

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE
CARTAGENA



TRABAJO FIN DE GRADO

**Análisis y prueba de un sistema en
tecnología de identificación por
radiofrecuencia**

AUTOR: Jose María García Barceló

DIRECTOR: José Luis Gómez Tornero

Junio 2016

Autor	José María García Barceló
E-mail del Autor	jose-skate-4ever@hotmail.com
Director	José Luis Gómez Tornero
E-mail del director	josel.gomez@upct.es
Título del TFG	<i>“Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia.”</i>
Palabras clave	RFID, EPC, etiqueta, tag
Resumen	
<p>Desde la invención del transistor, la humanidad se encuentra en una era de evolución tecnológica que está haciendo que diversos sectores industriales y tecnológicos avancen enormemente gracias a dispositivos electrónicos cada vez más sofisticados, pequeños y eficientes. Es por ello que toda empresa deberá plantearse todas las posibilidades tecnológicas que hay en el mercado a la hora de implantar su red de activos.</p> <p>Este proyecto intenta dar a conocer una tecnología que se encuentra en auge durante la última década, aunque su origen se remonte a la segunda guerra mundial: el RFID. Una tecnología que se encarga de identificar etiquetas a no muy largo alcance (aunque de mayor amplitud que el código de barras) mediante un lector.</p>	

Daremos un repaso a cada una de las características de este tipo de comunicación inalámbrica, desde la composición de un sistema basado en RFID hasta los estándares que regulan su utilización. Se mostrarán los tipos de etiquetas existentes y sus diferencias principales.

Seguidamente se abordará una visión general de los principales dispositivos en el mercado y se procederá a la presentación de diversos experimentos que tienen como objetivo comprobar los apartados teóricos anteriores y valorar, así, la eficacia de esta tecnología.

El sistema utilizado en las pruebas ha sido adquirido por el grupo de investigación GIRA de la Universidad Politécnica de Madrid (Campus Sur).

Para finalizar con este trabajo de ingeniería de telecomunicaciones, se mostrarán las conclusiones y líneas futuras, en las que se dará una pincelada del “por qué” acoger este tipo de tecnología en nuestras aplicaciones.

Titulación	Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicaciones
Departamento	Depto. de Tecnologías de la Información
Fecha de presentación	Junio 2016

Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin el pequeño grano de arena de cada una de las personas me han apoyado en la vida y en mis estudios. Me gustaría aprovechar para agradecer a todos los profesores y profesoras que se han preocupado por el desarrollo educativo a lo largo de mi vida (unos mejores que otros).

En primer lugar, dar las gracias a mi familia (sobre todo a mi madre y a mi padre). Todos ellos han estado ahí siempre que los he necesitado y sin su tremendo apoyo (ya no sólo económico, sino emocional) nunca hubiera conseguido llegar dónde me encuentro a día de hoy.

En segundo lugar agradecer a todos mis amigos de verdad y compañeros de universidad. A lo largo de mi vida me han hecho reír, llorar, gritar, soñar, bailar, jugar, correr, y, lo que es más importante, sentirme vivo junto a su lado.

En último lugar, aunque no menos importante, me gustaría dar las gracias al equipo de investigación *GIRA* de la UPM, especialmente a su director Francisco Javier Ortega González (tutor de mi PFG en Madrid), quién se ha encargado en todo momento de la supervisión de este proyecto y ha contribuido enormemente en su realización.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación
por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación
por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

A mi familia y amigos.

“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad
y la energía atómica:

La voluntad.”

Albert Einstein

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación
por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

Resumen

Desde la invención del transistor, la humanidad se encuentra en una era de evolución tecnológica que está haciendo que diversos sectores industriales y tecnológicos avancen enormemente gracias a dispositivos electrónicos cada vez más sofisticados, pequeños y eficientes. Es por ello que toda empresa deberá plantearse todas las posibilidades tecnológicas que hay en el mercado a la hora de implantar su red de activos.

Este proyecto intenta dar a conocer una tecnología que se encuentra en auge durante la última década, aunque su origen se remonte a la segunda guerra mundial: el RFID. Una tecnología que se encarga de identificar etiquetas a no muy largo alcance (aunque de mayor amplitud que el código de barras) mediante un lector.

Daremos un repaso a cada una de las características de este tipo de comunicación inalámbrica, desde la composición de un sistema basado en RFID hasta los estándares que regulan su utilización. Se mostrarán los tipos de etiquetas existentes y sus diferencias principales.

Seguidamente se abordará una visión general de los principales dispositivos en el mercado y se procederá a la presentación de diversos experimentos que tienen como objetivo comprobar los apartados teóricos anteriores y valorar, así, la eficacia de esta tecnología.

El sistema utilizado en las pruebas ha sido adquirido por el grupo de investigación *GIRA* de la *Universidad Politécnica de Madrid (Campus Sur)*.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

Para finalizar con este trabajo de ingeniería de telecomunicaciones, se mostrarán las conclusiones y líneas futuras, en las que se dará una pincelada del “por qué” acoger este tipo de tecnología en nuestras aplicaciones.

Abstract

Since the invention of the transistor, the humanity stands at an era of evolving technology that is helping several industrial and technological areas to greatly improve through increasingly sophisticated, smaller and more efficient electronic devices. For this reason, every company will have to consider each technological possibility that is offered by the market when implementing their network assets.

This project aims to introduce a sort of technology, which has gained importance in the last decade although its origin dates back to the Second World War: the RFID. It is a kind of technology which is ready for the identification of tags which are not very long-range (though wider than a bar code) by using a reader.

This project will also explore each feature of this type of wireless communication, from the composition of an RFID-based system to the regulatory standards. In addition, the different types of tags and their main differences will be demonstrated.

Next, there will be an overview of the main devices, which are available in the market, and a presentation of several experiments aimed at checking the previous theoretical sections; then, we will be able to value the effectiveness of this technology.

The system used in the tests has been acquired by the GIRA investigation group from the Polytechnic University of Madrid (south campus).

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación
por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

In order to conclude this telecommunication engineering project, we will show both the conclusions and the future lines, which will justify why adopting this sort of technology in our applications.

Índice de contenido

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	1
1.2	OBJETIVOS.....	1
1.3	MOTIVACIONES	2
1.4	ESTRUCTURA DE LA MEMORIA.....	2
2	RFID	4
2.1	CONCEPTO BÁSICO - ¿QUÉ ES EL RFID?	4
2.2	HISTORIA.....	5
2.3	ARQUITECTURA	7
2.4	COMPONENTES.....	8
2.4.1	ETIQUETAS	8
2.4.2	LECTOR	19
2.4.3	ANTENAS.....	23
2.4.4	MIDDLEWARE.....	25
2.5	LECTURA DE CÓDIGO DE BARRAS vs. RFID.....	28
2.6	FRECUENCIAS DE FUNCIONAMIENTO	30
2.6.1	LOW FREQUENCY (LF).....	32
2.6.2	HIGH FREQUENCY (HF)	34
2.6.3	ULTRA HIGH FREQUENCY (UHF).....	35
2.6.4	MICROWAVES	40
2.7	CODIFICACIÓN Y MODULACIÓN	42
2.7.1	CODIFICACIÓN EN BANDA BASE.....	43
2.7.2	MODULACIÓN	47
2.8	INTEGRIDAD DE LOS DATOS	56
2.8.1	CONTROL DE ERRORES	56
2.8.2	MULTIACCESO (ANTICOLISIÓN).....	61
2.9	ESTANDARIZACIÓN	67
2.9.1	EPC Gen2.....	69

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

2.9.2	ISO.....	72
2.10	APLICACIONES.....	76
2.11	BENEFICIOS E INCONVENIENTES.....	81
2.11.1	VENTAJAS.....	81
2.11.2	DESVENTAJAS.....	83
3	DESARROLLO.....	87
3.1	INTRODUCCIÓN.....	87
3.2	PRODUCTOS COMERCIALES EN EL MERCADO.....	88
3.2.1	EMPRESAS.....	88
3.2.2	PRODUCTOS RFID.....	93
3.3	SISTEMA RFID ESCOGIDO.....	106
3.4	MEDIDAS.....	116
3.5	RESULTADOS.....	133
3.6	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	154
3.7	CONCLUSIÓN.....	157
4	LINEAS FUTURAS.....	159
5	PRESUPUESTO.....	162
6	REFERENCIAS.....	164
7	BIBLIOGRAFÍA.....	168
8	GLOSARIO.....	169
9	ANEXOS.....	178
9.1	ANEXO A.....	178
9.2	ANEXO B.....	181
9.3	ANEXO C.....	184
9.4	ANEXO D.....	186

Índice de figuras

<i>Figura 1. Esquema básico de un sistema RFID.</i>	8
<i>Figura 2. Ejemplo de un EPC de 96 bits.</i>	10
<i>Figura 3. Estructura de la memoria del microchip de una etiqueta RFID.</i>	11
<i>Figura 4. Estructura del Protocol Control.</i>	12
<i>Figura 5. Asignación de bits del campo XPC.</i>	14
<i>Figura 6. Etiqueta pasiva UHF (Ultra alta frecuencia) Belt de Smartrac.</i>	17
<i>Figura 7. Varios inlays, etiquetas y tags.</i>	19
<i>Figura 8. Reader ion R4300P.</i>	20
<i>Figura 9. Backscatter en RFID.</i>	21
<i>Figura 10. Modulación de carga en RFID.</i>	22
<i>Figura 11. Lector LF de Cromasa.</i>	23
<i>Figura 12. Antena de parche PATCH-A0026 de un lector RFID de la marca Poynting con su radomo de plástico y cable con conector N (hembra).</i>	25
<i>Figura 13. Middleware según EPC Global.</i>	27
<i>Figura 14. Ejemplo de un código de barras.</i>	28
<i>Figura 15. Comparativa de la tecnología RFID con el código de barras para notar que ésta última identifica a un conjunto de productos de un cierto tipo y RFID lo hace de forma individualizada.</i>	30
<i>Figura 16. Bandas de frecuencia RFID.</i>	31
<i>Figura 17. Bolos ruminales y crotales para identificación animal. Estos tag trabajan en la banda LF.</i>	33
<i>Figura 18. Página 1 del documento Regulatory status for using RFID in the EPC Gen 2 band (860 to 960 MHz) of the UHF spectrum 31 October 2014 de la empresa GS1.</i>	37
<i>Figura 19. Página 18 del documento Regulatory status for using RFID in the EPC Gen 2 band (860 to 960 MHz) of the UHF spectrum 31 October 2014 de la empresa GS1 dónde se puede apreciar las características de la banda frecuencial en España para RFID.</i>	38

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

<i>Figura 20. Módulo transceptor DWM1000 inalámbrico con una alta velocidad de datos y un gran rango de lectura (de hasta 290 metros) que trabaja en el rango de frecuencias entre 3.5 GHz - 6.5 GHz.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 21. Líneas de código más utilizadas en la codificación RFID.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 22. Esquema para la construcción de un código Diferencial.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 23. Ejemplo de la transmisión de un código con codificación pulso-pausa PPC.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 24. Modulaciones digitales ASK, FSK y PSK.</i>	<i>49</i>
<i>Figura 25. Espectro de la señal portadora de alta frecuencia y de las bandas laterales inferior y superior generadas en el proceso de modulación.</i>	<i>50</i>
<i>Figura 26. Esquema de generación de una modulación digital ASK a partir de la señal digital y la analógica.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 27. Esquema de generación de una modulación digital 2 FSK a partir de la señal digital y la analógica con una frecuencia u otra.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 28. Esquema de generación de una modulación digital 2 PSK a partir de la señal digital y la analógica.</i>	<i>53</i>
<i>Figura 29. Modulación ASK con subportadora.</i>	<i>54</i>
<i>Figura 30. Modulación de carga y la creación de las dos bandas laterales.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 31. Transmisión de información con un error producido por una interferencia.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 32. Estructura con puertas lógicas XOR para obtener la paridad de un byte.</i>	<i>57</i>
<i>Figura 33. Método LRC.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 34. Ejemplo del cálculo de un CRC de 4 bits paso a paso.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 35. Multicceso y Broadcast.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 36. Acceso múltiple por división de frecuencia.</i>	<i>64</i>
<i>Figura 37. Acceso múltiple por división de tiempo.</i>	<i>65</i>
<i>Figura 38. Logotipos de las compañías de estándares RFID más importantes.</i>	<i>68</i>

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación
por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

<i>Figura 39. Pasos para la introducción de un bolo ruminal en una oveja. Este tag se quedará en el estómago del animal y éste último podrá ser identificado mediante un lector LF.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 40. Tecnología RFID utilizada en trazabilidad (palets, cajas de cartón y caja del producto).....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 41. Tag RFID (trabajando a la frecuencia de microondas) pegado en el parabrisas de un turismo para poder pasar por un peaje de carretera pagando sin detener el vehículo (el cual deberá estar registrado en el sistema de peajes).....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 42. Diferentes usos RFID a lo largo de las diferentes secciones de una empresa (embarques, almacén, oficinas, descarga, etc.).....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 43. Las moléculas dipolares (con un lado positivo y otro negativo) girarán según el patrón que dicten las ondas electromagnéticas que se acerquen a ellas.</i>	<i>84</i>
<i>Figura 44. Jaula de Faraday.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 45. Logo de la campaña anti-rfid de la organización alemana de derechos y privacidad digital Digitalcourage (anteriormente conocida como FoeBuD).....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 46. Logotipo de CAEN RFID.</i>	<i>89</i>
<i>Figura 47. Logotipo de Smartrac.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 48. Lector ION R4300P de CAEN RFID.</i>	<i>110</i>
<i>Figura 49. Software Easy Controller de CAEN RFID.</i>	<i>111</i>
<i>Figura 50. Antena PATCH-A0026 del fabricante Poynting.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 51. Cable extensor de 10 metros entre el lector y la antena.</i>	<i>113</i>
<i>Figura 52. Cable de la antena que irá conectado al cable N-TNC.</i>	<i>114</i>
<i>Figura 53. Cable RJ-45 que irá conectado al lector y al ordenador.</i>	<i>115</i>
<i>Figura 54. Lector conectado a todos los cables necesarios en nuestro sistema.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 55. Etiquetas RFID de nuestro sistema que serán sometidas a análisis.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 56. Fragmento del banco TID del datasheet Alien Higgs 3.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 57. Experimento número 1: sin ningún objeto de por medio.</i>	<i>123</i>

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

<i>Figura 58. Experimento número 2: con un plástico de por medio.</i>	<i>124</i>
<i>Figura 59. Experimento número 3: con agua dulce de por medio.</i>	<i>125</i>
<i>Figura 60. Experimento número 4: con metal de por medio.</i>	<i>126</i>
<i>Figura 61. Experimento número 5: con metal de por medio.</i>	<i>127</i>
<i>Figura 62. Experimento número 6: con etiquetas mojadas de agua dulce.</i>	<i>127</i>
<i>Figura 63. Experimento número 7: con etiquetas mojadas de agua salada.</i>	<i>128</i>
<i>Figura 64. Experimento número 8: con etiquetas inmersas en un barreño de agua dulce.</i>	<i>129</i>
<i>Figura 65. Experimento número 9: con etiquetas inmersas en un barreño de agua salada.</i>	<i>130</i>
<i>Figura 66. Experimento número 10: con las etiquetas flexibles dobladas.</i>	<i>131</i>
<i>Figura 67. Gráficas del datasheet de la etiqueta Belt (Monza 5) que muestran la distancia y calidad de detección de ésta según diferentes parámetros.</i>	<i>154</i>
<i>Figura 68. Suma total del mercado RFID en miles de millones de dólares para 2014, 2015 y 2016 según IDTechEx.</i>	<i>160</i>
<i>Figura 69. Suma total (en millones de dólares) en 2012 según IDTechEx de diferentes aplicaciones RFID: ganado, comida, mascotas, conservación e investigación, y agricultura.</i>	<i>161</i>

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Diferencias entre RFID y los códigos de barras.</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 2. Clases de etiquetas según EPCglobal.</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 3. Estándares que regulan las aplicaciones de las tarjetas inteligentes RFID sin contacto.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 4. Algunas etiquetas RFID en el mercado.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 5. Algunos chips RFID en el mercado.</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 6. Algunos lectores RFID en el mercado.</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 7. Algunas antenas RFID en el mercado.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 8. Etiquetas RFID adquiridas en este proyecto de ingeniería.....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 9. Identificación de la memoria interna de los chips de las etiquetas de nuestro sistema RFID.</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 10. Resultados del experimento 1.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 11. Resultados del experimento 2.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 12. Resultados del experimento 3.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 13. Resultados del experimento 4.....</i>	<i>139</i>
<i>Tabla 14. Resultados del experimento 5.....</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 15. Resultados del experimento 6.....</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 16. Resultados del experimento 7.....</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 17. Resultados del experimento 8.....</i>	<i>147</i>
<i>Tabla 18. Resultados del experimento 9.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 19. Resultados del experimento 10.....</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 20. Resultados del experimento 11.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 21. Presupuesto del PFG.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 22. Compañías que ofrecen los datasheets de las etiquetas usadas en este proyecto.....</i>	<i>186</i>

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación
por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

1 INTRODUCCIÓN

Este proyecto busca analizar un sistema real basado en RFID para poder estimar la calidad de esta tecnología. De esta forma se podrá dar una visión general de su impacto en el mercado y su recomendable utilización en las empresas para la convivencia o sustitución de los códigos de barras.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Como ya se ha introducido, se quiere montar un sistema basado en tecnología de identificación por radiofrecuencia con productos comerciales para analizarlo, realizando diversas pruebas que serán objeto de estudio. Para ello se verá cuáles son los proveedores y productos RFID que más nos convienen para nuestro proyecto y se procederá a la adquisición de éstos últimos con el objetivo de fabricar nuestro sistema.

1.2 OBJETIVOS

Durante la duración de este PFG, se van a realizar las siguientes tareas:

- Búsqueda de información sobre la tecnología RFID para ser capaz de manejarla y poder comenzar a trabajar con ésta.

- Búsqueda de diferentes productos comerciales (Kits, *TAGs*, *Readers*, Antenas RFID, etc.) a lo largo de una amplia gama de distribuidores de dispositivos electrónicos para su posterior elección, según convenga (precio, prestaciones, etc.), y compra.
- Fabricación de un sistema RFID con los dispositivos adquiridos anteriormente.
- Pruebas (mediciones a diferentes distancias, potencias,...) del sistema para valorar la viabilidad de éste trabajando con este tipo de tecnología.
- Exposición de conclusiones para observar si este sistema se quedaría obsoleto o si tendría validez y, en este último caso, presentación de líneas futuras.

