas a su función o rango dentro del hospital, especialidad en el caso

de los médicos, ficha de los pacientes a los que llevan, validación de la ronda diaria en el caso de los técnicos de Electromedicina, etc.

- Armarios RFID para el control de fármacos en farmacia o los controles de enfermería, así como para el control de elementos del bloque quirúrgico (prótesis, medicamentos, instrumental quirúrgico...).
- Control y validación tanto de los carros de limpieza en quirófanos y otras zonas como de los carros de comida para los pacientes.
- Construcción de un mapa virtual del hospital en el software del sistema, pudiendo controlar y comprobar remotamente el funcionamiento de todas las antenas instaladas, y pudiendo visualizar la trazabilidad de los equipos marcados.

# CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA

## 8.1 Referencias Bibliográficas

Bibliografía consultada:

- Cobos Moreno, Carlos. 2013. *Control de los entornos de sistemas RFID*. Universidad Carlos III de Madrid.
- K. V. S. Rao, Pavel V. Nikitin, Sander F. Lam. *Impedance Matching Concepts in RFID Transponder Design*. Intermec Technologies Corporation. Everett, WA 98203, USA.
- Syed A. Ahson, Mohammad Ilyas. *RFID Handbook: Applications, Technology, Security, and Privacy*.
- Darmindra Danaraj Arumugam. *Characterization of RF Propagation in Metal Pipes for Passive RFID Systems*.
- Daniel M. Dobkin. *The RF in RFID: UHF RFID in Practice*.
- Juels, A. 2006. *RFID security and privacy: a research survey*. RSA Labs., Bedford, MA, USA.
- Want, R. 2006. *An introduction to RFID technology*. Intel Res., Santa Clara, CA, USA.
- Sanjay E. Sarma, Stephen A. Weis, Daniel W. Engels. 2003. *RFID Systems and Security and Privacy Implications*. Volume 2523 of the series Lecture Notes in Computer Science, 454-469.
- Hernández, Cristina. 2008. *Seguridad proactiva RFID*. RFID Magazine.

- Simson L. Garfinkel. 2006. *RFID Security and Privacy*.
- K. Finkenzerler. 1999. *RFID handbook: Radio-frequency identification fundamentals and applications*. John Wiley and Sons.
- K. V. S. Rao. 1999. *An overview of backscattered radio frequency identification system (RFID)*. Asia Pacific Microwave Conference, 3:746–749.
- Want, R. 2004. *Enabling Ubiquitous Sensing with RFID*. Computer, vol. 37, no. 4, 84-86.
- S. Garfinkel. 2002. *An RFID Bill of Rights*. Technology Rev. p. 35.
- Harald Vogt. 2002. *Efficient Object Identification with Passive RFID Tags*. Volume 2414 of the series Lecture Notes in Computer Science. 98-113.
- Hahnel, D.; Burgard, W.; Fox, D.; Fishkin, K. 2004. *Mapping and localization with RFID technology*. Published in: Robotics and Automation.
- Roberti, Mark. 2005. *The History of RFID Technology*. RFID Journal.
- Dargan, Gaurav; Johnson, Brian; Panchalingam, Mukunthan; Stratis, Chris. 2004. *The Use of Radio Frequency Identification as a Replacement for Traditional Barcoding*.
- Landt, Jerry. 2001. *Shrouds of Time: The history of RFID*.
- Tedjasaputra, Adi. 2006. *RFID Tag Attachments*.
- Tedjasaputra, Adi. 2006. *The Art and Science of RFID Tagging*.
- Jill A. Fisher, Torin Monahan. 2008. *Tracking the social dimensions of RFID systems in hospitals*. Publicado en: International Journal of Medical Informatics 77, 176-183.

## 8.2 Otras Referencias

### *Webgrafía:*

<https://es.wikipedia.org/wiki/RFID>

<http://www.reinmedical.com/es/conocimientos-tecnologia/clases-de-proteccion-ip.html>

<http://www.alientechnology.com/media/press-releases/alien-technology-launches-european-commercial-4-port-fixed-uhf-reader/>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa\\_de\\_absorci%C3%B3n\\_espec%C3%ADfica](https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa_de_absorci%C3%B3n_espec%C3%ADfica)

<https://www.coit.es/web/servicios/tecnologia/emision/reglamenta.html>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Equivalent\\_isotropically\\_radiated\\_power](https://en.wikipedia.org/wiki/Equivalent_isotropically_radiated_power)

<http://www.celyontecnica.es/var/celyon-1141-BOE-A-2009-17606.pdf>

<https://www.coit.es/descargar.php?idfichero=2469>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Specific\\_absorption\\_rate](https://en.wikipedia.org/wiki/Specific_absorption_rate)

<https://es.wikipedia.org/wiki/RFID#Estandarizaci.C3.B3n>

[http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=23131](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=23131)

[http://www.gs1.org/docs/epc/UHF\\_Regulations.pdf](http://www.gs1.org/docs/epc/UHF_Regulations.pdf)

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:10536:-2:ed-1:v1:en>

<http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/Directiva.aspx?Directiva=1999/5/CE#Trasposicion>

<http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/DetalleDisposicionNacional.aspx?Cod=4407>

[http://www.f2i2.net/Documentos/LSI/Dis\\_4407.pdf](http://www.f2i2.net/Documentos/LSI/Dis_4407.pdf)

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999L0005&from=EN>

[http://www.agpd.es/portalwebAGPD/canaldocumentacion/publicaciones/common/Guias/Guia\\_RFID.pdf](http://www.agpd.es/portalwebAGPD/canaldocumentacion/publicaciones/common/Guias/Guia_RFID.pdf)

<http://orffpruebas.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13206/PFC%20-%20Modelado%20de%20escenarios%20y%20posicionamiento%20basados%20en%20RF.pdf?sequence=1>

[http://orffpruebas.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11063/PFC\\_IsmaelNistalGonzalez.pdf?sequence=1](http://orffpruebas.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11063/PFC_IsmaelNistalGonzalez.pdf?sequence=1)

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1549751&tag=1>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Grado\\_de\\_protecci%C3%B3n\\_IP](https://es.wikipedia.org/wiki/Grado_de_protecci%C3%B3n_IP)

<http://www.gs1.org/epcrfid/epc-rfid-uhf-air-interface-protocol/2-0-1>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Ethernet>

[http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/18304/PFC\\_Carlos\\_Cobos\\_Moreno.pdf?sequence=1](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/18304/PFC_Carlos_Cobos_Moreno.pdf?sequence=1)

<http://en.wikipedia.org/wiki/DBm>

[http://www.ee.washington.edu/faculty/nikitin\\_pavel/papers/AutoID\\_2005.pdf](http://www.ee.washington.edu/faculty/nikitin_pavel/papers/AutoID_2005.pdf)



Escola Universitària d'Enginyeria  
Tècnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## Anexos

A background image showing the facade of a large, classical building with a central arched entrance and many windows. The text is overlaid on this image.