1.3 MOTIVACIONES

La motivación principal para la realización de este proyecto es el conocimiento de una nueva tecnología muy interesante que está sufriendo una evolución exponencial en los últimos 10 años, a pesar de que su origen se remonte a los años 40.

Otra de las motivaciones para este trabajo es la visión comercial que se consigue con este sistema, la cual debería estar presente en todo proyecto de ingeniería.

1.4 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

Esta memoria está estructurada en diez apartados, que a su vez se dividen en otros subapartados. Además, se incluye el glosario, las referencias, bibliografía y diversos anexos.

En el primer apartado se introduce al lector en el presente proyecto para tener una idea general del aspecto de éste.

En el segundo apartado se desglosa toda la parte teórica del proyecto, dónde se explicará con detalle cada una de las características de la tecnología RFID.

En el tercer apartado se procederá al desarrollo del trabajo en sí, una vez consolidados los conocimientos teóricos de la materia a tratar. Aquí, se expondrán los diferentes productos comerciales analizados en el mercado RFID ofrecidos por varios distribuidores y, atendiendo a las preferencias consideradas, se explicará el porqué de los dispositivos elegidos para su obtención. Seguidamente se procederá al análisis del sistema construido y de los experimentos hechos con él.

Las líneas futuras serán mostradas en el cuarto apartado para dar una visión más allá del sistema aquí tratado.

Y, finalmente, en el último apartado se hablará sobre el presupuesto necesario para adquirir los dispositivos electrónicos y software, que será financiado por el equipo de investigación GIRA, Grupo de Ingeniería Radio.

En el anexo A podremos observar diversas características del estándar *EPCglobal UHF Class 1 Generation 2*, como por ejemplo la evolución que ha sufrido a lo largo de los años.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

En el anexo B se adjunta el documento *100 Uses of RFID de ThingMagic*, un reto que se propuso esta compañía y del cuál hablaremos más adelante.

En el anexo C se muestra una tabla explicativa de los grados de protección IP (desde IP 00 a IP 68).

En el anexo D se comentarán la forma de poder encontrar el Manuale de usuario y datasheets necesarios en este proyecto de ingeniería.

2 RFID

2.1 CONCEPTO BÁSICO - ¿QUÉ ES EL RFID?

La Identificación por radiofrecuencia o RFID, *Radio Frequency IDentification*, es un tipo de comunicación basado en tecnologías que trabajan con ondas radiales para identificar de manera automática personas, animales u objetos. Existen varios métodos de identificación, siendo el más común el de almacenar un número de serie que identifica a la persona, animal u objeto, y tal vez información adicional, en un microchip que se une a una antena (formando conjuntamente, el microchip y la antena, lo que se denomina un transpondedor o etiqueta de RFID). La antena de esta etiqueta hace posible que el circuito en miniatura transmita los datos identificativos a un lector o *reader*. La principal misión del lector es la conversión de las ondas radiales recibidas por parte del

transpondedor en información digital que podrá ser gestionada por el software oportuno, además de alimentar mediante el mismo tipo de ondas al microchip que poseen las etiquetas. La tecnología RFID pertenece a un grupo de identificación llamado Identificación Automática *Auto ID*, *Automatic IDentification*.

2.2 HISTORIA

No se puede afirmar con exactitud cuándo surgió la tecnología RFID. Sus orígenes podrían remontarse a la segunda guerra mundial, en la década de los 40 (1). Durante la guerra, las Fuerzas Aéreas del Ejército de Estados Unidos, las Fuerzas de Autodefensa de Japón, la Real Fuerza Aérea y la *Luftwaffe* (Fuerza Aérea de la República Federal de Alemania), utilizaban el *RADAR* (*Radio Detection And Ranging*) para la detección de las aeronaves. Esta técnica permitía ver aviones más allá del rango de visión, pero como inconveniente, no podían identificar si se trataba del enemigo o no. Esto último se consiguió gracias al método IFF (*Identification Friend or Foe*) o identificador amigo-enemigo, desarrollado por los británicos (2). Los pilotos alemanes conseguían distinguirse de sus enemigos, creándose así el primer “prototipo” de RFID pasivo.

No fue hasta 1948 cuándo *Harry Stockman* publicó el primer artículo que hablaba de este tipo de tecnología. Se trató de un documento denominado “*Comunicación por medio de la energía reflejada*” con el que predijo que harían falta una serie de investigaciones durante varios años más (más de 30 años,

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

finalmente) para poder llevar acabo aplicaciones prácticas con RFID y su posterior comercialización (3).

Otras fuentes sugieren que *León Theremin* diseñó en 1945 un dispositivo utilizado para espionaje soviético que podría ser el precursor de la tecnología de identificación por radiofrecuencia ya que éste se alimentaba de las ondas emitidas de fuentes externas.

Las empresas empezaron a crear sistemas antirrobo en tiendas en las que, unos dispositivos electrónicos que poseen una memoria de un simple bit, pitarían si se sale por la puerta de un edificio y no se ha pagado.

En 1973 se presentó la primera patente de una etiqueta pasiva de lectura y escritura por parte del estadounidense *Mario W. Cardillo*. Este fue el verdadero precursor de la tecnología RFID moderna. Más tarde fue concedida una patente a *Charles Walton* en 1983 con la abreviatura “*RFID*”.

Conforme iban pasando los años este tipo de tecnología iba poco a poco implementando aplicaciones como puede ser la trazabilidad animal, manejo de puertas en centrales nucleares, seguridad, etc. Además, los sistemas tendían a evolucionar hacia frecuencias mayores (de baja frecuencia (125 KHz) a alta frecuencia (13.56 MHz), y de alta frecuencia a ultra alta frecuencia (868 MHz – 960 MHz)). Y, a su vez, se produjo una reducción del coste fabricación de los dispositivos.

En 1999 fue fundada originalmente por *Kevin Ashton*, *David Brock* *Dr. Daniel Engels* y *Sanjay Sarma*, contando con fondos de *Procter and Gamble*, *Gillette*, el *Uniform Code Council*, y un número de otros fabricantes globales de productos de consumo, la

sede *Auto-ID Centre* en el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT). Esta organización tuvo como objetivo promover la sustitución del código de bar por un sistema de identificación único RFID denominado EPC (*Electronic Product Code*). Esta idea permitía reducir los costes y mantener identificados en todo momento todos los productos etiquetados y tenerlos inmersos en una base de datos en Internet. No obstante, en Octubre de 2003, *Auto-ID Centre* fue sustituida por *Auto-ID Labs* y *EPCGlobal*, cuyo principal misión era la de precursar el desarrollo del sistema EPC y de los estándares que normalizan la tecnología RFID (el *EPCglobal Gen 1*, del 2002 al 2005, y *EPCglobal Gen 2*, en 2004). Más tarde, en 2006, fue creado el estándar *ISO 18000-6C* a partir del *EPC Gen 2* (abreviatura de *EPCglobal UHF Class 1 Generation 2*) con algunas modificaciones.

A lo largo de los últimos años, la creación de los estándares y la reducción de los costes de fabricación han permitido un crecimiento exponencial del RFID, encontrándose hoy día en muchísimos establecimientos que han optado por usar este tipo de tecnología por su gran eficiencia.

2.3 ARQUITECTURA

La forma en la que funciona un sistema RFID es bien sencilla: las etiquetas, que poseen la información del objeto a identificar, emiten una señal de radiofrecuencia (cuya frecuencia de trabajo podrá ser una u otra según la aplicación que se quiera implementar) que es captada por la antena conectada al lector y una vez recibida es pasada a formato digital por éste último y

enviada al Middleware para que, una vez allí, sea procesada según convenga para satisfacer las necesidades de nuestra aplicación.

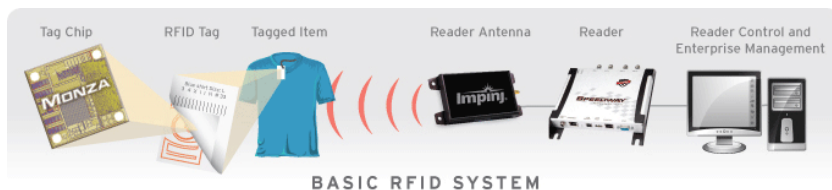


Figura 1. Esquema básico de un sistema RFID.

Fuente: <http://www.impinj.com/resources/about-rfid/how-do-rfid-systems-work.aspx> (4).

Un sistema RFID consta básicamente de 3 partes bien diferenciadas: la/s etiqueta/s o el/los transpondedor/es RFID, un lector o transceptor y un Middleware RFID o subsistema de procesamiento de datos.

2.4 COMPONENTES

2.4.1 ETIQUETAS

Una etiqueta o transpondedor está formada sencillamente por un transductor electromagnético, una antena impresa y un chip. La antena se ocupa de la transmisión y recepción de los datos que serán enviados desde o hacia el chip. Éste último posee una memoria de unos cuantos Kb, según el tipo de etiqueta. Hay varios tipos de chips RFID dependiendo de la memoria que tengan: de sólo lectura, de lectura y escritura, y de anticollisión. En el de sólo lectura, el código que poseen los chips es único y no pueden ser

modificados. En cuanto a los de lectura y escritura, el código sí que puede ser modificado cuándo se desee. Y, en cuanto a los de anticollisión, son etiquetas capaces de hacer que el lector pueda leer simultáneamente cientos de etiquetas.

El principio básico de una etiqueta es el envío del número de serie que contiene para que el lector pueda leerlo. Este número de serie, denominado *Electronic Product Code*, es el que identifica a un producto individual etiquetado. En realidad, el EPC se trata de un esquema de codificación para este tipo de tecnología que fue elaborado por los laboratorios Auto-ID del Instituto Tecnológico de Massachusetts, MIT. Sin embargo, EPC fue gestionado más tarde por EPCglobal que, junto con el grupo de especificaciones competidor ISO, cuyo objetivo era el de conseguir etiquetas de bajo coste que trabajaran en UHF. Todo esto será explicado nuevamente en el apartado de Estandarización.

Pueden existir multitud de EPCs diferentes debido al número de combinaciones posibles con cada una de las partes de este código. Para un EPC de 96 bits en total podremos conseguir $7.9 * 10^{28}$ combinaciones aproximadamente. Ver ejemplo en la Figura 2.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

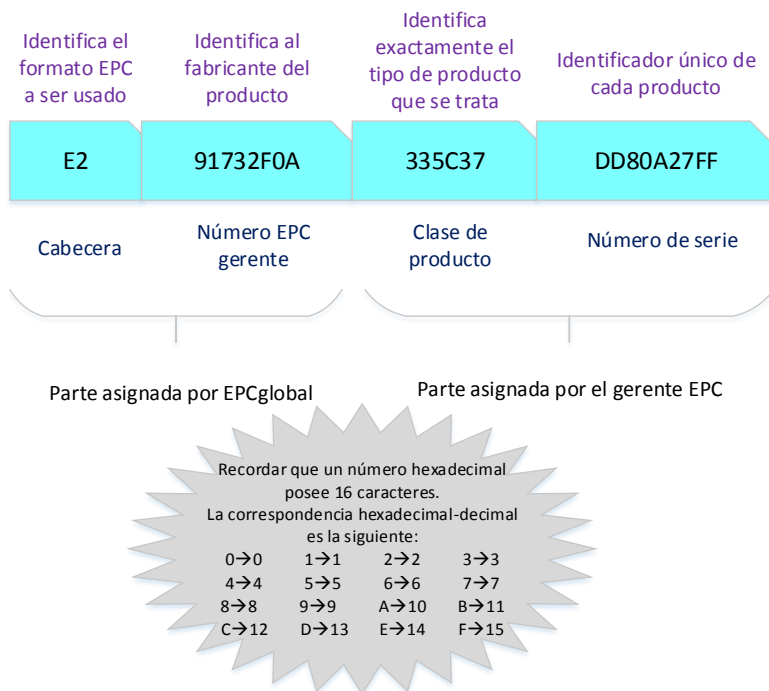


Figura 2. Ejemplo de un EPC de 96 bits.

Fuente: Elaboración propia.

Memoria

El chip de las etiquetas RFID posee una memoria que está dividida en 4 bancos (según el estándar de *EPCglobal Gen 2 Class 1*)¹ (5) (2). Cada uno de los bancos es denotado con dos números binarios y todos ellos empiezan por la posición 00h (ver Figura 3).

¹ Ver *EPCglobal Class 1 Generation 2*.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló



Figura 3. Estructura de la memoria del microchip de una etiqueta RFID.

Fuente: Elaboración propia.

Reserved (00b): En este banco se almacenan las contraseñas de muerte (kill) y acceso (access) desde la posición 00h hasta 1Fh y desde 20h a 3Fh, respectivamente. Si no están a cero, éstas serán necesarias para poder ver la memoria interna de esta etiqueta o para proceder a su muerte, dejándola inservible. Como se puede apreciar, ambas contraseñas poseen un tamaño de 32 bits (8 hexadecimales²). Si el tag en cuestión no implementa la opción de contraseñas, éstas deben ser leídas como ceros.

² Recordar que para formar un número hexadecimal hacen falta 4 bits: 1111b = Fh, dónde la “b” denota que se trata de un código binario y la

EPC (01b): En este banco nos encontramos con 4 zonas relevantes (el *CRC16*, el *PC*, el *EPC* y el *XPC*). Desde la posición 00h hasta la 0Fh está la verificación por redundancia cíclica *CRC* (*Cyclic-Redundancy Check*) de 16 bits que se calcula automáticamente a partir de los campos *Protocol Control* (*PC*) y *EPC*, y sirve para la detección de errores. El *PC* (Figura 4) se encuentra seguidamente, desde la posición 10h hasta la 1Fh y se encarga de diversas funciones:

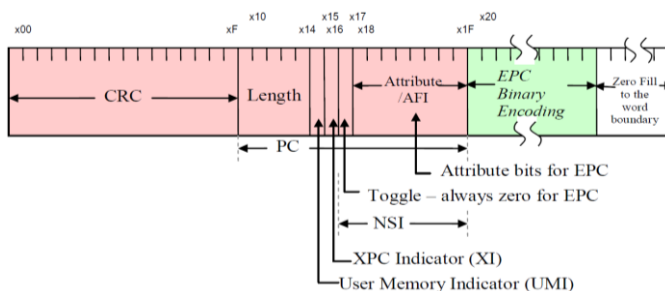


Figura 4. Estructura del Protocol Control.

Fuente: GSI EPC Tag Data Standard 1.9 (6).

Los bits comprendidos desde la posición 10h hasta 14h se encargan de indicar el número de palabras, de 16 bits cada una, que posee el código *EPC*, y que por defecto se encuentra configurado por los fabricantes en 96 bits (y por ello esta localización de memoria está configurada como ‘00110b’, es decir,

“h” de uno hexadecimal. No obstante, es conveniente aclarar que la posición de la memoria del chip seguida de una h se refiere al “bit” en cuestión, no a un número hexadecimal. Es por eso que, por ejemplo, desde la posición 00h a la 1Fh hay 32 bits (y no 32 números hexadecimales).

un *EPC* de 6 palabras). Así, una etiqueta RFID puede poseer un código *EPC* desde una longitud de cero bits ('00000') hasta otra de 496 bits ('11111b'), aunque en caso de soportar la funcionalidad *XPC* sólo llegará a los 464 bits ('11101b'). En la posición 15h de este banco se encuentra el Indicador de Memoria de Usuario *UMI* (*User Memory Indicator*) que básicamente indica si existe y posee datos el último banco, la memoria de usuario. En el bit 16h está el indicador *XPC* (*XI*) que indica si existe el *Extended Protocol Control Word 1* (opcional) desde la posición 210h hasta la 21Fh. Si un tag no soporta *XPC*, el *XI* será establecido a cero por el fabricante del chip de esta etiqueta (como puede ser el caso de los chips *Monza*). En el bit 17h se encuentra el "toggle" T que indicará si se trata de una aplicación referida a "*GSI EPCglobal™*" (T = 0b) y por ello los últimos 8 bits de *PC* (de 18h a 1Fh) deben estar definidos en este protocolo, o si se trata de una aplicación no referida a este protocolo (T = 1b) y por ello los bits antes nombrados deben definirse en el estándar "ISO/IEC 15961". Y, finalmente, los últimos 8 bits de (de 18h a 1Fh) *RFU* (*Reserved for Future Use*) o *AFI* (*Application Family Identifier*) estarán a cero si T = 0 (ya que así lo indica la norma *GS1 EPCglobal*) o de otra forma (según *ISO/IEC 15961*) si T = 1.

Después del *PC*, le sigue el *EPC* (que será el código hexadecimal por defecto que será visto en el software de nuestra aplicación, según la configuración establecida, cuando detectemos la etiqueta con la antena del lector RFID). Este código *EPC* comienza en el bit 20h y termina según el tipo de etiqueta en una u otra posición. Este código está dividido a su vez en varias zonas indicando

diversos datos del producto etiquetado, como se ha señalado anteriormente.

Por último, el banco *EPC* posee a partir de la posición 210h el *XPC*, como ya se ha comentado. Ver Figura 5.

Los bits de *XPC* no son escritos explícitamente por la aplicación RFID sino que son asignados indirectamente.

Application	MSB																LSB		
	210h	211h	212h	213h	214h	215h	216h	217h	218h	219h	21Ah	21Bh	21Ch	21Dh	21Eh	21Fh			
GS1 EPCglobal	XEB	RFU										B	C	SLI	TN	U	K	NR	H
Non-GS1 EPCglobal	XEB	As defined in ISO/IEC 18000-63										B	C	SLI	TN	U	K	NR	H

Figura 5. Asignación de bits del campo XPC.³

Fuente: EPC Radio-Frequency Identity Protocols Generation-2 UHF RFID (5).

El XPC es designado con “Word 1” adicionalmente ya que es necesario diferenciarlo con el XPC Word 2 que es posible implementarlo de forma opcional (desde la posición 220h hasta la 22Fh), siempre y cuando el XPC Word 1 se encuentre implementado.

Identificador del Tag *TID*, *Tag IDentificator* (10b): Este banco posee una serie de bits que caracterizan en su totalidad a la etiqueta RFID (no al producto etiquetado). El *TID* es asignado en el momento de fabricación y no puede ser modificado nunca más. En primer lugar, desde la posición 00h hasta 07h deben aparecer los números hexadecimales E0h o E2h (11100000b o 11100010b

³ Ver documento *EPC™ Radio-Frequency Identity Protocols Generation-2 UHF RFID (5)* para más información.

en binario, respectivamente) como identificador de clase de ISO/IEC 15963. En el caso de que sea E0h, desde la posición 08h hasta 0Fh tendremos 8 bits el *MDID (Mask Designer Identifier)* que identifica al fabricante, desde la posición 10h hasta 3Fh habrán 48 bits de número de serie de la etiqueta RFID asignado por el fabricante *TMN (Tag Model Number)*. Si por el contrario tenemos E2h, en el bit 08h tendremos el indicador *X* que nos dirá si existe *XTID (Extended TID)* o no, en el bit 09h el indicador de seguridad *S* que nos dirá si una etiqueta es compatible con los comandos *Authenticate y/o Challenge*, en el bit 0Ah el indicador de archivo *F* que nos dirá si una etiqueta soporta el comando de *FileOpen*, del bit 0Bh al 13h el *MDID* de 9 bits y del bit 14h al 1Fh el *TMN* de 12 bits.

Si el bit 08h, *X*, está a 1 quiere decir que existe *XTID* y éste se encuentra a partir de la posición 20h aportando más información sobre las capacidades de la etiqueta en cuestión que deberá tenerse en cuenta para la aplicación que vaya a ser abordada con ella. Desde la posición 20h a la 2Fh está la cabecera del *XTID* que especifica la información adicional que hay a partir de la posición 30h de este banco, es decir, según la cabecera la información a partir de esta posición variará⁴.

Usuario (11b): Este banco permite el almacenamiento de información del usuario. Si existe memoria de usuario y ésta se encuentra ya inicializada, el bit 15h *UMI* del banco *EPC* estará puesto a 1. Como es definido en el estándar ISO 15962, los

⁴ Ver documento *GS1 EPC Tag Data Standard 1.9 (6)* para más información sobre el *XTID*.

primeros 8 bits de este banco deben contener el identificador del formato de almacenamiento de datos *DSFID (Data Storage Format Identifier)*. Normalmente el tamaño disponible en este banco no es mayor de 512 bits, aunque existen algunas etiquetas capaces de llegar a los cuatro u ocho Kbits.

Clasificación

Hay muchas formas de clasificar las etiquetas de identificación por radiofrecuencia, pero la manera más común es dividir las etiquetas pasivas, activas y semipasivas. Esta clasificación se basa en el tipo de alimentación que recibe cada una (7):

- Etiquetas pasivas: no poseen ninguna fuente de alimentación, por lo que para que se induzca una corriente eléctrica pequeña, hacen uso de la energía recibida por parte del lector cuando éste envía una señal para identificar si hay alguna etiqueta en el entorno. Esta energía inducida es suficiente para hacer operar al chip, de forma que puede generar y transmitir una respuesta al lector. En este tipo de etiquetas, la distancia de lectura es bastante reducida. En la práctica difícilmente se alcanzaría el metro. Ver Figura 6.

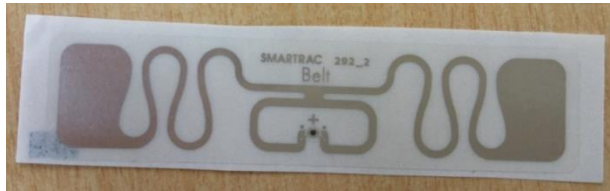


Figura 6. Etiqueta pasiva UHF (Ultra alta frecuencia) *Belt* de *Smartrac*.

Fuente: Elaboración propia.

- Etiquetas activas: la principal diferencia con respecto a las pasivas es que poseen una fuente de alimentación propia. Esto influye en varios factores positivamente: el rango de lectura es mayor (del orden de cientos de metros), más fiables debido a que son capaces de comunicarse con el lector de forma más continua, mayor potencia de transmisión (lo que les permite trabajar en entornos más difíciles, como agua o metales), etc. Este tipo de etiquetas pueden poseer diferentes tipos sensores (de humedad, temperatura, etc.). Como inconvenientes se pueden citar los siguientes: poseen un mayor tamaño ya que deben llevar consigo la fuente de alimentación, son más caras y su tiempo de vida depende del de la batería.
- Etiquetas semipasivas o asistidas por batería *BAP* (*Battery Assisted Passive*): se asemejan a las activas, pero el tamaño de la batería que llevan consigo es más pequeña y es usada únicamente para actuar como fuente de alimentación (no para transmisión de señales). Con este tipo de etiquetas lo que se consigue es poder tener alimentado al chip y a su vez poder

tener una etiqueta que no se limite a tener una estructura específica para recoger la alimentación procedente del lector (como sí que lo hacen las pasivas). Poseen un tiempo de vida mayor que las etiquetas activas. Además, este tipo de etiquetas consiguen responder con una energía del 90% aproximadamente de la recibida por parte del lector, mientras que las pasivas lo harán con un máximo de un 15% de ésta.

Las etiquetas también pueden ser clasificadas según el rango de frecuencia en el que trabaje el sistema. Esto será visto más adelante en el apartado correspondiente.

Diferencias entre inlay, etiqueta y tag RFID

A veces, estos conceptos son confusos y por ello es necesario establecer la diferencia clave entre ellos. En la Figura 7 podemos encontrarnos con una combinación de varios tipos de etiquetas.

Un inlay básicamente es la unión de un chip con una antena. Puede poseer diferentes tamaños según cómo de grande sea la antena adherida, ya que el chip es tan pequeño que no influye en lo grande que sea el inlay entero. Los inlays pueden ser de dos tipos:

Wet: El inlay viene con un material adhesivo de tipo película o papel. Es la manera menos costosa de etiquetar con RFID.

Dry: El inlay viene sin adhesivo. Se utilizan sobre todo para conversores.

En cuanto a las etiquetas, éstas son la unión entre una etiqueta adhesiva y los inlays antes comentados. También pueden poseer una gran variedad de tamaños. Éstas se pueden adecuar al tamaño específico que necesite el cliente.

Y, finalmente, los tags son usados para aplicaciones ya más específicas. Poseen diferentes formas y tamaños y, normalmente, son utilizados para aplicaciones en las que puedan encontrarse sobre metales y/o líquidos, de las cuales haremos referencia más tarde.



Figura 7. Varios inlays, etiquetas y tags.

Fuente: Elaboración propia.

En general, todos estos dispositivos serán llamados etiquetas simplemente, para evitar confusiones.

2.4.2 LECTOR

El lector o reader está compuesto por un transceptor, una antena y un decodificador.

Este dispositivo se comunica con las etiquetas RFID que se encuentran en el rango de trabajo oportuno, realizando distintas tareas como pueden ser tomar el inventario (leer), codificar, escribir, seleccionar una serie de tags específicos, etc.

El comportamiento de un lector RFID a la hora de establecer la primera comunicación con el tag se basa primero en el envío de unas señales a través de su antena para detectar si hay alguna de estas etiquetas a su alrededor. Más tarde, se ocupará de la recepción del número de serie por parte del tag/s que ha captado la señal del reader. Y, por último, enviará los datos al Middleware para que se encargue de procesarlos.

En la Figura 8 podemos observar un ejemplo de un reader fijo.



Figura 8. Reader ion R4300P.

Fuente: Elaboración propia.

La potencia de las señales que llegan de las etiquetas RFID puede ser muy débil, en comparación a la del lector. Por ello, se debe tener precaución y saber distinguir entre ambas señales. Así, hay dos técnicas para entablar comunicación entre las etiquetas y el reader: acoplamiento capacitivo (mediante “backscatter” o reflexión) y acoplamiento inductivo (mediante métodos de modulación de carga). El primer caso es utilizado normalmente en campo lejano con frecuencias de UHF o microondas y el segundo

en campo cercano con frecuencias de trabajo de baja o alta frecuencia, LF o HF, respectivamente.

El funcionamiento básico del acoplamiento capacitivo (ver Figura 9) consiste en que el lector emite una señal de radiofrecuencia que es recibida, modulada, usada para alimentar a su chip (si fuera el caso) y reflejada por el/los tags que alcance. Esta señal reflejada incide en el lector completando así la identificación.

ACOPLAMIENTO CAPACITIVO (BACKSCATTER)

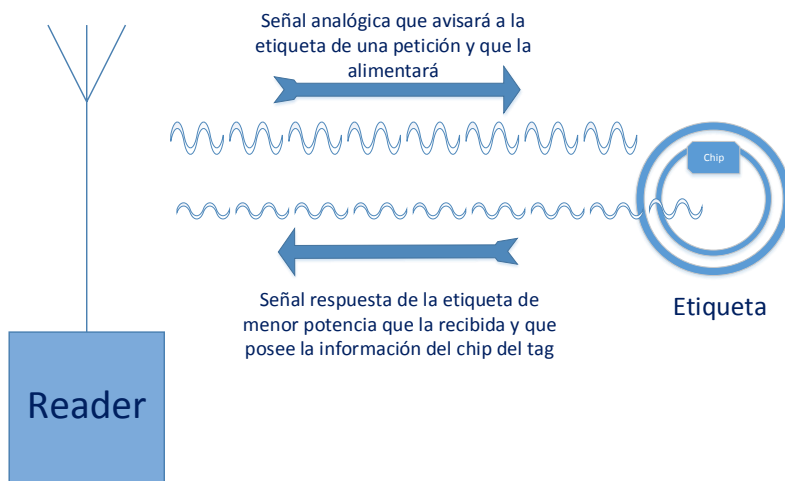


Figura 9. Backscatter en RFID.

Fuente: Elaboración propia.

El acoplamiento inductivo (ver Figura 10) se basa en la inducción de una corriente eléctrica en la antena de la etiqueta gracias al campo magnético producido por el lector que ha sido creado

cuando una corriente circulaba por él. Además de alimentar a la antena, la impedancia de ésta es conmutada por el tag para la creación de una modulación que será la responsable de la transmisión de los datos. Notar que en esta última técnica es necesario que las etiquetas estén más cerca al reader que con el otro tipo de acoplamiento.

ACOPLAMIENTO INDUCTIVO (MODULACIÓN DE CARGA)

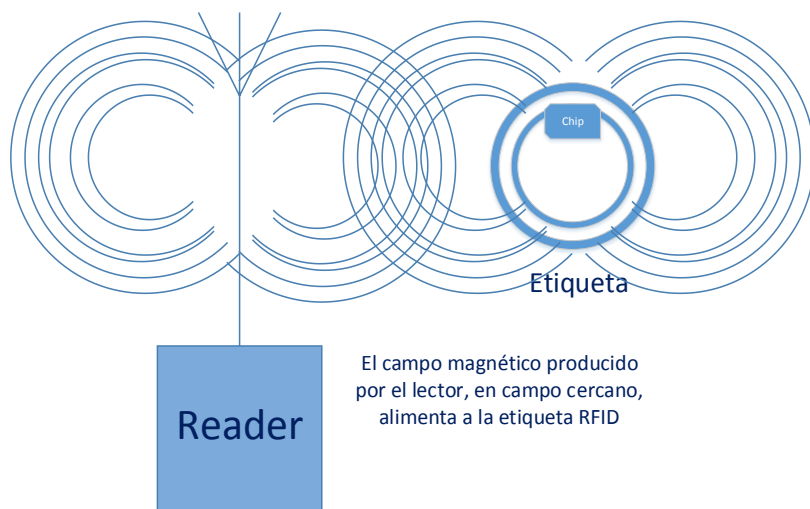


Figura 10. Modulación de carga en RFID.

Fuente: Elaboración propia.

Hay muchos tipos de lectores RFID. Éstos pueden encontrarse fijos, estacionados en alguna posición específica, o ser portátiles al

estar adheridos a un dispositivo móvil (como son el caso de los lectores RFID de mano). También pueden estar empotrados en algún equipamiento electrónico o en un vehículo de forma eficiente.

En la Figura 11 podemos ver el uso de un lector de mano de baja frecuencia con una antena monopolo.



Figura 11. Lector LF de Cromasa.

Fuente: Elaboración propia.

2.4.3 ANTENAS

Las antenas de los tags se encargan de enviar el número de serie del producto etiquetado y de recolectar la energía procedente del lector y, así, proporcionar alimentación al chip (en el caso de las etiquetas activas, éstas poseen ya una fuente de alimentación adheridas, como se ha comentado anteriormente). El tipo de antena elegido dependerá de la aplicación a considerar, aunque nunca habrá una “perfecta”. Los materiales de fabricación son diversos y

pueden ser impresos, grabados o estampados con tinta conductora, etc. Según la frecuencia de trabajo del sistema, se deberá usar un tipo u otro de antena. A veces, es conveniente utilizar un array de dos antenas en lugar de una sola para evitar posibles “zonas muertas”.

Las antenas de los readers RFID se dedican básicamente a capturar las señales analógicas emitidas por las etiquetas y convertirlas en corriente eléctrica, y de emitir estas señales hacia los tags (y una vez allí, las antenas de estas etiquetas se ocupan de convertir esta energía recibida en corriente eléctrica). En definitiva, permiten la comunicación entre el lector y las etiquetas RFID. De igual forma que las otras antenas, hay multitud de tipos y la elección de uno de ellos dependerá de la aplicación, la distancia a la que se encuentren los tags, la frecuencia de trabajo del sistema, etc. Ejemplos: antenas con polarización lineal, con polarización circular, antenas de puerta (portales), antenas de varilla, ... Otros parámetros a considerar en las antenas de los lectores son la máxima potencia permitida, su impedancia, su ganancia y el patrón de polarización. Ver ejemplo en la Figura 12.



Figura 12. Antena de parche *PATCH-A0026* de un lector RFID de la marca *Poynting* con su radomo de plástico y cable con conector N (hembra)⁵.

Fuente: Elaboración propia.

2.4.4 MIDDLEWARE

El Middleware se trata de la interfaz existente entre las aplicaciones de los diferentes usuarios y el equipo hardware RFID. Extrae todo el flujo de información a procesar y lo distribuye a través de las aplicaciones software de tal forma que éstos son capaces de leerlo sin tener que ser modificados para que sea legible.

⁵ Recordar que el radomo de una antena es la capa que la cubre para protegerla pero que no interfiere en las ondas electromagnéticas que envía o recibe dicha antena.

No obstante, hay que tener en cuenta que el término de middleware para RFID debe ser visto de una forma diferente al middleware del entorno informático en general. Esto es debido al desarrollo de forma exponencial que ha sufrido este tipo de tecnología de identificación en la última década y, por ello, varias compañías han llegado a un acuerdo para definir el middleware de identificación por radiofrecuencia:

“El RFID Middleware es la plataforma existente entre los lectores de tags y los sistemas de gestión empresariales para trabajar, gobernar y enviar los datos captados por el hardware RFID.”

Fuente: Forrester Resarch (<https://www.forrester.com/home/>) (8).

Las funciones básicas de éste son la gestión de datos y dispositivos, y la monitorización. Se ocupa de coger del reader RFID la información obtenida por parte de los tags y la procesa (filtra y agrega datos) para proporcionársela al sistema de gestión pertinente (almacén, sistema de producción, etc.).

EPC Global definió una estructura global para el Middleware RFID que ha sido aceptada hasta el día de hoy y que es la forma más eficiente de proceder a la hora de implantar un sistema en tecnología RFID.

El esquema de dicha estructura es la mostrada en la Figura 13.

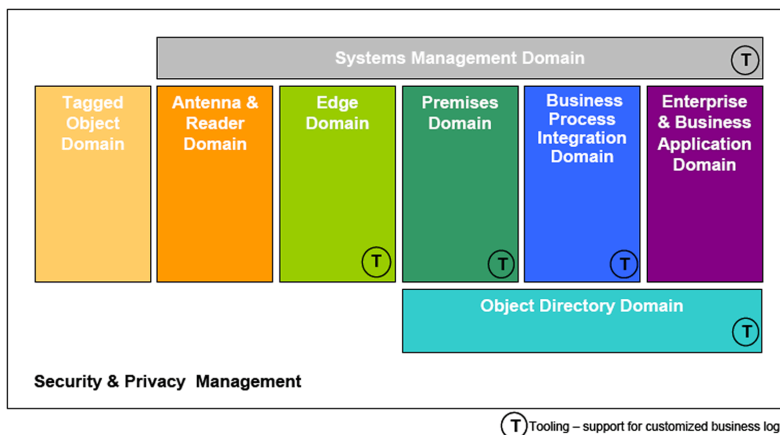


Figura 13. Middleware según EPC Global.

Fuente: Elaboración propia.

EPC Global también estableció una serie de protocolos para la comunicación entre las diferentes capas de la estructura. No obstante, esto no es un requisito legal, sino más bien una recomendación.

Un buen Middleware RFID y completo debe ser capaz de proveer recolección de información de los tags RFID y de actuar como “bombedor” de esta información en el sistema implantado para que los datos puedan ser transportados a través de toda la red de la empresa. Y, de esta forma, la información llegará a todos los dispositivos necesarios inmersos en el sistema RFID.

2.5 LECTURA DE CÓDIGO DE BARRAS vs. RFID

La tecnología de identificación automática más implantada en el mundo actualmente es el código de barras. Por ello, es inevitable una comparativa de ésta con RFID.

El código de barras se basa en una serie de líneas paralelas de diferente grosor y espaciado entre las mismas que aporta un código identificativo de un producto (o conjunto de ellos).



Figura 14. Ejemplo de un código de barras.

Fuente: Elaboración propia.

Podemos ver mediante la Tabla 1 un resumen de las principales diferencias que hay entre la tecnología de identificación de productos mediante código de barras y la de identificación por radiofrecuencia:

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

Código de Barras	RFID
Visión directa necesaria entre el escáner y el código.	Visión directa, entre la etiqueta y el lector, no necesaria. ⁶
Sensibles a la hora de imprimir los códigos y por ello posibles fallos de lecturas por parte del escáner.	Es posible seguir accediendo a la memoria que posee el chip de la etiqueta a pesar de que la antena impresa de éste sufra pequeñas dobleces.
Identificación del tipo de producto al que pertenece el etiquetado, pero no a una unidad del mismo.	Identificación unívoca no sólo del tipo de producto al que pertenece, sino al producto unitario en sí (número de serie). Ver Figura 15.
Sensibles al paso del tiempo (se ensucian, se puede borrar la tinta del código, etc.).	Etiquetas robustas frente a condiciones adversas. Pueden durar más de 10 años y ser leída y grabada más de 100.000 veces.
Baja seguridad ya que cualquier persona es capaz de ver visualmente el código de barras impreso.	Alta seguridad debido a la información se encuentra protegida en chip y es posible cifrar los datos.
Imposible modificar información de un código específico. Sería necesario etiquetar encima de este código de barras para sustituirlo.	Las etiquetas poseen una memoria reescribible, por lo que es posible modificar información existente ya en esa etiqueta.
Lectura individual de cada código.	Lectura simultánea de cientos de etiquetas a la vez.