# ***“Automatización de un proceso para identificación y control de elementos hospitalarios en zonas de paso”***

TFG presentado para optar al título de GRADO en  
INGENIERÍA BIOMÉDICA  
por **Guillem Casas Schmitt**

Barcelona, 14 de Octubre de 2015

Directora: Beatriz Giraldo Giraldo  
Departamento de ESAII (D707)  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)



## **ÍNDICE DE LOS ANEXOS**

Hoja de producto de la etiqueta IT76 .....	81
Hoja de producto del chip de la etiqueta .....	85
Hoja de producto de la antena IE33D .....	86
Hoja de producto del lector IF2 .....	88
Tabla de conversiones de potencia (dBm a W) .....	90

## Hoja de producto de la etiqueta IT76

### Product profile

IT<sub>36</sub>  
IT<sub>75</sub>  
IT<sub>76</sub>

Low Profile  
Durable RFID Asset Tags



- Excellent price per performance
- EPCglobal UHF Class 1 Gen 2/18000-6C compliant
- Rugged encapsulation for harsh environments
- Low profile, small form factor
- Superior read range
- Reusable for lower cost per use

Intermec's rugged Low Profile Durable Asset Tags have been designed to provide superior performance and high durability on a variety of surfaces at a low cost.

Utilizing the latest generation of Gen 2 silicon supporting 512 bits of user memory within a small, durable form factor, Intermec's Durable Asset Tags are suitable for tracking a wide variety of assets.

The IT36 is tuned for a wide frequency band to include both FCC and ETSI regions and is optimized primarily for non-metal surfaces, such as reusable plastic containers and wooden and plastic pallets.

The IT75 (tuned for FCC regions) and the IT76 (tuned for ETSI regions) are optimized specifically for metal surfaces such as metal pallets, ULDs, and other metal assets.

#### **Typical IT36 Applications Include:**

- Returnable & Reusable Plastic Containers (RPCs), including totes, bins, trays, and boxes.
- Wood and plastic pallets
- Carts

#### **Typical IT75/IT76 Applications Include:**

- Metal assets
- Metal containers, cages, and pallets
- Conveyance assets (containers and trailers)
- Unit Load Devices (ULDs)

#### **Attachment Methods**

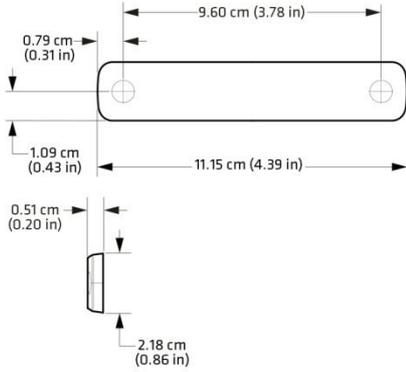
The Durable Asset Tags can be attached using screws, rivets, double-sided adhesive strips or a variety of other methods.

#### **Reader Compatibility**

The Durable Asset Tags are compatible with any Intermec UHF RFID reader and or any competitive EPCglobal UHF Class 1 Gen 2/ISO 18000-6C reader.

**Form Factor**

Rigid Case: 4.39 in x 0.86 in x 0.20 in  
(11.15 cm x 2.18 cm x 0.51 cm)



**Air Interface**

EPCglobal UHF Class Gen 2/ISO 18000-6C  
Chip type: Monza 4QT with 512 bits of user memory, 128 bits of EPC memory, and serialized TID

**Environmental**

**IP67 Environmental Rating**

**Temperature Ratings**

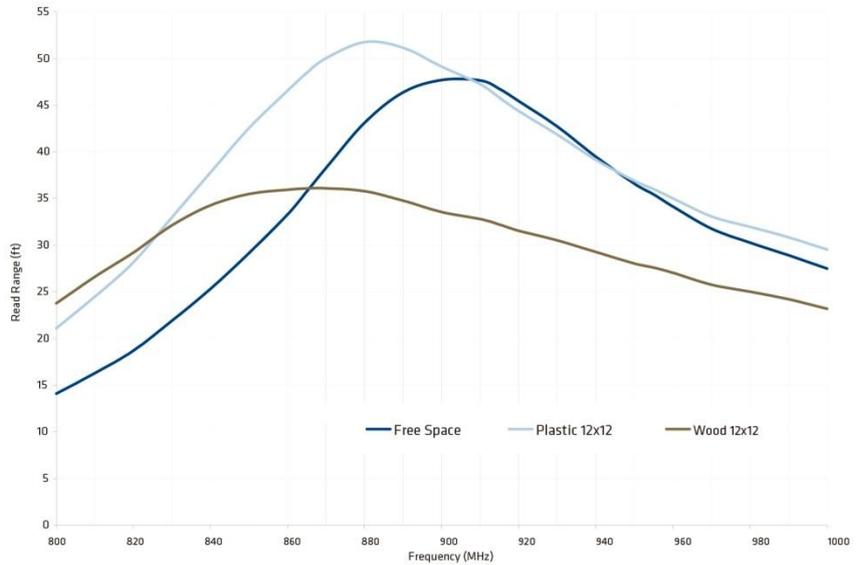
Operating: -40°F to 180°F (-40°C to 82.2°C)

Storage: -40°F to 200°F (-40°C to 93.3°C)

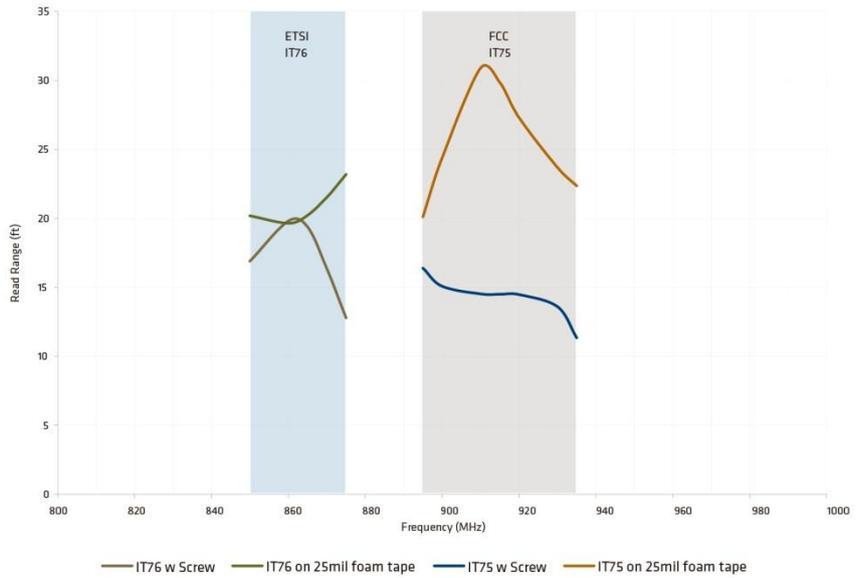
Vibration: 5g RMS, 1.5-2000 Hz flat spectrum

Recommended Adhesive Tape: 3M™ VHB™ Tape Number 4646 (25 mil (0.64 mm) thickness)

**Read Range Performance of IT36 Durable Asset Tag**



**Read Range Performance of IT75 and IT76 Durable Asset Tags**



**North America**  
6001 36th Avenue West  
Everett, Washington 98203  
Phone: (425) 348 2600  
Fax: (425) 355 9551

**South Latin America**  
Brazil  
Phone: (+55) 11 3711 6770  
Fax: (+55) 11 5502 6780

**Media Sales**  
EMEA: (+31) 24 372 3167  
USA: (513) 874 5882  
<http://intermec.custhelp.com>

**Customer Service & Support**  
Toll Free NA: (800) 755 5505  
Toll in NA: (425) 356 1799  
EMEA: [intermec.custhelp.com](http://intermec.custhelp.com)



**North Latin America**  
Mexico  
Phone: (+52) 55 52 41 48 00  
Toll Free NOLA:  
01800 490 4990

**Europe, Middle East & Africa**  
Reading, United Kingdom  
Phone: (+44) 118 923 0800  
Fax: (+44) 118 923 0801

**Sales**  
Toll Free NA: (800) 934 3163  
Toll in NA: (425) 348 2726  
Freephone ROW:  
00800 4488 8844

**Internet**  
[www.intermec.com](http://www.intermec.com)

**Worldwide Locations**  
[www.intermec.com/locations](http://www.intermec.com/locations)

**Asia Pacific**  
Singapore  
Phone: (+65) 6303 2100  
Fax: (+65) 6303 2199

**OEM Sales**  
Phone: (425) 348 2762





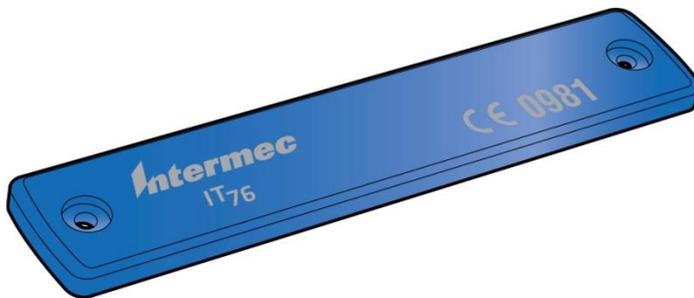
# IT76



## Durable Asset Memory Tag Information Sheet

Intermec's IT76 Durable Asset Memory tag is a passive UHF RFID tag designed for superior performance on metal containers. The EPC Gen 2 tag combines an impressive range with a rugged, yet compact, package designed for harsh industrial applications. The antenna design provides consistent UHF range performance in ETSI band regions.

To order additional RFID tags, contact your local Intermec sales representative.



### **IT76 Durable Asset Memory Tag**

## **Installing the Tags**

You can attach the tag using screws, double-sided adhesive strips, or any other method appropriate for your RFID system. Each tag has two mounting holes for M3 (#4) screws (not included). If you are using double-sided adhesive strips, Intermec recommends using 3M 4646 tape that is 25 mil thick.



**Caution**

**Use caution when tightening hardware to avoid damaging the tag housing.**

## Tag Specifications

The table below shows the tag specifications for the IT76 tag.

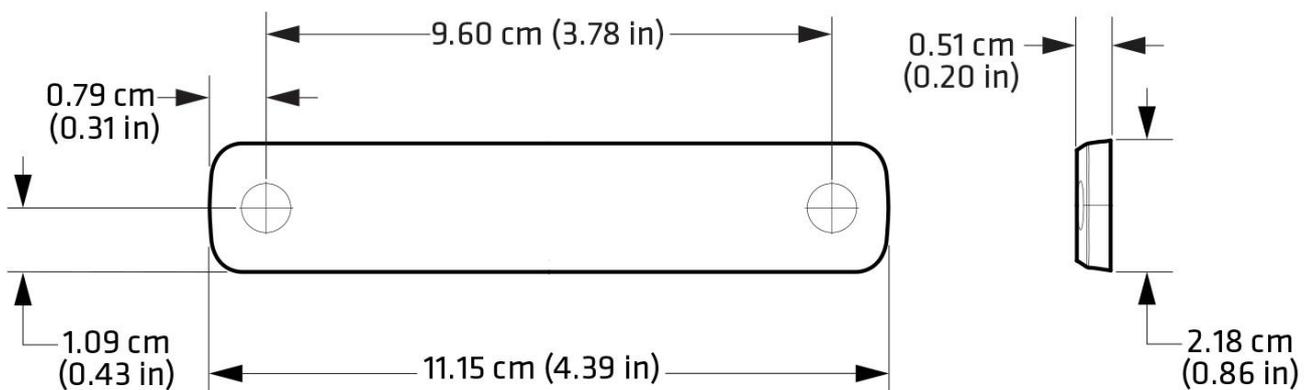
### **IT76 Durable Asset Memory Tag Specifications**