Tabla 1. Diferencias entre RFID y los códigos de barras.

⁶ A excepción de cuándo se utilizan etiquetas junto a líquidos o metales que siempre suponen problemas.



Figura 15. Comparativa de la tecnología RFID con el código de barras para notar que ésta última identifica a un conjunto de productos de un cierto tipo y RFID lo hace de forma individualizada.

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de las diferencias remarcadas anteriormente, ambos sistema son utilizados a día de hoy simultáneamente ya que el código de barras no se ha quedado aún obsoleto.

2.6 FRECUENCIAS DE FUNCIONAMIENTO

Para poder comunicarse entre sí, todos los dispositivos RFID de un sistema dado deberán sintonizarse a la misma frecuencia de funcionamiento.

Según la frecuencia a la que se encuentre el sistema trabajando, tendremos las siguientes categorías: Low Frequency LF (baja frecuencia), High Frequency HF (alta frecuencia), Ultra High Frequency UHF (ultra alta frecuencia) o microwaves (microondas).

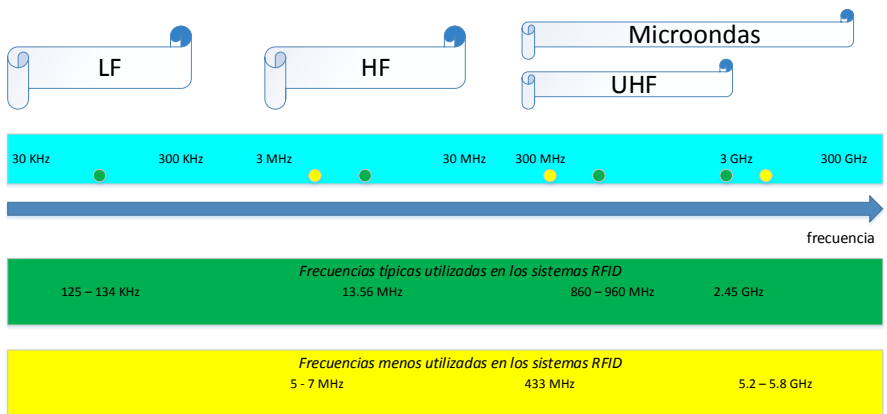


Figura 16. Bandas de frecuencia RFID.

Fuente: Elaboración propia.

La elección de una u otra frecuencia supondrá un modo de funcionamiento muy distante entre las bandas existentes. Según la frecuencia, las características de un sistema RFID son muy diferentes (distancias y velocidad de lectura, diseño de antenas, etc.) y se han de tener en cuenta para escoger una ellas adecuada a la aplicación a desarrollar (9).

No hay ningún organismo que regule la gama de frecuencias a la que deba ceñirse la tecnología RFID globalmente. Cada país, en

principio, es capaz de manejar las frecuencias que considere según lo establezca la corporación de cada lugar. No obstante, para la banda UHF hay que tener en cuenta que hay diferentes estándares para su utilización.

Algunos ejemplos de estas corporaciones son la FCC (Estados Unidos), ERO, CEPT y ETSI (Europa), DOC (Canadá), MPHPT (Japón), etc.

2.6.1 LOW FREQUENCY (LF)

Esta banda va desde los 30 KHz hasta los 300 KHz, pero la tecnología RFID se encuentra dentro del rango de los 125 KHz a los 134 KHz al usarla (10).

Las etiquetas de baja frecuencia utilizan menos energía y penetran de mejor manera en los metales y líquidos. Son ideales para escanear objetos con un alto contenido de agua, como puede ser fruta. Gracias a esta robustez, estos tipos de etiquetas son usadas ampliamente en entornos industriales. No obstante las distancias de lectura máximas no suele sobrepasar el medio metro, normalmente de 10 cm.

Esta frecuencia será usada en las aplicaciones en las que la movilidad del objeto a identificar no se mueva de manera muy veloz ya que la tasa de transferencia de datos permitida con LF es reducida, del orden de Kbits/s.

Usadas sobre todo para identificación de animales (recordar cómo en la trazabilidad del ganado bovino, por ejemplo, se le coloca a las vacas el típico crotal electrónico amarillo en las orejas o se les administra vía oral un bolo ruminal, ver Figura 17) y humanos, y

para el control de acceso mediante tarjetas, por ejemplo, que contengan la etiqueta adherida. Para la trazabilidad animal han de tenerse en cuenta los estándares ISO 14223 e ISO/IEC 18000-2.



Figura 17. Bolos ruminales y crotales para identificación animal. Estos tag trabajan en la banda LF.

Fuente: Elaboración propia.

Como se ha comentado anteriormente, a esta frecuencia el lector se comunica mediante la técnica de acoplamiento inductivo.

Los precios de este tipo de etiquetas son relativamente caros, rondando el euro. El tamaño de las etiquetas pasivas LF es grande en comparación con los tipos de tags existentes. Pero presentan mejores prestaciones en cuanto a la interferencia de radiofrecuencia.

En el estándar ISO/IEC 18000-2 se encuentran los parámetros para la comunicación de las etiquetas pasivas que trabajan a la frecuencia LF.

2.6.2 *HIGH FREQUENCY (HF)*

Esta banda va desde los 3 MHz hasta los 30 MHz, pero la tecnología RFID trabaja a la frecuencia 13.56 MHz dentro de esta banda. Otra banda menos utilizada en RFID es la de 5 a 7 MHz.

A diferencia con LF, las etiquetas que trabajan en HF no son capaces de funcionar cerca de metales de forma correcta. No obstante, la señal puede atravesar la mayoría de los demás materiales.

Las distancias de lectura se encuentran entre los 10 cm y el metro aproximadamente. Y en cuanto al precio, las etiquetas HF pueden costar desde 50 céntimos hasta 5 euros aproximadamente.

Las etiquetas que trabajan en esta frecuencia son usadas en gran medida para *Smart cards* de detección sin contacto (con las que deberemos tener en cuenta los estándares ISO/IEC 15693, ISO/IEC 14443 A y B). Conforme las tags se acercan más al lector, con mayor potencia podrán trabajar y por ello este tipo de tarjetas pueden albergar una encriptación lo suficiente potente para garantizar una comunicación segura con el reader. Rangos de lectura cortos permiten también ciertas comodidades como puede ser el ejemplo de no tener que sacar la tarjeta cuando se encuentra en nuestra cartera, simplemente tendríamos que pasar la cartera por encima del lector.

Una tasa de datos mayor que la anterior permite que puedan ser llevadas a cabo transacciones financieras sofisticadas con esta frecuencia.

Este tipo de etiquetas también son usadas para documentación de pasaportes y viajes, para control de acceso como los tags de LF, para trazabilidad y gestión de suministros. Los tags HF poseen memorias de tamaño del orden de miles de bytes, lo que permite al usuario un gran almacenamiento de información para la aplicación deseada. Este gran tamaño de la memoria permite poder trabajar en momentos en los que no pueda comunicarse con la base de datos de la aplicación y se necesite llevar a cabo una gran cantidad de información.

Como se ha comentado anteriormente, a esta frecuencia el lector se comunica mediante la técnica de acoplamiento inductivo al igual que los tags LF.

En el estándar ISO/IEC 18000-3 se encuentran los parámetros para la comunicación de las etiquetas pasivas que trabajan a la frecuencia HF.

2.6.3 ULTRA HIGH FREQUENCY (UHF)

Esta banda va desde los 300 MHz hasta los 3 GHz, pero la tecnología RFID se encuentra dentro del rango de los 860 MHz a los 960 MHz según está definido en el estándar UHF Gen 2. Otra frecuencia menos utilizada es la de 433 MHz (la bandas de radio industrial, científica y médica ISM). No obstante, según la región, se aceptará una frecuencia u otra ya que esta banda RFID no puede ser usada de forma global al estar legislada de manera diferente por cada país. Además, el nivel de potencia utilizado por el reader también variará.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

En España, el rango UHF para RFID es de 865 MHz a 868 MHz. El uso sin licencia se encuentra en la banda de 869.40 - 869.65 MHz (con algunas restricciones). Por otro lado, en EEUU y Canadá, por ejemplo, el rango se encuentra entre 902 MHz y 928 MHz, pero hay restricciones en la energía de transmisión. Esta última banda no podría ser utilizada en Francia e Italia ya que interferirían con las bandas militares. Para China y Japón, la frecuencia UHF de RFID no se encuentra bajo regulación. Para más información sobre las regulaciones UHF ver el documento *Regulatory status for using RFID in the EPC Gen 2 band (860 to 960 MHz) of the UHF spectrum 31 October 2014* de GS1. Ver Figuras 18 y 19.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló



Regulatory status for using RFID in the EPC Gen 2 band (860 to 960 MHz) of the UHF spectrum 31 October 2014

This document provides an overview of Ultra High Frequency (UHF) regulations for passive RFID within the 860 to 960 MHz band worldwide, including:

- **Country name and Status:** All GS1 member countries as well as major non-member countries are included – currently a total of **124 countries**



OK Regulations are in place in **78 countries** representing circa 96.5 % of the world's GDP.

WP Work is in progress in **3 countries** representing circa 1 % of the world's GDP.

NA Information is not available for **43 countries** representing circa 2.5 % of the world's GDP.

- **Frequency:** Indicates frequency allocations authorised for RFID applications **specifically within the 860 to 960 MHz band** of the UHF spectrum.
- **Power:** Indicates the maximum power available to RFID applications, expressed either as EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power) or ERP (Effective Radiated Power). *Though determined using different measurement methods, for purposes of comparison, 2 W ERP is equivalent to 3.2 W EIRP.*
- **Technique:** Reader to Tag communication technique. **FHSS:** Frequency Hopping Spread Spectrum / **LBT:** Listen Before Talk / **ETSI:** as per ETSI 302 208
- **Comments:** Provides additional information on the regulatory status.
- **Regulator:** Contact details of respective national regulatory body.

The following countries' allocations have been updated since the last publication of 31 May 2013:

- **Bangladesh:** 923 - 925 MHz now in effect
- **Chile:** now restricted to 5 mW EIRP or maximum field strength of 80 mV/m at 3 meters.
- **Morocco:** 867.6 - 867.0 MHz @ 500 mW ERP now in effect
- **New Zealand:** Corrected from 6 W EIRP to 4 W EIRP. 867.6 - 867.0 MHz @ 500 mW ERP now in effect
- **Nigeria:** ETSI regulations now in effect
- **Peru:** 915 - 928 MHz @ 4 W EIRP now in effect
- **Venezuela:** Restricted to 922 - 928 (previously 908 - 928) MHz @ 4 W EIRP

Suggestions for amendments, updates or additions to this report are welcome and should be communicated to Craig Alan Repec (craig.alan.repec@gs1.org).

<http://www.gs1.org>

page 1 of 22

updated 31.10.2014

Figura 18. Página 1 del documento *Regulatory status for using RFID in the EPC Gen 2 band (860 to 960 MHz) of the UHF spectrum 31 October 2014* de la empresa GS1.

Fuente: Regulatory status for using RFID in the EPC Gen 2 band (860 to 960 MHz) of the UHF spectrum 31 October 2014 (11).

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

Country	Status	Frequency in MHz	Power	Technique	Comments	Regulator
Slovak Republic	OK	865.6 - 867.6	2 W ERP	ETSI		Telecommunications Office of the Slovak Republic +421 2 5788 1553 secretary@teleoff.gov.sk frequency@teleoff.gov.sk
Slovenia	OK	865.6 - 867.6	2 W ERP	ETSI		Post and Electronic Communications Agency of the Republic of Slovenia +386 1 583 6301 info.box@atrp.si www.apek.si
South Africa	OK	865.6 - 867.6	2 W ERP	ETSI		Independent Communications Authority of South Africa (ICASA) +27 11 321 8454 nkuli@icasa.org.za
		915.4 - 919	4 W EIRP	FHSS		
		919.2 - 921	4 W EIRP	Non-modulating		
Spain	OK	865.6 - 867.6	2 W ERP	ETSI		Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información +34 91 346 1500 ljsanz@mityc.es
Sri Lanka	NA					Telecommunications Regulatory Commission of Sri Lanka +94 11 268 9345 dgtsl@trc.gov.lk www.trc.gov.lk
Sudan	NA					National Telecommunications Corporation (NTC) Tel: +249 12 348 4487 Email: siddig@ntc.org.sd

<http://www.gs1.org>

page 18 of 22

updated 31.10.2014

Figura 19. Página 18 del documento *Regulatory status for using RFID in the EPC Gen 2 band (860 to 960 MHz) of the UHF spectrum 31 October 2014* de la empresa GSI donde se puede apreciar las características de la banda frecuencial en España para RFID.

Fuente: Regulatory status for using RFID in the EPC Gen 2 band (860 to 960 MHz) of the UHF spectrum 31 October 2014 (11).

Además, existen regulaciones para proteger la salud y las condiciones ambientales, como puede ser el ejemplo de Europa con la regulación *Waste Electrical and Electronic Equipment* ("Equipos eléctricos y electrónicos inútiles") que obliga a despegar las etiquetas RFID de los productos en los que se encontraban

adheridas (cajas de cartón, por ejemplo) antes de tirar a la basura éstos últimos.

La banda UHF se encuentra regulada por un estándar global único: el estándar EPCglobal Gen2 (ISO 18000-6C).

Las distancias de lectura de este tipo de etiquetas pueden llegar a los 12 metros y las tasas de datos son relativamente altas si las comparamos con los modos de funcionamiento RFID de baja y alta frecuencia. Y, en cuanto al precio, las etiquetas pasivas de frecuencia ultra alta rondan los 15 céntimos. Además, el hecho de no necesitar antenas con dimensiones tan grandes permite reducir el coste de fabricación. No obstante, si trabajásemos a la frecuencia de 433 MHz las etiquetas deben ser activas y su precio y rango de lectura podría llegar hasta los 5 euros y 100 metros, respectivamente.

Son las más sensibles a interferencias, pero los diseñadores de etiquetas UHF han encontrado varias formas de diseñar etiquetas, antenas y readers capaces de trabajar de forma eficiente a esta frecuencia incluso en entornos difíciles.

A estas frecuencias, los metales y líquidos afectan muy negativamente en las ondas de radio por lo que hay que llevar cuidado de no implantar el sistema cerca de estos tipos de materiales. Los metales reflejan las señales y las moléculas de agua las absorben. Además, el campo electromagnético de las etiquetas trabajando a esta frecuencia tan alta encuentra “agujeros” y es por ello que para identificarlas mejor es recomendable que éstas se encuentren en movimiento. A parte de poder perder la señal que queremos leer en el reader, debido al

hecho de que con los metales se reflejan las ondas de radio, pueden llegar al lector señales provenientes de otras etiquetas que han sido “amplificadas” por culpa de este metal, obteniendo así falsas lecturas.

La aplicación típica de este modo de funcionamiento reside en la logística. Aunque también es utilizada en la detección de vehículos en movimiento, control de personas u objetos y aplicaciones de seguridad.

Esta frecuencia de funcionamiento es la más utilizada a la hora de implantar un sistema de identificación de radiofrecuencia. La banda UHF es aproximadamente 60 veces más eficiente para aplicaciones RFID que la de alta frecuencia HF.

Como se ha comentado en un apartado anterior, a esta frecuencia el lector se comunica mediante la técnica de acoplamiento capacitivo.

En el estándar ISO/IEC 18000-6 se encuentran los parámetros para la comunicación de las etiquetas pasivas que trabajan a la frecuencia UHF de la banda 860 MHz a la 960 MHz y en el estándar ISO/IEC 18000-7 para la banda de 433 MHz.

2.6.4 MICROWAVES

Esta banda va desde los 300 MHz hasta los 300 GHz, pero la tecnología RFID se centra en la frecuencia de 2.45 GHz. Otra banda menos utilizada en RFID es la de 5.2 a 5.8 GHz.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

En este modo de funcionamiento trabajan etiquetas activas, es decir, las que poseen una fuente de alimentación propia, como se ha comentado anteriormente.

La banda UHF se encuentra en una zona del espectro radioeléctrico que coincide con las bandas comerciales de telefonía y otras aplicaciones populares e importantes, por lo que se debe llevar cuidado de cumplir ciertas normativas impuestas por cada país. En la banda de las microondas esto no ocurre y no hace falta licencia en casi ninguna de las frecuencias. Esto tiene como contrapartida que multitud de interferencias serán encontradas debido a que muchas personas se encuentran trabajando a esta frecuencia con sus dispositivos puesto que no necesitan licencia.

El tamaño de las etiquetas es menor que en UHF y el rango de lectura también lo será (de 1 a 2 metros, aun teniendo en cuenta que se trata de etiquetas activas).

Las etiquetas activas en esta frecuencia son utilizadas en gran medida para trazabilidad y seguimiento de personas u objetos, y su precio ronda los 22 euros.

No obstante, existe otra frecuencia a la que puede trabajar etiquetas semipasivas o activas cuyo precio ronda los 5 euros y permite rangos de lectura de hasta 200 metros. Se trata de la banda ultra ancha UWB (*Ultra Wide Band*) que va desde los 3.1 GHz hasta los 10 GHz. Ver ejemplo de la Figura 20.

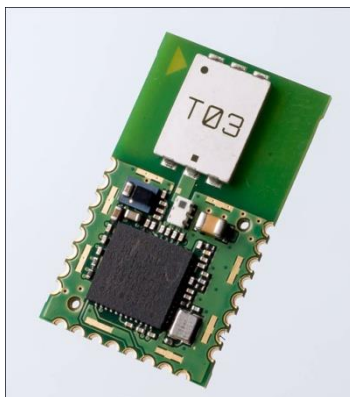


Figura 20. Módulo tranceptor *DWM1000* inalámbrico con una alta velocidad de datos y un gran rango de lectura (de hasta 290 metros) que trabaja en el rango de frecuencias entre 3.5 GHz - 6.5 GHz.

Fuente: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?11942#back-from-modal> (12).

En el estándar ISO/IEC 18000-4 se encuentran los parámetros para la comunicación de las etiquetas pasivas que trabajan a la frecuencia 2.45 GHz.

2.7 CODIFICACIÓN Y MODULACIÓN

Para que la comunicación entre el lector y la etiqueta sea posible es necesario seguir un protocolo que consiste en: codificar y modular la información desde el transmisor, transmitir dichos datos modulados por el medio de transmisión (el aire en este caso), y, por último, demodular y decodificar la información en el receptor.

2.7.1 CODIFICACIÓN EN BANDA BASE

La codificación en banda base de la señal transmitida dota de seguridad a la información que lleva consigo (evitando, así, posibles interferencias y/o modificaciones externas dañinas) y ésta puede funcionar de diferentes maneras.