Specification	Description
Size	2.18 x 11.15 x 0.51 cm (0.86 x 4.39 x 0.20 in)
Frequency	865 MHz
Operating temperature	-40°C to 85°C (-40°F to 185°F)
Read range (typical)	4.57 m (15 ft) when mounted on a metal container that is 30.48 x 30.48 cm (12 x 12 in) or larger.
Silicon type	Monza 4QT with 512 bits of user memory, 128 bits of EPC memory, and serialized TID. For more information about the tag chip capabilities and programming, see the Impinj web site at <a href="http://www.impinj.com/products/monza4tagchips.aspx">http://www.impinj.com/products/monza4tagchips.aspx</a> .



**Note:** Read ranges shown represent typical performance using a reader system with 4 Watts EIRP. Actual range performance may vary depending on power output and environmental factors.

## Tag Dimensions



## Hoja de producto del chip de la etiqueta



## Overview

With the new **Monza**® 4 tag chips, Impinj builds upon the field-proven Monza chip family—well-regarded in the industry as the most reliable, consistent, flexible, and fully UHF Gen 2-compliant tag chips available. The Monza 4 family provides a variety of models to suit diverse applications, ushering in new standards in RFID privacy, tag orientation insensitivity, best and most consistent read/write performance, and memory capability.

## Features

- ❖ **True3D™ antenna technology**—patented, dual-differential antenna ports enable compact Omni-directional tags, improving item-level read reliability
- ❖ **QT™ technology**—protects business sensitive data while assuring consumers of privacy
  - **Private/Public** data profiles—two different memory maps that enable tag owners to control exposure of data
  - **Short-range** option to prevent unauthorized access
- ❖ Available memory options to support large user-memory applications
- ❖ **Block permalocking** adds flexibility in memory usage
- ❖ Custom S1 flag refresh facilitates inventory of hard-to-read tags
- ❖ Custom EPC+TID backscatter allows rapid tag authentication
- ❖ Superior read sensitivity of -19.5 dBm (single port operation) or -22 dBm (with True3D) with a single dipole tag.
- ❖ Industry-leading write sensitivity of -16.7 dBm, with a single dipole tag, for unparalleled commissioning and bulk encoding reliability.
- ❖ Write rate of 5 ms for 32-bit writes enables 1200 tags/minute programming
- ❖ Extended temperature range (-40 °C to +85 °C) for reliable performance under hard conditions
- ❖ Impinj's field-rewritable NVM (optimized for RFID) provides 100,000-cycle/50-year retention reliability
- ❖ EPCglobal and ISO 18000-63 compliant, Gen2V2 compliant.

[www.impinj.com](http://www.impinj.com)

Copyright © 2015, Impinj, Inc.  
Impinj, Powered by Impinj, and Monza are either registered trademarks or trademarks of Impinj, Inc.  
For more information, contact [rfid\\_info@impinj.com](mailto:rfid_info@impinj.com)

Para más información sobre el chip:

<https://support.impinj.com/hc/en-us/articles/202756908-Monza-4-RFID-Tag-Chip-Datasheet>

## Hoja de producto de la antena IA33D

### Product profile



### Antenna Cell

- Specifically developed for forklift installations
- Enables fast and inexpensive installations
- Flexible and configurable to support changing application needs
- Available in both FCC and ETSI frequencies

With its unique, mostly metal design, the Intermecc Antenna Cell is an RFID antenna specifically developed for forklift installations where shock and vibration can far exceed the specifications of antennas designed for fixed RFID reader applications. Complete with mounting hardware, Antenna Cells can be mounted with no drilling, cutting or welding which enables fast and inexpensive installations for a single forklift or fleet deployments. Antenna Cells are available in both FCC and ETSI frequencies.

Antenna Cells leverage another new product, the Adaptable Load Backrest (ALBR), developed in partnership with Cascade Corporation, the world's leader in the design and manufacture of lift truck attachments. The Antenna Cells can be mounted into an ALBR in about a half hour, as opposed to spending a day of field engineering time, and approximately \$2500 in expense, to install RFID equipment onto a forklift the "old fashioned" way.

The ALBR neatly and precisely compartmentalizes the Antenna Cells and RFID reader into areas of the load backrest that don't obstruct the operator's vision and are protected from damage. In addition, the ALBR provides

built-in Antenna Cell cable routing for protection for vulnerable cables and a professional looking installation.

Antenna Cells mounted into ALBRs are flexible and configurable for quick and inexpensive reconfigurations to support changing application needs such as converting from pallet tag reading to case level reading. This modular approach enables Antenna Cells to be interchangeable for quick replacement of damaged parts lessening slow downs in a busy operation.

The ALBR and Antenna Cells not only improve operator performance and safety, they also significantly reduce the time and cost of RFID forklift deployments. With the ALBR and Antenna Cells, the installation of an RFID reader and antennas no longer needs to involve labor-intensive customization of the load backrest or fork truck. Durable, reliable installations of these products should last the life of a typical forklift lease.

Antenna Cells are sold by Intermecc Technologies and its distributors and partners. ALBRs are manufactured and sold by Cascade Corporation. They are built to order for specific forklift models.