Para la codificación es necesario adentrarnos en el mundo binario y centrarnos en la forma en la que se representa un 1 y 0. Lo normal es que los sistemas RFID utilicen una de las siguientes técnicas: el código *NRZ (Not Return to Zero)*, *Manchester*, *Unipolar RZ*, *DBP (Differential Bi-Phase)*, *Miller*, *Miller modificado*, *Diferencial* o *Pulso-Pausa (PPC)* (10). Ver Figura 21.

Si utilizamos el código *NRZ*, para representar un uno necesito un nivel de señal alto y para un cero uno bajo. Este código es utilizado casi siempre con modulaciones del tipo *FSK* o *PSK*, de las cuales se hablará más tarde.

En el caso de hablar de la codificación *Manchester*, un uno se presenta mediante la transición (un flanco, es decir, paso de un nivel a otro) descendente en mitad de un periodo binario de un bit, y mediante una transición ascendente para un cero.

Para el código *Unipolar RZ* un uno es representado mediante una señal de nivel alto en la primera mitad del período de un bit y un nivel de señal bajo en la segunda mitad. Para la representación de un cero, en ambas mitades de dicho período necesitaremos una señal de nivel bajo.

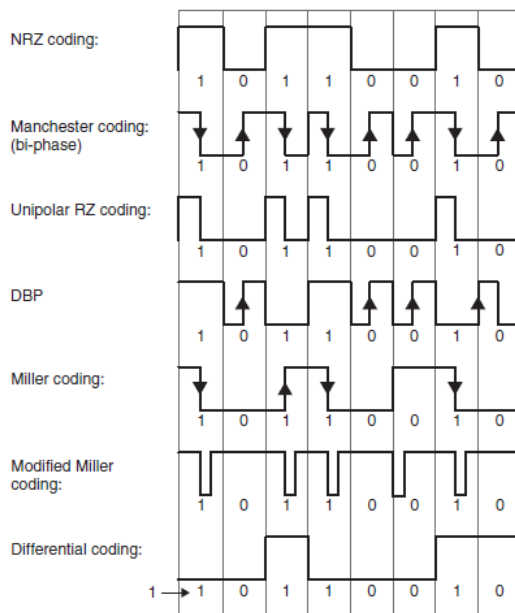


Figura 21. Líneas de código más utilizadas en la codificación RFID.

Fuente: Elaboración propia.

Si lo que se emplea es un código *DBP*, la representación de un uno se realiza mediante el mantenimiento de un nivel alto o bajo (cada vez que se represente un uno se pasará de uno al otro) de señal durante un período de bit, y la representación de un cero mediante un flanco ascendente o descendente en mitad de dicho período. El cambio de un nivel alto a bajo y viceversa para visualizar un 1 facilita la reconstrucción en recepción.

Para la codificación *Miller*, un cero se representa manteniendo durante todo un período de bit el nivel del bit anterior si se trataba de un 1 o el nivel contrario del bit anterior si se trataba de un 0. Para mostrar un uno se produce una transición en mitad del período de bit desde el nivel de señal que haya al final del bit anterior.

La codificación *Miller modificada* es igual que la *Miller* pero se sustituyen todas las transiciones que se produzcan por pulsos negativos de corta duración. Este código es utilizado eficientemente en sistemas que usen la técnica de acoplamiento inductivo (LF y HF) para transferir información desde el reader al tag. Este impulso es mucho más corto que el período de bit, por lo que se garantiza la alimentación de la etiqueta por parte del lector de forma continuada.

Si utilizamos el código *Diferencial* para representar un cero el nivel de señal se mantiene sin cambios y para un uno el nivel de señal es conmutado. Además, este código puede ser generado simplemente a partir de una señal NRZ, una puerta lógica XOR⁷ y un flip-flop D⁸ (junto con la señal de reloj). Ver Figura 22.

⁷ Una puerta XOR posee dos entradas y una salida. La salida de ésta será 0 únicamente cuando por las dos entradas se introduzcan dos unos, y en los demás casos la salida valdrá 1.

⁸ Un biestable o flip-flop D (*Delay*, o retardo en castellano) posee dos entradas (una de ellas la señal de reloj) y una señal de salida. La salida tendrá el mismo valor que la entrada cuando así lo dicte la señal de reloj. Por ello, este flip-flop actúa de alguna manera como un almacenador de un único bit.

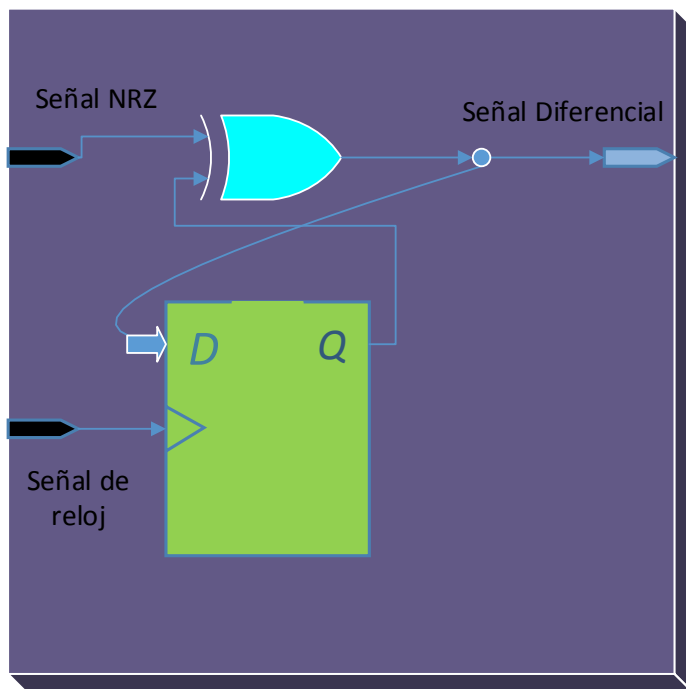


Figura 22. Esquema para la construcción de un código Diferencial.

Fuente: Elaboración propia.

En la codificación *Pulso-Pausa* la representación de un uno se realiza mediante la pausa de un tiempo x tras un impulso y antes del siguiente, mientras que para mostrar un cero el tiempo de pausa es el doble, es decir, de $2x$. Este tipo de código es ampliamente utilizado en la transmisión de información desde el lector hasta las etiquetas cuando se utiliza acoplamiento inductivo. Al igual que ocurre con la codificación *Miller modificada* este impulso es

mucho más corto que el período de bit, por lo que se garantiza la alimentación de la etiqueta por parte del lector de forma continuada.

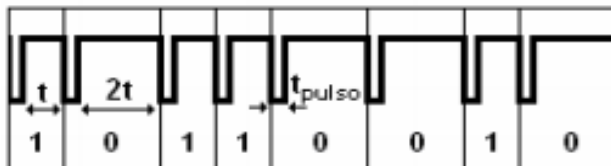


Figura 23. Ejemplo de la transmisión de un código con codificación pulso-pausa PPC.

Fuente: Elaboración propia.

Según el sistema RFID implantado (tipo de etiqueta, frecuencia de funcionamiento, etc.) un tipo de codificación u otro será más eficiente para la transmisión de información.

2.7.2 MODULACIÓN

El proceso de codificación no debe ser confundido con el de modulación. Ésta última consiste en modular los parámetros (ya sea la amplitud, frecuencia o fase) de una señal de alta frecuencia para transmitir nuestra información de manera correcta a través del canal de transmisión.

Una vez en recepción (en el tag o en el reader) es necesario demodular la señal que ha sido transmitida por el medio de transmisión para obtenerla en banda base y proceder más tarde a su decodificación para la reconstrucción final de la señal y poder visualizar así la señal que nos interesa.

La onda electromagnética emitida por la antena del reader o del tag, según cuál sea el transmisor, poseerá unas características u otras según el tipo de modulación elegida. Esta onda será la señal modulada y es construida a partir de nuestra señal moduladora (la que posee la información) y una señal portadora de una frecuencia más alta que la anterior.

Las modulaciones analógicas más usuales son la modulación por amplitud (*AM*), frecuencia (*FM*) y fase (*PM*). Para *AM*, la amplitud de la señal portadora es modificada según potencia suministrada por el lector siguiendo el patrón de la señal moduladora. Para *FM*, lo que se modifica de la señal portadora es su frecuencia según la amplitud de la señal moduladora. Y, finalmente, para la modulación *PM*, a la portadora se le modifica su fase según la moduladora.

Para la tecnología RFID, las técnicas de modulación utilizadas se basan en las modulaciones digitales por desplazamiento de amplitud *ASK* (*Amplitude Shift Keying*), por desplazamiento de frecuencia *FSK* (*Frequency Shift Keying*) y por desplazamiento de fase *PSK* (*Phase Shift Keying*), además de la modulación con subportadora. Ver Figura 24.

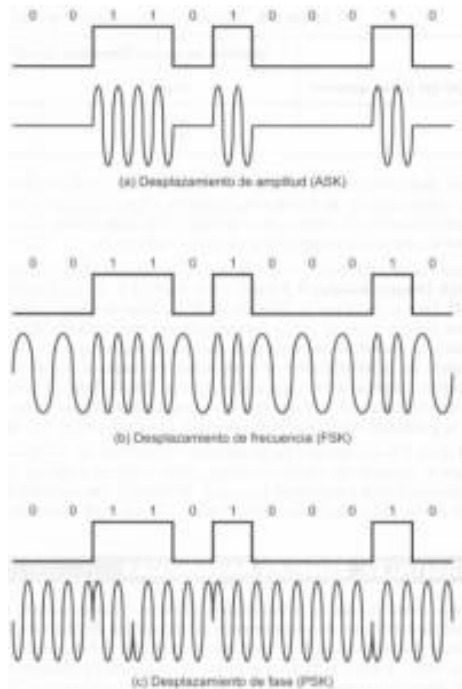


Figura 24. Modulaciones digitales ASK, FSK y PSK.

Fuente: Elaboración propia.

Este tipo de modulaciones se basa en el envío de una señal analógica que posee dos formas, las cuales representarán un 1 o un 0 binario. Esta señal analógica que es modificada (la señal portadora) varía según la señal digital moduladora, que dicta cuándo se envía un 1 o un 0 y, por ello, la forma final de la señal modulada que se enviará por el canal de transmisión (aire en este caso).

Además, en toda modulación son generados productos de modulación simétricos alrededor de la señal portadora denominados bandas laterales o *sidebands* (superior e inferior) cuya forma del espectro dependerá del código de la señal en banda base y de la modulación en sí.

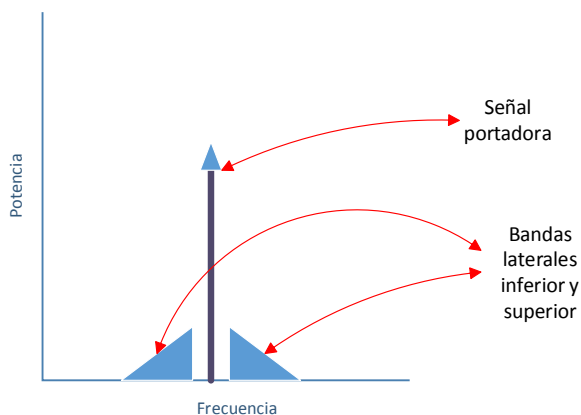


Figura 25. Espectro de la señal portadora de alta frecuencia y de las bandas laterales inferior y superior generadas en el proceso de modulación.

Fuente: Elaboración propia.

ASK

Para la modulación ASK la representación de un 1 se realiza simplemente dejando pasar la señal portadora sin modificar y para un 0 se anula por completo, es decir, no se envía nada durante el período de bit de un cero. Ver Figura 26.

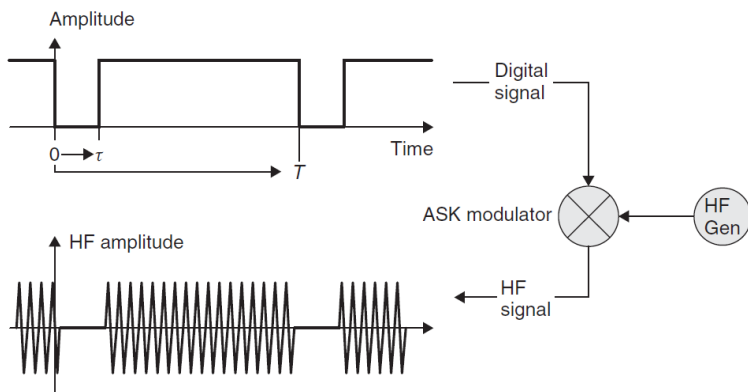


Figura 26. Esquema de generación de una modulación digital ASK a partir de la señal digital y la analógica.

Fuente: RFID Handbook (10).

2 FSK

En la modulación por desplazamiento de frecuencia 2 a la señal portadora se le modifica la frecuencia según la señal digital nuevamente. No obstante, cuando llegue un 1 del código binario, la señal modulada poseerá una de las dos frecuencias presentes en este modulator, y cuando llegue un 0 la frecuencia será establecida a la otra. Ver Figura 27.

La frecuencia portadora deberá ser la media aritmética entre estas dos frecuencias f_1 y f_2 :

$$f_p = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

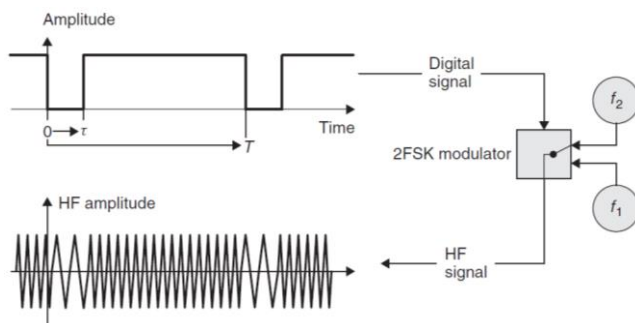


Figura 27. Esquema de generación de una modulación digital 2FSK a partir de la señal digital y la analógica con una frecuencia u otra.

Fuente: RFID Handbook (10).

2 PSK

En este tipo de modulación los ceros y unos que llegan de la señal digital hacen variar la fase de la señal analógica portadora 0° o 180° . Matemáticamente hablando, estos cambios de fase no son otra cosa sino que la multiplicación de la señal portadora por 1 o -1 según el código binario. Ver Figura 28.

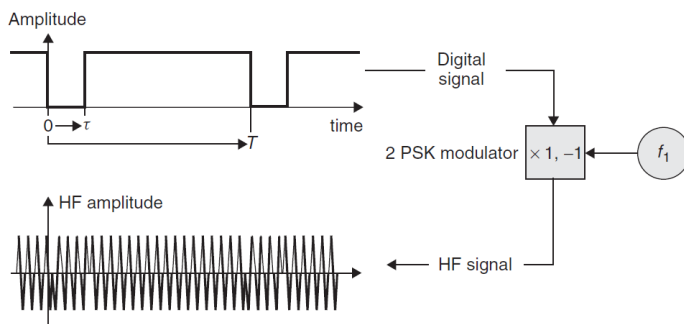


Figura 28. Esquema de generación de una modulación digital 2 PSK a partir de la señal digital y la analógica.

Fuente: RFID Handbook (10).

Modulación con subportadora

Este tipo de modulación está muy implantado en los sistemas de tecnología radio, como puede ser el ejemplo de la radiodifusión VHF, dónde una subportadora estéreo con una cierta frecuencia es transmitida junto al canal en banda base. La señal en banda base contiene únicamente la señal monofónica. La señal diferencia 'L-R' requerida para obtener los canales izquierdo y derecho de audio se puede transmitir 'en silencio' por la modulación de la subportadora estéreo. Así, el uso de una subportadora implica una modulación multinivel. Por lo tanto, en el ejemplo que nos ocupa, la subportadora se modula primero con la señal diferencia, con el fin de modular finalmente el transmisor VHF una vez más con la señal subportadora modulada.

Las modulaciones con subportadora son esencialmente utilizadas en sistemas RFID que usan la técnica de acoplamiento inductivo

para la transferencia de datos desde la etiqueta al lector. La modulación de carga de un sistema de RFID que utiliza acoplamiento inductivo tiene un efecto similar a la modulación ASK de la tensión de la señal analógica en la antena del lector. Una subportadora de baja frecuencia es modulada primeramente por la señal en banda base de información codificada. Para la modulación de la subportadora, puede ser utilizada cualquiera de las modulaciones digitales ASK, FSK o PSK. La frecuencia de la subportadora propiamente dicha se obtiene generalmente de la división binaria de la frecuencia de funcionamiento. Para los sistemas de alta frecuencia HF, se utiliza normalmente la subportadora de frecuencias de 847 kHz ($13,56 \text{ MHz} \div 16$), de 424 kHz ($13,56 \text{ MHz} \div 32$) o de 212 kHz ($13,56 \text{ MHz} \div 64$). La señal subportadora modulada ahora es multiplicada con la señal portadora para realizar la segunda y última modulación digital de esta técnica. Ver Figura 29.

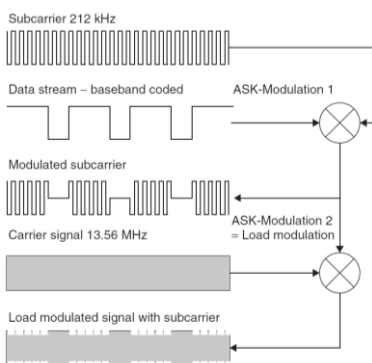


Figura 29. Modulación ASK con subportadora.

Fuente: RFID Handbook (10).

La gran ventaja al utilizar este tipo de modulación reside en el espectro generado. Esta modulación produce a priori dos líneas espectrales separadas una distancia aproximada de f_H Hercios, siendo f_H la frecuencia de la señal subportadora, de la frecuencia central.

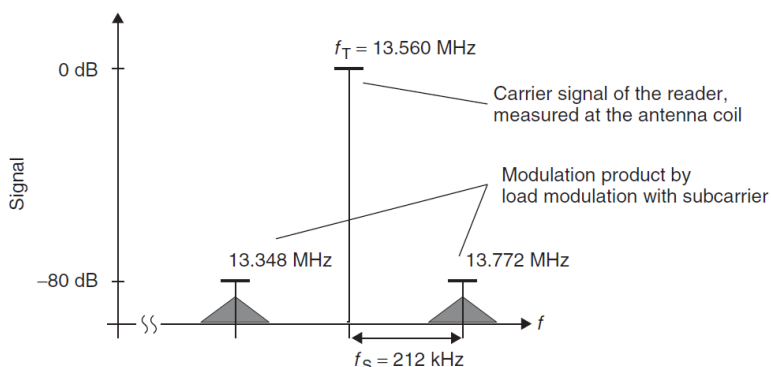


Figura 30. Modulación de carga y la creación de las dos bandas laterales.