Intermec Model Number	IA33D	IA33E
Intermec Part Number	805-816-001	805-816-002
RFID Frequency Ranges	865 – 870 MHz	902 – 928 MHz
Physical Characteristics	Length: 19.6 cm (7.7 in) Width: 19.6 cm (7.7 in) Height: 2.5 cm (1 in) Weight: 1.4 kg (3 lb)	Length: 19.6 cm (7.7 in) Width: 19.6 cm (7.7 in) Height: 2.5 cm (1 in) Weight: 1.4 kg (3 lb)
Environment	Operating Temperature: -25°C to 55°C (-13°F to 131°F) Storage Temperature: -30°C to 75°C (-22°F to 167°F) Humidity (non-condensing): 10% to 90%	Operating Temperature: -25°C to 55°C (-13°F to 131°F) Storage Temperature: -30°C to 75°C (-22°F to 167°F) Humidity (non-condensing): 10% to 90%
Environmental Rating	IP66	IP66
Shock	50 g, 8ms ½ sine, 5000 impulses each direction, each axis	50 g, 8ms ½ sine, 5000 impulses each direction, each axis
Gain	6.0 dBi	6.0 dBi
Impedance	50 Ohms	50 Ohms
VSWR	<1.5:1	<1.5:1
Axial Ratio	N/A	N/A
Polarization	Right Hand Circular	Right Hand Circular
Front-to-Back Ratio	10 dB	10 dB
Maximum Input Power	10 Watts	10 Watts
H-Plane Beamwidth	66 degrees (half power)**	82 degrees (half power)
E-Plane Beamwidth	82 degrees (half power)	82 degrees (half power)
Connector	N	N Reverse Polarity
RoHS, WEEE Compliance	Complies	Complies
Mounting Hardware	Adaptable Load Backrest Mounting Included	Adaptable Load Backrest Mounting Included

\*\* Beam width when mounted in the adjustable load back rest.

**Restrictions On Use**

Some approvals and features may vary by country and may change without notice. Please check with your local Intermec sales office for further information.

**Disclaimer**

Intermec reserves the right to make changes without notice to any products herein for any reason at any time, including but not limited to improving the reliability, form, fit, function or design. Please contact Intermec for current price list and availability.

**North America  
Corporate Headquarters**  
6001 36th Avenue West  
Everett, Washington 98203  
Phone: (425) 348-2600  
Fax: (425) 355-9551

**South America & Mexico  
Headquarters Office**  
Newport Beach, California  
Phone: (949) 955-0785  
Fax: (949) 756-8782

**Europe/Middle East &  
Africa Headquarters Office**  
Reading, United Kingdom  
Phone: +44 118 923 0800  
Fax: +44 118 923 0801

**Asia Pacific  
Headquarters Office**  
Singapore  
Phone: +65 6303 2100  
Fax: +65 6303 2199

**Internet**  
www.intermec.com  
Worldwide Locations:  
www.intermec.com/locations

**Sales**  
Toll Free NA: (800) 934-3163  
Toll in NA : (425) 348-2726  
Freephone ROW: 00 800 4488 8844  
Toll ROW : +44 134 435 0296

**OEM Sales**  
Phone: (425) 348-2762

**Media Sales**  
Phone: (513) 874-5882

**Customer Service and Support**  
Toll Free NA: (800) 755-5505  
Toll in NA : (425) 356-1799



Copyright © 2007 Intermec Technologies Corporation. All rights reserved. Intermec is a registered trademark of Intermec Technologies Corporation. All other trademarks are the property of their respective owners. Printed in the U.S.A. 611798-01C 06/07

In a continuing effort to improve our products, Intermec Technologies Corporation reserves the right to change specifications and features without prior notice.



## Hoja de producto del lector IF2

Hoja de producto

# IF2

Lector RFID para entornos de red



- Rendimiento avanzado en un diseño compacto.
- Fácil de instalar y gestionar en la mayoría de redes habituales.
- Bajo coste por punto de lectura para maximizar el retorno de la inversión.
- La opción de alimentación a través de red (Power over Ethernet, PoE) reduce el coste de instalación.
- Supervisa y controla periféricos directamente sin necesidad de ningún otro equipo.
- Se puede configurar en fábrica para funcionar en regiones del mundo donde se usen bandas de frecuencia FCC o ETSI.

El IF2 de Intermec es un lector para entornos de red compacto y rentable diseñado para soportar aplicaciones de RFID tanto en entornos de oficina como industriales donde se necesita un sistema RFID escalable y con un bajo coste por punto de lectura.

El IF2 está basado en una plataforma de radio (RF) diseñada por Intermec que ofrece la mejor capacidad de lectura de su categoría y es compatible con las Extensiones RFID Avanzadas (ARX), exclusivas de Intermec, que ayudan a los clientes a obtener más visibilidad de las etiquetas RFID, de modo que se mejora la precisión de lectura respecto a otros lectores que utilizan chips menos versátiles.

El IF2, ligero y pequeño, aunque resistente, permite realizar tareas de gestión de activos e inventario y es perfecto para casi cualquier entorno de trabajo, como almacenes, fábricas u oficinas.

### **Reduce los costes de sistema y de implantación en instalaciones grandes y pequeñas**

Con el objetivo de mantener los equipos antiguos y los costes de instalación bajos, el IF2 incorpora funciones que reducen los costes y la complejidad del sistema en general.

El IF2 no solo puede instalarse con facilidad en prácticamente cualquier entorno gracias a su carcasa pequeña y

ligera con ranuras de montaje integradas, sino que además es compatible con la alimentación a través de red PoE para hacer posible implantaciones escalables sin el coste de tener que añadir tomas de corriente en lugares donde no hay o no son practicables. También existe un adaptador de CC para conectar el lector a una toma de corriente común. Ambos métodos de alimentación permiten al IF2 una potencia de emisión de RF total (hasta 30 dBm).

Como los circuitos de entrada/salida (GPIO) del lector pueden alimentarse directamente a través del sistema PoE o del adaptador de CC, el IF2 permite supervisar y controlar directamente periféricos, como detectores de presencia y luces de señal sin necesidad de utilizar dispositivos adicionales ni cables de alimentación.

Para reducir los costes de instalación y equipo aún más, los cuatro puertos de antena del IF2 pueden configurarse para transmitir en modo mono o biestático, lo que confiere una mayor flexibilidad al sistema para lograr los mejores resultados en la aplicación y el entorno. La extensa gama de antenas de Intermec permite adaptarse a distintas aplicaciones, en comparación con los lectores que tienen integrado un tipo concreto de antena y limitan la flexibilidad en cuestión de aplicaciones e implantación.

### **Fácil de usar y gestionar**

El IF2 es compatible con los protocolos estándares de dispositivos de red,

Incluidos los de detección automática y de servicio de red, lo que permite integrarlo a la perfección en infraestructuras de red comunes.

Gracias a la interfaz de aplicaciones LLRP, basada en estándares, el IF2 puede integrarse rápidamente con sistemas empresariales como IBM WebSphere RFID y Microsoft BizTalk RFID, y constituir una plataforma estándar y escalable para desarrollar, implementar y administrar soluciones RFID.

Asimismo, el IF2 es compatible con Basic Radio Interface (BRI) de Intermec, una interfaz de servidor muy fácil de usar que permite a los clientes y partners de Intermec incluir el lector IF2 en sus soluciones de manera rápida y sencilla. El IF2 viene de fábrica con el cliente Intermec SmartSystems™ sin ningún coste adicional. Con el sistema Intermec SmartSystems Foundation, los administradores pueden ajustar la configuración de los dispositivos, enviar actualizaciones de firmware, actualizar las aplicaciones informáticas y realizar otros cambios en varios dispositivos directamente desde una consola centralizada, para ahorrar tiempo y costes en la implantación, la configuración y el mantenimiento de los equipos Intermec.

Los Servicios Avanzados de Intermec ofrecen análisis, estudio de cobertura, instalación y una garantía de rendimiento del sistema de dieciocho meses.

Para garantizar su funcionamiento en diversas partes del mundo, el IF2 cumple con los estándares internacionales de compatibilidad y está configurado para funcionar en la banda de frecuencia RFID correspondiente.

#### Descripción general

El IF2 es un lector para entornos de red compacto y rentable diseñado para realizar distintas operaciones de UHF RFID pasiva tanto en entornos de oficina como industriales. El IF2 tiene cuatro puertos de RF mono o biestáticos y control integrado de entrada/salida (GPIO), admite alimentación a través de la red PoE y es compatible con las interfaces de aplicaciones estándares LLRP y Basic Radio Interface (BRI) de Intermec, lo que permite llevar a cabo implantaciones económicas y escalables, y así obtener un retorno de la inversión en poco tiempo. El IF2 se integra en una carcasa de gran resistencia ideal para cualquier entorno y está configurado para funcionar en diversas regiones del mundo.

#### Características físicas

**Largo:** 18,85 cm  
**Largo con protector anti salpicaduras:** 19,9 cm  
**Ancho:** 16,31 cm  
**Alto:** 4,32 cm  
**Peso:** 1,0 kg  
**Indicaciones de estado por LED:** Servicio de RFID, encendido, PoE, Ethernet, detección de etiquetas y conexión al puerto de antena

#### Entorno de operación

**Temperatura de funcionamiento:** De -20 a 50 °C  
**Temperatura de almacenamiento:** De -30 a 70 °C  
**Humedad relativa:** Del 5% al 95% sin condensación  
**Carcasa:** Sellado IP53  
Base de magnesio fundido, cubierta de plástico Lexan

#### Conectividad

**Comunicaciones:** 10/100 BaseT Ethernet  
RS-232, USB para configuración  
**Alimentación de entrada:** PoE (compatible con 802.3at)  
Entrada de CC (12 V CC +/-5%, 30 W), conexión sellada/con bloqueo. Necesita el adaptador opcional Intermec de 100/240 V CA.

#### Uso general

**Entrada/salida (GPIO):** Cuatro circuitos de entrada (0-40 V CC) y cuatro de salida (0-48 V CC, 0,25 A); funcionan con PoE o con corriente continua (500 mA, 12 V CC)

#### Características de RF

**Conexiones de antena:** Cuatro puertos TNC con polaridad invertida que pueden configurarse en modo mono o biestático  
Detección de fallos de antena y ajuste automático para maximizar el rendimiento  
**Potencia de emisión:** De 1 a 30 dBm, configurable en pasos de 1 dB (calibrada por encima de 9 dBm)  
**Rangos de frecuencia:** FCC (902-928 MHz) y ETSI (865-868 MHz), configurado en fábrica

#### Plataforma de software

##### Protocolos de etiquetas de UHF pasiva:

ISO 18000-6B  
ISO 18000-6C  
EPCglobal UHF Clase 1 Gen 2

##### Características de las etiquetas:

NXP G2X, extensiones Impinj Monza 4QT  
Etiquetas de gran capacidad (Fujitsu, Tego y ATA)

##### Protocolos de aplicación de servidor:

EPCglobal LLRP  
Extensiones RFID Avanzadas (ARX) de Intermec  
Basic Reader Interface (BRI, interfaz de lector básico)  
Kit de recursos para BRI (Java, C# .NET), disponible en la Intermec Developer Library (IDL, biblioteca para desarrolladores de Intermec)

##### Gestión de configuración:

Bonjour  
Plug and Play universal (UPnP)  
Cliente Intermec SmartSystems  
Servicios web de Intermec e interfaz de configuración web

##### Protocolos de red:

Servidor web HTTP/HTTPS  
IPv4, IPv6  
DHCP, DNS, NTP, Syslog

#### Seguridad

Cumple con FIPS 140-2 para HTTPS, seguridad para LLRP y para servicios web (DCWS)  
Soporte de cliente RADIUS  
Compatibilidad con el Certificado SSL

#### Certificación de seguridad

IEC/UL 60950-1

#### Accesorios

Antenas y cables de antena aprobados por Intermec

#### Restricciones de uso

Algunas aprobaciones y características pueden variar según el país y modificarse sin previo aviso. Para más información, póngase en contacto con la oficina de Intermec de su zona.

#### Limitación de responsabilidad

Intermec se reserva el derecho a realizar cambios, sin previo aviso, en cualquiera de los productos incluidos en este documento, incluyendo pero no limitando los que por razón de diseño, prestaciones, forma, modelo o funcionalidad sean necesarios. Póngase en contacto con Intermec para obtener la lista de precios y consultar la disponibilidad e información adicional.