Fuente: RFID Handbook (10).

Así, la información es transmitida a través de las bandas laterales de las dos líneas subportadoras según la modulación generada a partir de la señal en banda base.

En sistemas que utilicen tags muy débilmente acoplados la diferencia entre la señal portadora del lector f_T y las bandas laterales de modulación recibidas de la modulación de carga varía dentro del rango de 80 a 90 dB. Uno de los dos productos de modulación subportadora se puede filtrar y demodular desplazando la frecuencia de las bandas laterales de modulación del flujo de

datos. Esto es irrelevante si las frecuencias aquí utilizadas son “ $f_T + f_H$ ” o el “ $f_T - f_H$ ”, debido a que la información está contenida en todas las bandas laterales.

2.8 INTEGRIDAD DE LOS DATOS

2.8.1 CONTROL DE ERRORES

Cuando se utiliza una tecnología de transmisión de información sin contacto (inalámbrica) es muy frecuente encontrarse con interferencias que harán modificar nuestros datos. La llegada de información correcta es vital, por lo que es necesario una serie de detección y corrección de errores que nos permitan solucionar este problema.

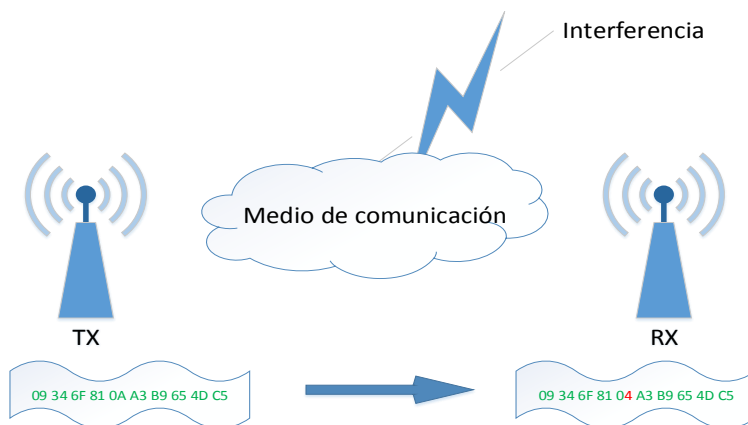


Figura 31. Transmisión de información con un error producido por una interferencia.

Fuente: Elaboración propia.

El chequeo de errores es utilizado para detectar errores de transmisión e iniciar medidas correctivas. Los chequeos más comunes de errores son los *chequeos de paridad*, la *suma XOR* y la *verificación por redundancia cíclica CRC* (10).

Chequeo de paridad

Se trata de un método de chequeo muy popular y sencillo, el cual se basa en el envío de un noveno bit adicional (el bit de paridad) por cada byte transmitido. Pero antes del envío de los datos, tanto transmisor como receptor deben ponerse de acuerdo en cuanto al tipo de paridad usado: par o impar.

El valor del bit de paridad se configura de tal manera que si se trata de paridad par, el número de 1s en los 9 bits enviados (contando con el de paridad) será par, e impar en el caso de utilizar la paridad impar. La paridad de un byte puede ser determinado mediante la realización de múltiples operaciones con puertas lógicas *XOR* en los bits individuales (ver Figura 32).

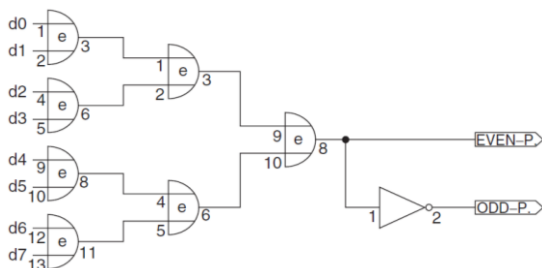


Figura 32. Estructura con puertas lógicas XOR para obtener la paridad de un byte.

Fuente: RFID Handbook (10).

No obstante, este método posee un reconocimiento de errores bastante bajo. Puede haber fallos en la detección de errores con este método si el número de bits erróneos producidos es par, ya que unos pueden cancelarse con otros.

LRC

El método del chequeo de redundancia longitudinal *LRC* (*Longitudinal Redundancy Check*), o suma *XOR*, se encarga de añadir un byte extra (el *LRC*) a los bloques de información transmitidos. Este byte es creado mediante la suma *XOR* de todos los bytes del bloque de información. El primer byte es pasado por una puerta lógica *XOR* junto con el segundo byte, la salida de esta puerta es pasada por otra junto con el byte tercero, y así sucesivamente. Ver Figura 33. En recepción se realiza el mismo proceso con la información recibida, y si el byte *LRC* no coincide con el de transmisión es que se ha producido un error en la comunicación.

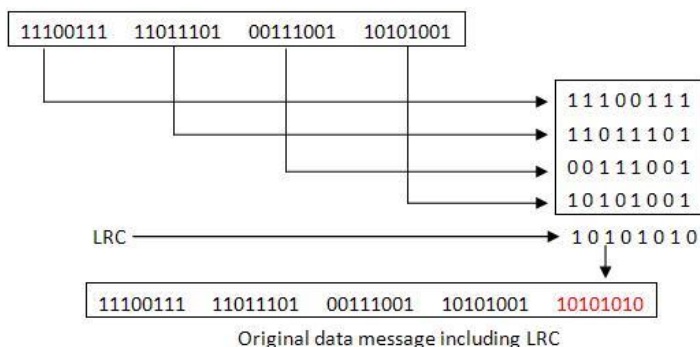


Figura 33. Método LRC.

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que ocurría con el método anterior, el algoritmo *LRC* tiene como inconveniente que los errores detectados pueden ser cancelados los unos con los otros. Por ello, los chequeos *LRCs* son utilizados en el control de bloques pequeños de manera rápida.

CRC

El procedimiento *CRC* (verificación por redundancia cíclica) es muy adecuado para el reconocimiento de error en la transferencia de datos a través de cable (por teléfono, por ejemplo) o interfaces inalámbricas (radio comercial, identificación por radiofrecuencia,...).

El procedimiento *CRC* representa un método muy fiable para reconocer errores de transmisión, aunque su mayor desventaja es que no puede corregirlos.

El cálculo del *CRC*, como su propio nombre indica, es un procedimiento cíclico. Para el cálculo del valor *CRC* es necesario el valor de éste del byte de datos a ser calculado más el valor *CRC* ya calculado de todos los bytes de datos anteriores. Cada byte individual en un bloque de datos se comprueba para obtener el valor de *CRC* para el bloque de datos en su conjunto.

Matemáticamente hablando, un *CRC* es calculado dividiendo los datos entre un polinomio usando el *generador de polinomios*. El valor del *CRC*, así, resulta ser el resto que se obtiene de la división anterior.

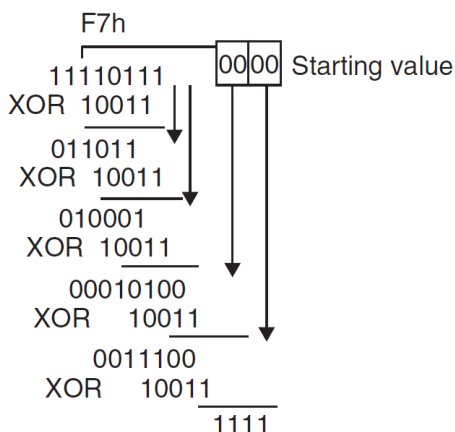


Figura 34. Ejemplo del cálculo de un CRC de 4 bits paso a paso.

Fuente: Elaboración propia.

En el ejemplo anterior de un CRC de 4 bits, el primer byte del bloque de datos es 7Fh y el generador de polinomios es $x^4 + x + 1 \rightarrow 10011$.⁹

Para CRCs de más bits, los generadores de polinomios tendrán potencias más elevadas (ejemplo: CRC-16 $\rightarrow x^{16} + x^{12} + x^5 + 1 \rightarrow 10001000000100001$). La tecnología RFID no tratará normalmente con bloques de información mayores a 4 Kbytes, por lo que no será necesario un método CRC de más de 16 bits.

Una de las grandes ventajas de la verificación por redundancia cíclica es que consigue reconocer de manera eficiente un gran

⁹ Para más información sobre el cálculo del valor del CRC ver el libro *RFID Handbook* (10).

número de errores que se hayan producido en nuestra comunicación.

2.8.2 *MULTIACCESO (ANTICOLISIÓN)*

Puede darse el caso de que múltiples tags (o inclusive otro lector) se encuentren dentro del rango de lectura del lector RFID. Es por ello necesario una serie de técnicas que establezcan una configuración que evite la anticolisión, ya que de lo contrario, la comunicación entre el lector y la etiqueta no se realizará de manera correcta (13). En el caso de que existan varios lectores y varias (o una sola) etiquetas dentro del rango de lectura, éstas últimas recibirán ambas señales de los readers por lo que no serán capaces de decodificar la información, se confundirán y por consiguiente no podrán responder. En el caso de que exista un único lector y múltiples etiquetas en el rango de lectura de comunicación, las etiquetas recibirán y responderán de forma correcta la petición del lector, pero éste recibirá varios flujos de información (uno por cada etiqueta enviando su número identificador *EPC*), produciéndose así una colisión de datos.

Por todo aquello, es necesario un sistema anticolisión que permita el mayor número de identificaciones posibles cuando existes varias etiquetas próximas.

Según el sentido de comunicación tendremos dos tipos de comunicación: *broadcast*, en el que un lector emite una señal que es recibida de igual forma por todas las etiquetas presentes en la zona de lectura, o *multiacceso*, en el que varias etiquetas

transmiten información simultáneamente hacia el lector. Ver Figura 35.

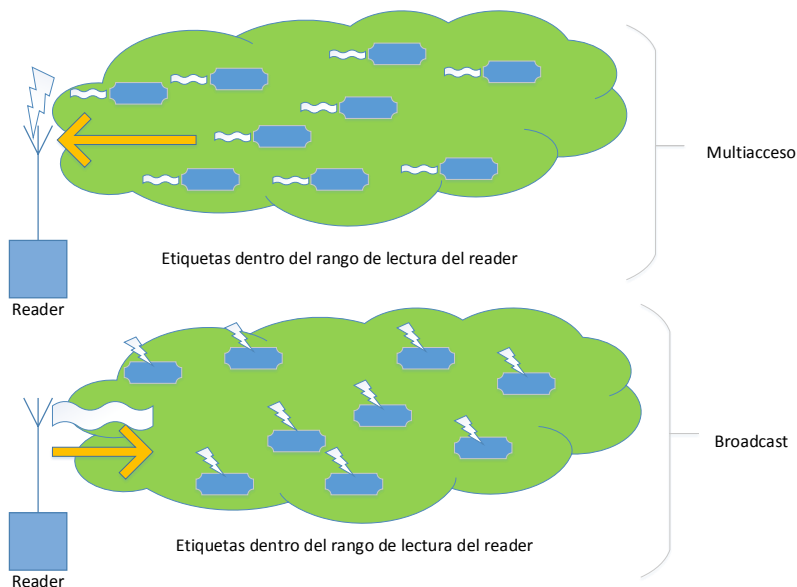


Figura 35. Multiacceso y Broadcast.

Fuente: Elaboración propia.

La capacidad del canal es limitada y ésta debe ser repartida entre todos los transmisores implicados en la comunicación (ya no solo en la tecnología RFID, sino en cualquier comunicación radio), y es por ello que se han desarrollado a lo largo de la historia una serie de técnicas capaces de manejar este problema de *multiacceso*. Éstos métodos son los de *acceso múltiple por división de espacio SDMA (Space Division Multiple Access)*, *acceso múltiple por*

división de frecuencia FDMA (Frequency Domain Multiple Access), acceso múltiple por división de tiempo TDMA (Time Domain Multiple Access), y acceso múltiple por división de código CDMA (Code Division Multiple Access), siendo los tres primeros los que se usan en RFID y, dentro de ellos, el TDMA el más utilizado.

El protocolo de acceso que permite el acceso múltiple evitando las interferencias, es lo que se conoce como sistema anticolidión. Existen diversos métodos anticolidión, de los cuales los más usados podrían ser la técnica *ALOHA*, la técnica *ALOHA ranurado*, el *algoritmo de búsqueda binaria* y el *algoritmo de búsqueda binaria dinámico*.

SDMA

El *SDMA* se trata de una técnica de acceso al canal que se basa en la segmentación del espacio ofreciendo un mayor rendimiento de comunicación cuando trabajamos con sistemas de telecomunicación de acceso múltiple.

Hay varias formas de conseguir este tipo de tecnología: realizando un array de lectores y antenas que tengan reducidas el área de lectura para que detecte una sola etiqueta por antena, o utilizando la técnica adaptativa en la que son necesarias antenas direccionales capaces de apuntar a una sola etiqueta cada cierto ángulo (el cuál no deben sobrepasar los tags para que este método funcione correctamente).

Ésta última técnica utiliza un array de dipolos que trabajan a frecuencias UHF (para que su tamaño no sea extremadamente

grande). Cada uno de los dipolos posee una fase independiente a los demás.

El acceso múltiple por división de espacio es un sistema complejo y costoso, por lo que será menos utilizado en RFID que los demás métodos de acceso múltiple.

FDMA

El *FDMA* se trata de una técnica de acceso que se basa en la asignación de diferentes frecuencias para cada canal de comunicación dentro de la banda frecuencial en la que se encuentre trabajando nuestra aplicación RFID.

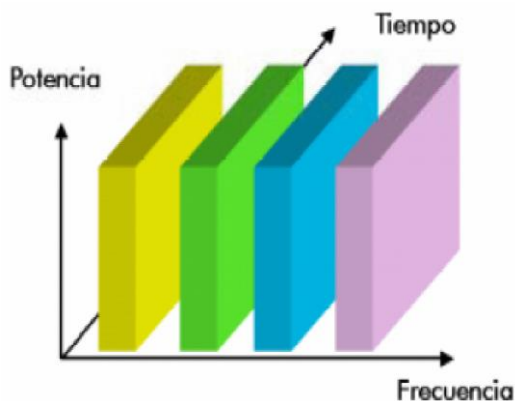


Figura 36. Acceso múltiple por división de frecuencia.

Fuente: Elaboración propia.

En sistemas utilizando tecnología RFID es necesario usar frecuencias sin armónicos junto con diferentes subportadoras para implementar esta técnica

Nuevamente, este tipo de acceso al medio es bastante caro en equipos RFID, por lo que su uso será reducido.

TDMA

El TDMA se trata de una técnica de acceso al medio que se basa en la asignación de diferentes slots temporales para cada canal de comunicación.

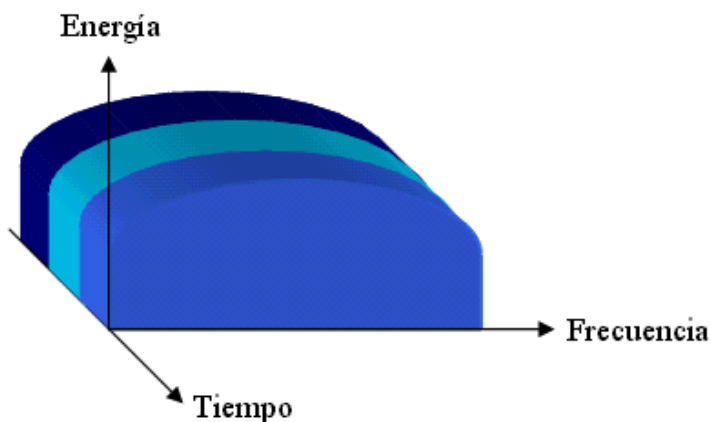


Figura 37. Acceso múltiple por división de tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

Este método de acceso múltiple es el más utilizado en los sistemas RFID (al igual que ocurre en la radiocomunicación móvil).

Una gran ventaja de esta técnica es que aunque debemos esperar el momento en el que es asignada la transferencia de información de un canal, éste tendrá a su disposición todo el ancho de banda posible.

Las etiquetas no poseen métodos de comunicación síncrona, por lo que el lector tendrá que hacer de “padre” para tratar de forma adecuada con ellas y que la comunicación sea en su totalidad síncrona.

Mediante diferentes algoritmos, el lector se comunica primeramente con la primera etiqueta que encuentre en su rango de lectura y, una vez finaliza con ella, pasará a comunicarse con la siguiente, y así sucesivamente. Todo este proceso pasará desapercibido ante nuestros ojos debido a que la lectura se produce muy rápidamente.

Los métodos utilizados por el lector para una comunicación síncrona son dos: “*polling*” (consulta constante) y *búsqueda binaria*.

La técnica de *polling* se basa en el envío constante de señal desde el lector hacia todas las etiquetas presentes en el rango de lectura para pedir su *EPC* hasta que una de ellas responda, y así hasta que se obtenga el número de serie de cada una de ellas. Evidentemente, este método sólo puede ser utilizado en situaciones en las que el número de etiquetas es reducido, ya que de lo contrario el tiempo invertido sería demasiado elevado.

El algoritmo de la *búsqueda binaria* se basa en producir una colisión intencionadamente en una de las etiquetas dentro del rango de lectura para que el lector identifique en qué posición exacta se encuentra el bit dónde ha tenido lugar la colisión mediante diferentes métodos de codificación. Aunque éste

algoritmo de comunicación síncrona es el más utilizado en los sistemas RFID, se sale de los objetivos de este proyecto.¹⁰

2.9 ESTANDARIZACIÓN

Los estándares de RFID nos proporcionan una serie de directrices que seguir (no obligatorias, pero si recomendables) para entender el funcionamiento de un sistema basado en este tipo de tecnología (frecuencia a la que opera, como es transmitida la información de un lugar a otro, cómo es posible la comunicación entre el lector y las etiquetas, etc.)¹¹.

Estas normas nos permiten una cierta interoperabilidad que impone cumplir ciertas reglas por parte de los diferentes fabricantes de los productos RFID (readers, antenas, accesorios, tags, ...). Además, gracias a ellas, se establece una cierta confianza generalizada en las empresas que desean adquirir este tipo de tecnología, al encontrarse más regulada.

Básicamente se dedican a tratar cuatro aspectos fundamentales: el protocolo de interfaz radio, el contenido de los datos (formato y semántica), la certificación y las aplicaciones.