**Norteamérica**  
**Sede central**  
6001 36th Avenue West  
Everett, Washington 98203  
Tel.: (425) 348-2600  
Fax: (425) 355-9551

**España**  
Intermec Technologies  
Avda. de la Vega, 15  
Edificio 3-Planta 2ª Izq.  
28108 Alcobendas (Madrid)  
Tel.: +34 91 806 0202  
Fax: +34 91 804 2221

**Latinoamérica (norte)**  
**Oficina central**  
México  
Tel.: +52 55 52-41-48-00  
Fax: +52 55 52-11-81-21

**Latinoamérica (sur)**  
**Oficina central**  
Brasil  
Tel.: +55 11 5502.6770  
Fax: +55 11 5502.6780

**Europa, Oriente Medio y África**  
**Sede central**  
Reading (Reino Unido)  
Tel.: +44 118 923 0800  
Fax: +44 118 923 0801

**Zona Asia-Pacífico**  
**Oficina central**  
Singapur  
Tel.: +65 6303 2100  
Fax: +65 6303 2199

**Internet**  
www.intermec.com  
Sedes internacionales:  
www.intermec.com/locations

**Ventas**  
Llamada gratuita en  
Norteamérica: (800) 934-3163  
Llamada de pago en  
Norteamérica: (425) 348-2726  
Teléfono gratuito en España:  
900 30 20 11  
Teléfono gratuito en  
el resto del mundo:  
00 800 4488 8844  
Llamada de pago en el resto  
del mundo: +44 134 435 0296

**Ventas OEM**  
Tel.: (425) 348-2762

**Ventas de materiales**  
Tel.: (513) 874-5882

**Servicio y asistencia al cliente**  
Llamada gratuita en  
Norteamérica:  
(800) 755-5505  
Llamada de pago en  
Norteamérica: (425) 356-1799

Copyright © 2012 Intermec Technologies Corporation Reservados todos los derechos. Intermec es una marca registrada de Intermec Technologies Corporation. El resto de marcas pertenecen a sus propietarios respectivos. Impreso en EE.UU. 01/12

En un continuo esfuerzo por mejorar nuestros productos, Intermec Technologies Corporation se reserva el derecho de cambiar especificaciones y características sin previo aviso.



Para más información sobre el lector:

[http://epsfiles.intermec.com/eps\\_files/eps\\_man/935-040.pdf](http://epsfiles.intermec.com/eps_files/eps_man/935-040.pdf)

### Tabla de conversiones de potencia (dBm a W)

A continuación se muestra una tabla de las conversiones más útiles de potencia de dBm a W.

*Tabla A.1 Conversiones de potencia de dBm a W. Tabla extraída de Wikipedia.*

Potencia (dBm)	Potencia (W)	Notas
80 dBm	100 kW	Potencia de transmisión típica de una estación de radio FM con un alcance de 50 kilómetros.
60 dBm	1 kW = 1000 W	Radiación típica de RF de un <a href="#">horno de microondas</a> . Máxima potencia de salida de RF permitida sin autorización en emisoras de radio-aficionados.
50 dBm	100 W	Radiación térmica emitida por el cuerpo humano. Máxima potencia de salida de RF habitual en las emisoras de radio-aficionados.
40 dBm	10 W	Potencia de transmisión típica de un PLC.
36 dBm	4 W	Salida de potencia típica para una estación de <a href="#">banda ciudadana</a> (27 MHz) en muchos países.
33 dBm	2 W	Máxima salida de potencia para un teléfono móvil UMTS/3G (teléfono de potencia clase 1). Máxima salida de potencia para un teléfono móvil GSM850/900.
30 dBm	1 W = 1000 mW	Fuga de RF típica de un <a href="#">horno de microondas</a> . Máxima salida de potencia para un teléfono celular GSM1800/1900.
27 dBm	500 mW	Potencia típica de transmisión de un teléfono móvil. Máxima salida de potencia para un teléfono móvil UMTS/3G (teléfono de potencia clase 2).
26 dBm	400 mW	
25 dBm	316 mW	
24 dBm	250 mW	Máxima salida de potencia para un teléfono móvil UMTS/3G (teléfono de potencia clase 3).
23 dBm	200 mW	
22 dBm	160 mW	
21 dBm	125 mW	Máxima salida de potencia para un teléfono móvil UMTS/3G (teléfono de potencia clase 4).
20 dBm	100 mW	Estándar <a href="#">Bluetooth</a> clase 1, cobertura de 100m (máxima potencia de salida para un transmisor FM). Potencia típica de un <a href="#">router</a> inalámbrico <a href="#">WiFi</a> .
15 dBm	32 mW	Potencia típica de transmisión de <a href="#">WiFi</a> en portátiles.
10 dBm	10 mW	
6 dBm	4,0 mW	
5 dBm	3,2 mW	
4 dBm	2,5 mW	Estándar <a href="#">Bluetooth</a> clase 2, cobertura de 10 m.
3 dBm	2,0 mW	El valor exacto es 1.9952623 mW.
2 dBm	1,6 mW	
1 dBm	1,3 mW	
0 dBm	1,0 mW = 1000 µW	Estándar <a href="#">Bluetooth</a> clase 3, cobertura de 1 m.
-1 dBm	794 µW	
-3 dBm	501 µW	
-5 dBm	316 µW	
-10 dBm	100 µW	Típicamente la máxima potencia que puede ser recibida en una <a href="#">red inalámbrica</a> (-10 a -30 dBm).

Automatización de un proceso para identificación y control de elementos hospitalarios en zonas de paso

-20 dBm	10 $\mu$ W	
-30 dBm	1,0 $\mu$ W = 1000 nW	
-40 dBm	100 nW	
-50 dBm	10 nW	
-60 dBm	1,0 nW = 1000 pW	
-70 dBm	100 pW	Rango típico (-60 a -80 dBm) de potencia recibida en una red inalámbrica (802.11x).
-80 dBm	10 pW	
-111 dBm	0,008 pW = 8 fW	Ruido térmico para la banda comercial GPS señal de ancho de banda de canal único (2 MHz).
-127.5 dBm	0,178 fW = 178 aW	Potencia típica recibida de un satélite GPS.
-174 dBm	0,004 aW	Ruido térmico para un ancho de banda de 1 Hz a temperatura ambiente.
-194 dBm	0,00004 aW	Ruido térmico para un ancho de banda de 1 Hz en el espacio exterior (4 kelvin).
$-\infty$ dBm	0 W	La potencia cero no se expresa correctamente en dBm (su valor es menos infinito).



Escola Universitària d'Enginyeria  
Tècnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## Presupuesto

# ***“Automatización de un proceso para identificación y control de elementos hospitalarios en zonas de paso”***

TFG presentado para optar al título de GRADO en  
INGENIERÍA BIOMÉDICA  
por **Guillem Casas Schmitt**

Barcelona, 14 de Octubre de 2015

Directora: Beatriz Giraldo Giraldo  
Departamento de ESAII (D707)  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)



El presupuesto de este proyecto se realiza en base a dos conceptos. El primero es el correspondiente a la realización de la memoria del proyecto, con el desglose de los tiempos usados en cada una de las partes del mismo. El segundo corresponde a los costes de compra de los componentes de la tecnología RFID usados en el proyecto.

#### Presupuesto de la realización del proyecto

Presupuesto en base al número de horas invertidas en cada parte de la realización del proyecto. Se estipula un precio de 15 €/h para el cómputo global de las horas de trabajo.

<b>REALIZACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>Horas invertidas</b>	<b>Total en €</b>
<i>Estudio comparativo de las diferentes tecnologías de localización existentes</i>	5	75
<i>Estudio de los procesos de comunicación implicados en la tecnología RFID</i>	15	225
<i>Obtención de la información teórica y técnica del entorno RFID</i>	20	300
<i>Elección de los componentes RFID usados en el proyecto</i>	7	105
<i>Búsqueda de la normativa aplicable o relacionada con la tecnología RFID y su uso hospitalario</i>	13	195
<i>Estudio de la orientación espacial y colocación de las antenas</i>	15	225
<i>Estudio de aplicabilidad en las distintas áreas hospitalarias</i>	50	750
<i>Redacción de la memoria</i>	50	750
<b>TOTAL</b>	<b>175</b>	<b>2625</b>

#### Presupuesto en costes de compra de material:

Para la realización de este presupuesto se toma como referencia la instalación de la tecnología en cada uno de los puntos del hospital, descritos en el Capítulo 5 de este proyecto. Contando con la colocación de todas las antenas descritas en los apartados de "Zonas de detección" ascienden a un total de 66 antenas (Precio de la unidad: 483 €). Contando también con la distribución espacial de las áreas del hospital y teniendo en cuenta que cada lector puede conectarse a un máximo de cuatro antenas, las 66 antenas se repartirán un total de 21 lectores (Precio de la unidad: 954 €). Por último, en una primera fase de la instalación se trazarán un total de 2000 equipos (3,4 €/etiqueta).

### Bloque Quirúrgico

Se cuenta la colocación de antenas en las ubicaciones mencionadas (se incluyen las de cada quirófano y salas de partos).

<b>COSTES DE COMPRA DE MATERIAL</b>	<b>Unidades</b>	<b>€/Ud.*</b>	<b>Total en €</b>
<i>Antenas Intermec IA33D</i>	24	483	11592
<i>Lectores Intermec IF2</i>	6	954	5724
<b>TOTAL</b>			<b>17316</b>

\* Según Logiscenter®

### Esterilización

<b>COSTES DE COMPRA DE MATERIAL</b>	<b>Unidades</b>	<b>€/Ud.</b>	<b>Total en €</b>
<i>Antenas Intermec IA33D</i>	3	483	1449
<i>Lectores Intermec IF2</i>	1	954	954
<b>TOTAL</b>			<b>2403</b>

### Neonatos

<b>COSTES DE COMPRA DE MATERIAL</b>	<b>Unidades</b>	<b>€/Ud.</b>	<b>Total en €</b>
<i>Antenas Intermec IA33D</i>	1	483	483
<i>Lectores Intermec IF2</i>	1	954	954
<b>TOTAL</b>			<b>1437</b>

### UCI

<b>COSTES DE COMPRA DE MATERIAL</b>	<b>Unidades</b>	<b>€/Ud.</b>	<b>Total en €</b>
<i>Antenas Intermec IA33D</i>	3	483	1449
<i>Lectores Intermec IF2</i>	1	954	954
<b>TOTAL</b>			<b>2403</b>

Electromedicina

<b>COSTES DE COMPRA DE MATERIAL</b>	<b>Unidades</b>	<b>€/Ud.</b>	<b>Total en €</b>
<i>Antenas Intermecc IA33D</i>	2	483	966
<i>Lectores Intermecc IF2</i>	1	954	954
<b>TOTAL</b>			<b>1920</b>

Urgencias

<b>COSTES DE COMPRA DE MATERIAL</b>	<b>Unidades</b>	<b>€/Ud.</b>	<b>Total en €</b>
<i>Antenas Intermecc IA33D</i>	6	483	2898
<i>Lectores Intermecc IF2</i>	2	954	1908
<b>TOTAL</b>			<b>4806</b>

Hospitalización

Se cuenta la colocación de antenas en las nueve unidades de hospitalización del hospital.

<b>COSTES DE COMPRA DE MATERIAL</b>	<b>Unidades</b>	<b>€/Ud.</b>	<b>Total en €</b>
<i>Antenas Intermecc IA33D</i>	27	483	13041
<i>Lectores Intermecc IF2</i>	9	954	8586
<b>TOTAL</b>			<b>21627</b>

Contando que en una primera fase de la instalación se trazarán 2000 equipos, el coste de la adquisición de las etiquetas es el siguiente:

<b>COSTES DE COMPRA DE MATERIAL</b>	<b>Unidades</b>	<b>€/Ud.</b>	<b>Total en €</b>
<i>Etiquetas Intermecc IT76</i>	2000	3,4	6800
<b>TOTAL</b>			<b>6800</b>

El precio final derivado de los costes de compra de material de la instalación en todos los puntos descritos del hospital asciende a 58712 €.