Estos estándares son establecidos por organismos específicos industriales, nacionales, regionales y globales. Los organismos internacionales son *EPCglobal* (una iniciativa de innovación y

¹⁰ Para más información sobre los métodos anticolidión ver pág. 199 del libro *RFID Handbook* (10).

¹¹ Estos estándares se encuentran en constante desarrollo por lo que se recomienda encarecidamente consultar la última versión de aquellas y no abstenerse a la explicación del presente proyecto.

desarrollo de la empresa *GSI*), la Comisión Electrotécnica Internacional (*IEC*), la Organización Internacional de Normalización (*ISO*), la Asociación Americana Internacional para el Ensayo de Materiales (*ASTM Internacional*), la alianza “DASH7”, y el Comité Técnico Conjunto (*JTC 1*, un comité formado por *ISO* e *IEC*). Entre los organismos regionales podemos encontrar a la Comisión Federal de Comunicaciones (*FCC*) en EEUU, y el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (*ETSI*) en Europa. En otras regiones existirán otro tipo de organismos.



Figura 38. Logotipos de las compañías de estándares RFID más importantes.

Fuente: <http://www.impinj.com/resources/about-rfid/rfid-standards/> (14).

Algunas de las organizaciones que supervisan los estándares RFID para industrias específicas son la Asociación Americana de Ferrocarriles (*AAR*), el Grupo de Acciones Industrial Automotriz (*AIAG*), Asociación de Camionaje Americana (*ATA*) y la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (*IATA*). Además, el *GSI* iniciativa *VICS* a nivel de objeto de tecnología RFID (*VILRI*) supervisa las normas de todo etiquetado de artículos y el uso de la tecnología RFID en la cadena de suministro al por menor.

2.9.1 EPC Gen2

Las etiquetas activas, pasivas de LF, pasivas de HF y pasivas de UHF, tienen todas ellas su propio estándar que les permite orientarse con las directrices presentes en estas normas.

Únicamente con las etiquetas pasivas (y semipasivas) de Ultra Alta Frecuencia UHF será necesario cumplir el estándar de forma estricta, ya que se encuentra regulado globalmente, como se ha mencionado en apartados anteriores. Se trata del estándar *EPCglobal UHF Class 1 Generation 2 (V1)* o simplemente *EPC Gen2*, que fue creado en 2004 por *GS1* y el *Hardware Action Group* para solucionar los problemas de incompatibilidad que tenía la versión anterior (Generation Class 0 y Class 1, creadas antes de 2003 y funcionando desde 2002 a 2005) y que proporciona interoperabilidad para todos los dispositivos que trabajen en un sistema pasivo UHF de RFID. Esta norma fue modificada hace poco, en 2014, a su segunda versión G2 más compleja y robusta que permite una mayor seguridad de protección de información y evita mejor la falsificación. Así, esta evolución G2 V2, nos proporciona en resumen 5 mejoras destacables: medidas contra la falsificación, seguridad, gestión de archivos, privacidad y prevención de pérdidas. Este estándar es, además, compatible con las versiones anteriores (15).

Ver evolución del *EPC Gen 2* en el anexo A.

Las etiquetas que pertenecen a la Generación 2 pueden poseer multitud de formas y encapsulados que normalmente son diseñadas para una aplicación específica. Los años de vida de este tipo de tags rondan los 40 o 50 años y son capaces de realizar unas 100000

lecturas. Cuando se pegan en caja de madera, por ejemplo, es posible conseguir distancias de lectura de más de 10 metros, pero si se adhieren a materiales metálicos, esta distancia es reducida drásticamente (al orden de medio metro aproximadamente). Por ello, es necesario utilizar diseños de tags específicos que se adapten a nuestra aplicación.

Características como la temperatura, distancia de lectura, ambiente de trabajo y ángulos de lectura deberán ser tomadas en cuenta por los fabricantes a la hora de fabricar un tipo u otro de etiqueta.

Las características generales que posee toda etiqueta perteneciente a Gen 2 son: 96 bits de *EPC*, de 32 a 64 bits de *TID*, 32 bits de contraseña de muerte, 32 bits de contraseña de acceso y una memoria de usuario que tendrá el tamaño que dicte el fabricante (16).

Más tarde, en 2006, ISO aceptó la norma *EPCglobal UHF Class 1 Generation2* y creó el estándar *ISO 18000-6C (Information technology -- Radio frequency identification for item management -- Part 6: Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz General -- Type C)* a partir del anterior con pequeñas modificaciones.

EPCglobal especifica, además, que existen 6 clases de etiquetas a las cuales pertenecerán unas u otras según ciertas características. Cada clase posee las características de su antecesora (siendo compatible con ella) añadiendo mejoras. Por ejemplo: las etiquetas de Clase 3 poseerán las mismas características que las de clase 0, 1 y 2, más las propias de la 3, siendo compatible con todas las anteriores. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Clases de etiquetas según EPCglobal.

Clase	Generación	Descripción
Class 0	Gen 1	Etiquetas pasivas de sólo lectura (ROM) trabajando en la banda UHF, programadas de fábrica con 64 o 96 bits de <i>EPC</i> . Son cortas en flexibilidad debido a que no puede ser modificada su memoria, pero poseen un protocolo de alta de velocidad de datos.
Class 0+	Gen 1	De una sola escritura y multitud de lecturas (<i>WORM</i>).
Class 1	Gen 1 y Gen 2	<i>WORM</i> para Gen 1 y <i>WORM</i> (<i>Write Many Read Many</i> , de multitud de escrituras y lecturas) para Gen 2. Para las de Gen 2, el mínimo de memoria es de 256 bits (de los cuales 96 bits son para el <i>EPC</i>). Estas etiquetas pueden trabajar en HF o en UHF.
Class 2	Gen 2	Etiquetas pasivas <i>WORM</i> con una memoria de usuario y un <i>TID</i> extendidos, un control de acceso autorizado y más características.
Class 3	Gen 2	Etiquetas semipasivas reescribibles que poseen una pequeña batería asistida que les permite alimentarse y dar corriente a los sensores que puedan poseer.
Class 4	Gen 2	Etiquetas activas reescribibles que son capaces de crear su propia comunicación con el reader independientemente, o incluso con otras etiquetas de la misma

		clase o clase 5 sin pasar por el lector.
Class 5	Gen 2	Igual que las de clase 4 pero además son capaces de comunicarse con las etiquetas de Clase 1, 2 y 3.

Además, existe un documento denominado *EPC™ Radio-Frequency Identity Protocols EPC Class-1 HF RFID Air Interface Protocol for Communications at 13.56 MHz*, creado por *GSIEPCglobal*, que define los protocolos de interfaz aire que se han de seguir cuando un sistema RFID trabaje en la banda HF (13.57 MHz). Este documento es retrocompatible con el estándar *ISO 15693*, del cual hablaremos más tarde.

2.9.2 ISO

A pesar de la regulación global del apartado anterior, por su parte, la Organización Internacional de Normalización *ISO* viene diseñando una serie de normas durante más de 20 años dedicadas a la tecnología RFID, regulando la forma de funcionamiento de ésta según el tipo de aplicación y frecuencia de trabajo (10). Nos centraremos en mencionarlos simplemente, y no en meternos en las características de cada una de ellas debido a que se sale de los objetivos de este proyecto.

Identificación animal

Los estándares que regulan el RFID en animales son el *ISO/IEC 11784: Radio-frequency identification of animals -- Code structure*, el *ISO/IEC 11785: Radio-frequency identification of animals -- Technical concept* y el *ISO/IEC 14223: Radio-*

frequency identification of animals -- Advanced transponders (Part 1: Air interface, Part 2: Code and command structure y Part 3: Applications).

La forma del tag no se especifica en las normas. Los tags de vidrio estériles (de un tamaño bastante pequeño), trabajando en la banda de LF, se pueden inyectar en los tejidos grasos de los animales, normalmente para la identificación de vacas, caballos y ovejas. Las crotales o los collares RFID también son posibles.

Tarjetas inteligentes sin contacto

Existen tres tipos de estándares para las tarjetas inteligentes sin contacto RFID según el rango de lectura:

Tabla 3. Estándares que regulan las aplicaciones de las tarjetas inteligentes RFID sin contacto

Estándar	Rango de lectura
<i>ISO/IEC 10536: Identification cards -- Contactless integrated circuit(s) cards -- Close-coupled cards (Part 1: Physical characteristics, Part 2: Dimensions and location of coupling areas, Part 3: Electronic signals and reset procedures y Part 4: Answer to reset and transmission protocols)</i>	< 1 cm
<i>ISO/IEC 14443: Identification cards -- Contactless integrated circuit(s) cards -- Proximity cards (Part 1: Physical characteristics, Part 2: Radio frequency</i>	< 10 cm

<p><i>power and signal interface, Part 3: Initialization and anticollisiony Part 4: Transmission protocol)</i></p>	
<p><i>ISO/IEC 15693: Identification cards -- Contactless integrated circuit(s) cards -- Vicinity cards (Part 1: Physical characteristics,Part 2: Air interface and initializationyPart 3: Anticollision and transmission protocol)</i></p>	<p>< 1m</p>

Los estándares que especifican los métodos de ensayo (testing) de las normas *ISO/IEC 14443* y *ISO/IEC 15693* son la *ISO/IEC 10373-6 (Identification cards -- Test methods -- Part 6: Proximity cards)* y la *ISO/IEC 10373-7 (Identification cards -- Test methods -- Part 7: Vicinity cards)*, respectivamente.

Identificación de contenedores de carga

Este tipo de aplicaciones viene definido en el estándar *ISO 10374: Freight containers -- Automatic identification* y esta basado en etiquetas trabajando a frecuencias de microondas.

Gestión de artículos

A este apartado pertenece el estándar global mencionado anteriormente (*EPC Gen 2 Class 1*). No obstante, ahora nos centraremos en los diseñados por ISO:

ISO/IEC 15961: Information technology -- Radio frequency identification (RFID) for item management: Data protocol (Part 1: Application interface, Part 2: Registration of RFID data

constructs, Part 3: RFID data constructs y Part 4: Application interface commands for battery assist and sensor functionality).

ISO/IEC 15962:Information technology -- Radio frequency identification (RFID) for item management -- Data protocol: data encoding rules and logical memory functions.

ISO/IEC 15963:Information technology -- Radio frequency identification for item management -- Unique identification for RF tags.

ISO/IEC 18000:Information technology -- Radio frequency identification for item management (Part 1: Reference architecture and definition of parameters to be standardized, Part 2: Parameters for air interface communications below 135 kHz, Part 3: Parameters for air interface communications at 13,56 MHz, Part 4: Parameters for air interface communications at 2,45 GHz, Part 6: Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz General y Part 7: Parameters for active air interface communications at 433 MHz)¹².

Este estándar es el más importante en la tecnología RFID, y dentro de él lo es el *18000-6C* (tipo C de la parte 6 del estándar *ISO/IEC 18000*). La sexta parte de la norma *ISO/IEC 18000*, *ISO/IEC 18000-6*, contiene dentro de su documento 4 tipos: A, B, C y D, que se diferencian entre ellos en el tipo de codificación y algoritmos usados en la comunicación.

¹² La quinta parte de este estándar (*Part 5: Parameters for Air Interface Communication at 5.8 GHz*) fue abandonada debido a la falta de interés global hacia ella (28).

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

ISO/IEC 18001: Information technology -- Radio frequency identification for item management -- Application requirements profiles.

2.10 APLICACIONES

Las aplicaciones RFID se encuentra en pleno auge a día de hoy debido a la evolución exponencial que ha sufrido esta tecnología mundialmente. La mayoría de ellas se encuentran realizando la función que antes proporcionaban los códigos de barras, pero de una manera más eficiente. Estos últimos no han sido sustituidos en su totalidad ni mucho menos, sino que se encuentran trabajando conjuntamente con las etiquetas de identificación por radiofrecuencia, como se mencionó anteriormente en el apartado correspondiente (4).

Según la frecuencia de funcionamiento, rango de lectura y coste, un sistema RFID se encontrará especializado para una u otra aplicación específica.

Este apartado no pretende presentar todas las aplicaciones posibles, sino simplemente una visión que nos de una idea general de las áreas dónde podrían encontrarse implantados estos tipos de sistemas.

Podemos realizar una primera clasificación de aplicaciones según la frecuencia de funcionamiento:

LF: identificación animal (ya sea para trazabilidad o para reconocer una mascota doméstica en caso de pérdida), trazabilidad

de toneles de cerveza, llaves de automóviles con sistemas antirobo, tarjetas sin contacto de proximidad.



Figura 39. Pasos para la introducción de un bolo ruminal en una oveja. Este tag se quedará en el estómago del animal y éste último podrá ser identificado mediante un lector LF.

Fuente: elaboración propia.

HF: control de acceso en edificios, tarjetas sin contacto de proximidad más versátiles, seguimiento de libros en bibliotecas y de palets en almacenes, identificación de equipaje en vuelos, pacientes en un hospital (para ver de forma rápida su historial clínico), trazabilidad textil e identificación de acreditaciones.

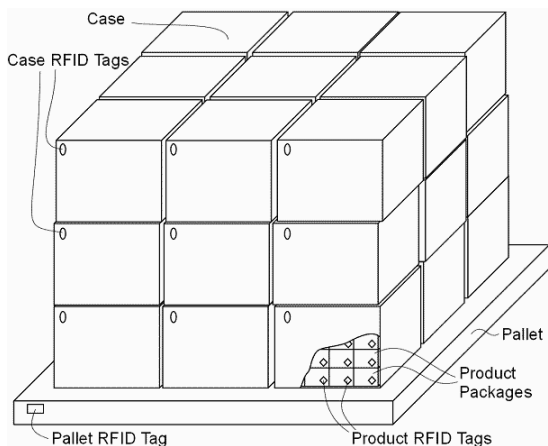


Figura 40. Tecnología RFID utilizada en trazabilidad (palets, cajas de cartón y caja del producto).

Fuente: Elaboración propia.

UHF: seguimiento de palets y envases en almacenes, seguimiento de camiones y remolques en envíos de productos, en ropa plana cuando las etiquetas se encuentran encapsuladas en resina de epoxi (cuyo precio se encuentra entre los 5 y 50 céntimos),...

Microondas: control de acceso (como puede ser el peaje en carreteras) en vehículos de gama alta.



Figura 41. Tag RFID (trabajando a la frecuencia de microondas) pegado en el parabrisas de un turismo para poder pasar por un peaje de carretera pagando sin detener el vehículo (el cual deberá estar registrado en el sistema de peajes).

Fuente: Elaboración propia.

En general, podemos encontrarnos sistemas RFID trabajando en las siguientes áreas: logística, aplicaciones de seguridad (EAS, inmovilización de un vehículo,...), control de accesos (peaje automatizado, tarjetas identificadoras,...), producción, gestión de la cadena de suministro (control de inventario, trazabilidad,...), transporte, distribución, trazabilidad de equipaje en aeropuertos, aplicaciones sanitarias, gestión de bibliotecas, aplicaciones deportivas, aplicaciones de seguimiento de animales, aplicaciones escolares, etc. Ver Figura 42.

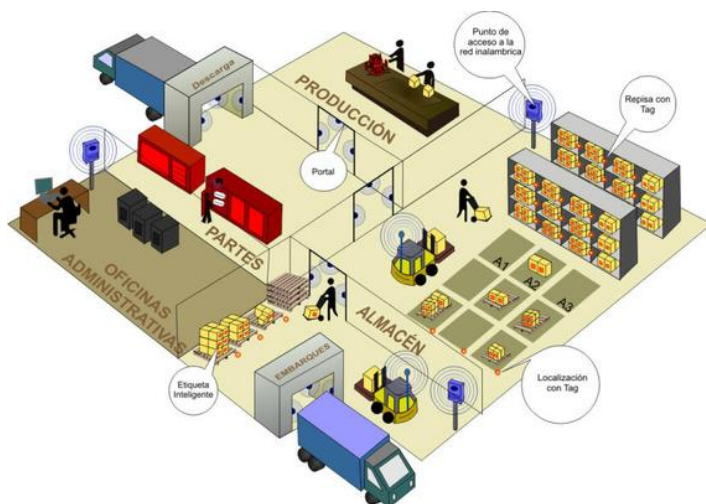


Figura 42. Diferentes usos RFID a lo largo de las diferentes secciones de una empresa (embarques, almacén, oficinas, descarga, etc.).

Fuente: Elaboración propia.

Hay que tener en cuenta que no toda aplicación de trazabilidad va ser más eficiente por utilizar la tecnología RFID en lugar de otra más barata, ya que se empieza a tener beneficio en una instalación en la que se encuentre implantado un sistema RFID cuando los productos etiquetados poseen un valor superior a 30 \$, aproximadamente. Así, en productos de cosméticas, comida, vasos, etc., no saldría tan rentable como utilizar el código de barras, por ejemplo. Es por esta razón por la que cuando vamos a nuestro supermercado a día de hoy, no solemos encontrarnos con productos etiquetados con tecnología RFID, ya que las grandes empresas que las administran no han optado aún por la sustitución

del código de barras. Estos últimos no consiguen identificar productos unitarios (sino un grupo de ellos pertenecientes al mismo tipo), pero el coste de etiquetado es mucho menor que el de RFID y el almacenamiento de información digital no sería tan elevado.

En julio de 2010, *ThingMagic*, una compañía especializada en RFID, aseguró que conseguiría dictar 100 aplicaciones que utilizaran la tecnología RFID, aunque muchos dudaron de que fueran capaces de conseguirlo. A finales de este año, esta empresa sacó a la luz un documento denominado “100 Uses of RFID” (ver anexo B) en el que se exponen multitud de aplicaciones, consiguiendo el objetivo propuesto (17) (18).

2.11 BENEFICIOS E INCONVENIENTES

Son muchos los beneficios, de los cuales ya se han ido mencionando algunos a lo largo de la memoria de este proyecto, que podemos encontrar cuando optamos por implementar este tipo de tecnología en nuestras aplicaciones y gracias a las cuales ha incrementado el interés en la realización de este proyecto. No obstante, también existen ciertos inconvenientes que podrán ser paliados en algunos casos según el área dónde se encuentre trabajando el sistema RFID.

2.11.1 VENTAJAS

A modo de resumen, las grandes ventajas que posee la tecnología de identificación por radiofrecuencia son las siguientes:

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

- Lectura múltiple de etiquetas de gran velocidad y precisión.
- Lectura sin visión directa debido a la propiedades de las ondas electromagnéticas, lo cuál no sería posible con el código de barras, por ejemplo.
- Alta velocidad de lectura del reader.
- Personalización e individualización de etiquetas. Cada etiqueta es única, con su propio *TID* (número de serie de la propia etiqueta) y *EPC* (número de serie del producto etiquetado).
- Multitud de tipos de etiquetas de gran variedad de precios que se adaptarán a la situación necesaria.
- Seguimiento completo de los productos etiquetados en la cadena de suministro.
- Identificación precisa, automática e inmediata del producto etiquetado en cualquier momento y sector. Así, los operarios sabrán en qué momento han de reponerse ciertas estanterías o si los productos han sido distribuidos de forma equivocada.
- Convivencia con otro tipo de tecnologías.
- Reducción de robos y pérdidas. Gracias a la identificación única de cada etiqueta, es posible saber cuál es el producto (o productos) que ha sido desaparecido.
- Compatibilidad en múltiples ambientes. Materiales como el papel, la madera y los plásticos no afectan en su comunicación.
- Optimización de la productividad.
- Ahorro de costos laborales (en general), ya que reduce la mano de obra.
- Reducción de daños y costos a la marca del producto.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

- Procesos más eficientes: lectura más rápida, reducción de papeleo, errores y cuellos de botella, mejora de la utilización de los activos de la empresa (como puede ser el ejemplo de una maquinaria más eficiente en un almacén utilizando RFID, necesidad de menos montacargas, mejora del espacio del edificio (departamento de recepción, almacén, etc.)).
- Reutilización.
- Sistema barato (a la larga) y sencillo.
- Gran beneficio cuando usamos esta tecnología en aplicaciones logísticas.

2.11.2 DESVENTAJAS

En cuanto a los inconvenientes, podríamos toparnos con las situaciones que se exponen a continuación.

Como se ha venido comentando en apartados anteriores, cuando nos encontramos con líquidos o metales en nuestra comunicación RFID, éstos afectarán de manera considerable si utilizamos frecuencias elevadas.

La influencia negativa que producen los líquidos proviene de las propiedades electromagnéticas de las propias ondas que se transmiten desde y hacia la etiqueta (19). El efecto que éstos provocan es denominado “rain-fall”, el cuál es el mismo que se produce en nuestros hornos de microondas para calentar la comida que introducimos en él. Cuando trabajamos a frecuencias bastante elevadas, las ondas que atraviesan a los líquidos hacen variar de forma muy rápida a las moléculas de agua que hay en su interior, lo cuál se traduce en energía. Según la *ley de la conservación de la*

energía, la energía ni se crea ni se destruye, por lo que el movimiento de las moléculas de agua (lo cuál serviría para calentar alimentos, en el caso de los hornos de microondas) se traduce en la reducción de energía que posee la onda electromagnética que atravesó a este líquido (ver Figura 43). Así, la energía que llega a una etiqueta desde un lector, cuando una líquido ha sido colocado en su intermedio, podría no llegar a ser de suficiente amplitud como para alimentar la circuitería interna que posee el tag y por ende, la respuesta de éste último no sería posible (impidiendo la comunicación en su totalidad). Cuando trabajamos con ondas de no tan altas frecuencias (LF y HF) este efecto no es tan perjudicial, ya que las moléculas de agua no absorben la suficiente energía como para considerar una reducción considerable de la amplitud de la onda atravesada (las moléculas se encontrarán con picos y valles de onda más espaciadas que con las de UHF y microondas, y vibrarán menos).

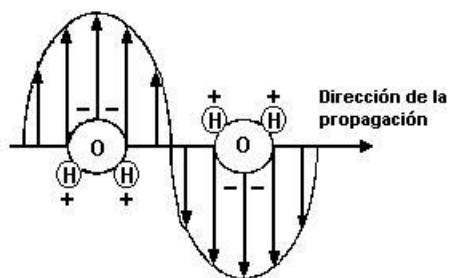


Figura 43. Las moléculas dipolares (con un lado positivo y otro negativo) girarán según el patrón que dicten las ondas electromagnéticas que se acerquen a ellas.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los metales, estos son sin duda los elementos que más pueden afectar en una comunicación RFID. En esencia, éstos repelen las señales que chocan contra ellos. Puede generarse con estos metales lo que se denominan *jaulas de Faraday*, que pueden provocar que las etiquetas se encuentren completamente aisladas de las ondas electromagnéticas del reader. Este efecto provoca que en el interior de un conductor en equilibrio los campos electromagnéticos sean nulos. Las paredes metálicas pueden producir además una perturbación o un apantallamiento debido a la polaridad que haga que la comunicación se venga abajo.

Como posible solución de los factores anteriores, líquidos y metales, convendría utilizar frecuencias más bajas (LF o HF) para evitar el efecto *rain-fall*, y etiquetas encapsuladas y antenas en posiciones donde no se dé lugar a apantallamientos para evitar los efectos provocados por las paredes metálicas.

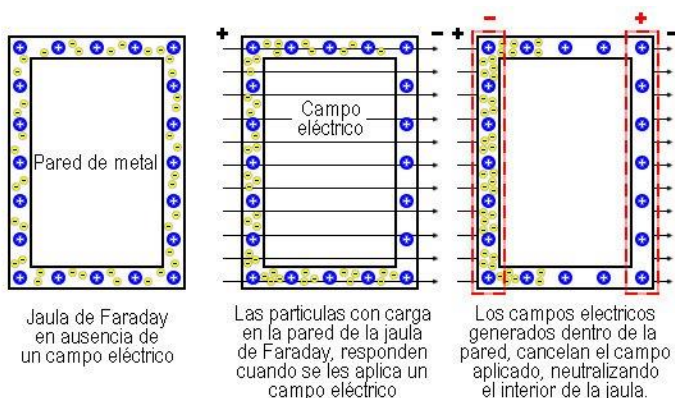


Figura 44. Jaula de Faraday.

Fuente: Elaboración propia.

Otro factor que influye en la comunicación RFID es la velocidad con la que se envían las señales en la comunicación de un sistema de este tipo. A más velocidad, menor rendimiento de lectura habrá de los tags. No obstante, con las etiquetas activas (que poseen su propia batería) no se tendrá que perder tiempo en alimentación esperando a recibir la onda electromagnética desde el reader.

El hecho de que no haya un estándar internacional (mundial) para el uso de banda frecuencias RFID es un inconveniente muy destacado que, a veces, provoca incompatibilidades en el funcionamiento de un sistema RFID de un país a otro.

Otro aspecto importante es el tema de la privacidad, debido esencialmente a cuatro causas: a que el cliente de un producto etiqueta no tiene por qué saber que este se encuentre con un tag adherido (ni saber eliminarlo), a que esta etiqueta puede ser leída por cualquier individuo sin que el que la posea se dé cuenta, a que sería posible obtener por cualquiera el ID de una tarjeta de crédito que haya pagado un producto etiquetado y a que la corporación *EPCglobal* pretende etiquetar cada uno de los productos existentes en el mercado. El reducido tamaño que poseen las memorias de los chips que poseen las etiquetas RFID hace que no se puedan implementar una serie de algoritmos criptográficos robustos que impidan a los hackers interceptar el número identificador de cualquier etiqueta. Además, este factor ha provocado que surjan varios grupos *anti-rfid* que velan por la seguridad de los ciudadanos ante la violación de la privacidad de éstos con el uso de este tipo de tecnología.



Figura 45. Logo de la campaña anti-rfid de la organización alemana de derechos y privacidad digital *Digitalcourage* (anteriormente conocida como *FoeBuD*).

Fuente: <https://digitalcourage.de/tags/rfid?page=1> (20).

Podríamos decir que el inconveniente más “visible” que existe en la tecnología RFID sería el del elevado tamaño de las antenas de las etiquetas en comparación con el chip que éstas poseen.

Evidentemente, un sistema de este tipo de tecnología es más complejo y caro que uno que utilice códigos de barras. No obstante, a la larga, RFID consigue obtener beneficios económicos y de fiabilidad (21).

3 DESAROLLO

3.1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de la realización de este proyecto se han ido realizando una serie de pruebas en un sistema basado en tecnología RFID que

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

ha sido financiado por el *Grupo de Ingeniería Radio (GIRA)* de la *Universidad Politécnica de Madrid (UPM)*. Con estas pruebas se ha intentado comprobar que se satisface la teoría anteriormente dictada, yendo un paso más allá, introduciéndonos así en un caso más práctico.

Antes de ello, veremos cuáles son los productos y distribuidores RFID que se encuentren en auge en el mercado actualmente.

Al final de este apartado se expondrán los resultados obtenidos y las conclusiones generales extraídas.

3.2 PRODUCTOS COMERCIALES EN EL MERCADO

3.2.1 EMPRESAS

Existen multitud de empresas dedicadas a la distribución de todo tipo de productos RFID, algunas de ellas especializadas en algunos componentes en concreto (en antenas RFID por ejemplo).

A continuación se dictarán algunos de los fabricantes más importantes actualmente y los productos que se encargan de distribuir.

Impinj: Empresa proveedora fundada en el año 2000 por *Carver Mead* and *Chris Diorio* que se dedica a fabricar productos RFID de UHF (etiquetas, readers, antenas y chips). Su sede se encuentra en Seattle, Washington, Estados Unidos.

Alien technology: Fabricante fundado en 1994 encargado de producir todo tipo de productos RFID UHF con sede en San José,

CA, USA, pero con Oficinas en todo el mundo: Estados Unidos, China, Corea, Europa, Brasil, Australia y otras partes de Asia.

CAEN RFID: Es una empresa italiana líder en identificación automática que se ha centrado en actividades de identificación por radiofrecuencia (RFID) en la banda de frecuencia ultra alta (UHF). CAEN RFID fue fundada en 2006 como una empresa privada, pero se inició en 2003 como la división RFID de CAEN SpA. Ha sido la primera empresa europea en diseñar, producir y comercializar un lector RFID UHF. Es un socio de las asociaciones más importantes, incluyendo EPCglobal y ETSI, participando en la definición de los estándares.



Figura 46. Logotipo de CAEN RFID.

Fuente: Elaboración propia.

Smartrac: Es un fabricante holandés de inlays RFID de alta seguridad (etiquetas para pasaportes biométricos, tarjetas bancarias, permisos de conducir y tarjetas inteligentes sin contacto) cuyo origen tuvo lugar en el año 2000. Es el mayor proveedor del mundo de inlays para pasaportes electrónicos.



Figura 47. Logotipo de Smartrac.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

Omni-ID: Proveedor estadounidense fundado en 2007 que se encarga de fabricar tags RFID UHF pasivos. Estas etiquetas son robustas y pueden estar dedicadas a diferentes condiciones ambientales (adaptándose a la presencia de metales y/o líquidos).

Avery Dennison: Es un fabricante mundial y distribuidor de materiales adhesivos sensibles a la presión (como etiquetas autoadhesivas), etiquetas de ropa de marca y etiquetas, inlays RFID, y productos médicos especializados. Esta empresa fue fundada en Los Angeles, California, United States en 1935.

HID Global: Fabricante estadounidense de soluciones de identidad segura fundado en 1991. Además del negocio de seguridad, se ocupa de la fabricación de productos RFID para la industria y la logística y soluciones de identificación de animales y servicios profesionales.

ThingMagic: Proveedor fundado en el 2000 líder en readers RFID de UHF (módulos, readers fijos, accesorios, readers embebidos, etc.), plataformas de desarrollo y servicios de diseño para una amplia gama de aplicaciones.

Zebra Technologies: Fabricante de impresoras de etiquetas de código de barras, impresoras/codificadoras de etiquetas RFID e impresoras de tarjetas. La empresa tiene la base situada en Vernon Hills, Illinois, Estados Unidos de América. Además de producir impresoras de etiquetas RFID, también se encarga de fabricar lectores (fijos y de mano) y antenas de readers. Fue fundada en 1969.

Intermec: Es un fabricante y proveedor de identificación automática y equipos de captura de datos, incluyendo escáneres de

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

códigos de barras, impresoras de códigos de barras, terminales portátiles, sistemas RFID (lectores, etiquetas, antenas, etc.), sistemas de reconocimiento de voz y servicios de ciclo de vida. Fundada en Mountlake Terrace, Washington en 1966.

Ivengo: Proveer con sede en China fundado en 1993 líder en tecnologías y soluciones RFID. Empresa dedicada a proporcionar eficiencia en aplicaciones tales como etiquetado, gestión de identificación, gestión en la cadena de suministro, autenticación, gestión de activos y valor de marca.

Unitech: Fue fundada en 1979 en Taipei, Taiwán, para proporcionar al mercado local unos sistemas de automatización personalizados basados en microprocesadores. Hoy en día se encarga de fabricar una amplia gama de productos de identificación y captura automática de datos (AIDC por sus siglas en inglés), entre los que están lectores de códigos de barras, ordenadores móviles, lectores de bandas magnéticas, terminales de soporte fijo y teclados. Esta empresa produce lectores RFID de mano de UHF y HF.

Nordic ID: Empresa finesa fundada en 1986 muy importante en el mercado de aplicaciones RFID. Se encarga de fabricar, entre otras cosas, lectores RFID y antenas de readers.

Balluff: Proveedor alemán fundado en 1921 (cuya filial en España fue implantada en 2004) que se encarga de suministrar tecnologías de automatización industrial RFID, especialista en sensores, líder a nivel mundial.

Chainway: Se trata de una empresa china fundada en 2005, especializada en tecnologías móviles (2G, 3G y 4G), en lectores

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

RFID de mano, industria *PDA*, escaneo inalámbrico de códigos de barras, etc.

Motorola solutions: Es un proveedor americano (con sede en Chicago) de equipamiento de información de comunicaciones y telecomunicaciones sucesor de la empresa *Motorola* en 2011. Además, también se encarga de la fabricación de productos RFID (etiquetas, lectores y antenas).

Pepperl+Fuchs: Se trata de una empresa global con sede en Alemania que trabaja en tecnologías para la automatización, especialista en sensores e interfaces industriales. Desarrolla, además, productos RFID de HF y UHF (lectores de mano, accesorios RFID, tags, etc.).

Sick AG: Fabricante alemán de sensores y soluciones de sensores para aplicaciones industriales. Produce dispositivos RFID como etiquetas, lectores, antenas...

Deister electronic: Es el nombre que se utiliza generalmente para referirse a *Deister Electronic GmbH arsinghausen*, Alemania, y sus filiales en América del Norte. *Deister Electronic* es una empresa industrial especializada en sistemas de identificación y seguridad sin contacto electrónicos fundada en 1977. Entre otras cosas, se encarga de la fabricación de etiquetas RFID UHF para ropa (*textag*).

Wisteq Oy: Es una empresa finlandesa pionera en la tecnología RFID, proporcionando soluciones para el cuidado de la salud y el medio ambiente de hospitales, así como industriales, de logística, servicios públicos y muchas otras aplicaciones comerciales.

Next Points: Empresa española con más de 10 años de experiencia (fundada en 2005) que provee sistemas y soluciones RFID de alto valor añadido.

Tagmaster: Fabricante con sede en Suecia desde 1994 que se dedica a la producción de productos RFID (etiquetas, lectores, antenas y middleware) para aplicaciones de acceso y transporte (ferroviarias, de tráfico, ...).

Tertium technology: Empresa con sede en Italia desde 2001, distribuidora de tecnología RFID (HF, UHF, 2.4 GHz, Bluetooth (*Low Energy* también), GPS / GPRS, Wi-Fi, USB y Ethernet).

3.2.2 PRODUCTOS RFID





En este apartado se presentarán resumidamente algunos de los dispositivos RFID más importantes a día de hoy. Evidentemente hay muchísimos más tipos que los aquí mostrados (sería inviable presentarlos todos).

Etiquetas






Tabla 4. Algunas etiquetas RFID en el mercado.

Producto	Fabricante	Circuito Integrado	Frecuencia	Estándar	Aplicaciones
----------	------------	--------------------	------------	----------	--------------






Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <p>ALN-9640 SquiggleInlay (Higgs™3)</p>	Alien Technology	Alien Higgs-3	840–960 MHz	EPCglobal Gen2 (V 1.2.0) ISO/IEC 18000-6C	Cajas de cartón ondulado, tarjetas de palets, etiquetas para colgar ropa, etiquetas de equipaje, gestión de activos, etiquetas para carpetas de archivos y etiquetas de envío.
 <p>ALN-9730 SquigletteInlay (Higgs™4)</p>	Alien Technology	Alien Higgs-4	840–960 MHz	EPCglobal Gen2 (V 1.2.0) ISO/IEC 18000-6C	Trazabilidad textil, gestión de activos para toda la empresa, gestión de almacenes y seguimiento de materiales y objetos.
 <p>ALN-9714 “Bio” Vial/AmpuleInlay</p>	Alien Technology	Alien Higgs-4	840–960 MHz	EPCglobal Gen2 (V1.2.0) ISO/IEC 18000-6C	Farmacéuticas, salud, objetos de vidrio pequeños, recipientes pequeños con líquidos.
 <p>Belt (Monza 5)</p>	Smartrac	Impinj Monza 5	860 - 960 MHz	EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000-6C	Vestimenta, protección de marcas, automatización industrial y gestión de la cadena de suministro.



Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <p><i>Dogbone (Monza 4)</i></p>	Smartrac	ImpinjMonza 4	860 - 960 MHz	EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000-6C	Automatización industrial, gestión de la cadena de suministro y cronometraje deportivo.
 <p><i>Frog 3D (1.97 inch)</i></p>	Smartrac	ImpinjMonza 4	860 - 960 MHz	EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000-6C	Automatización industrial Gestión de la cadena de suministro
 <p><i>Key Fob</i></p>	Smartrac	Atmel ATA5577	125 kHz	ISO 14443 ISO 15693	Control de acceso, acceso a hoteles y transporte público.
 <p><i>Smart glass tag (identificación animal)</i></p>	Smartrac	Variará según el tamaño (ejemplo : Ø 1.41 x 8.3 mm (704487) →EM 4305 OTP)	134.2 kHz +/-3 kHz (para el de Ø 2.12 x 12.0 mm (744021 (FDX-A) serán 125 kHz)	ISO11784/85 FDX-A FDX-B HDX	Identificación de animales domésticos, carreras de palomas, identificación del ganado (etiquetas de oreja + bolo ruminal), identificación de peces e identificación de animales de laboratorio (ratones).
 <p><i>Smart-TOP-Tag (Slix)</i></p>	Smartrac	NXP ICode SLIX	13.56 MHz	ISO 15693 ISO 18000-3 IP68	Identificación de herramientas, control de procesos, y localización y seguimiento de pallets, barriles, contenedores y vehículos.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <p>Max SQ</p>	Omni-ID	AlienHiggs 3	860–960 MHz (Global)	EPC Class 1 Gen2	Seguimiento de productos retornables dentro de las cadenas de suministro globales, gestión de palets de automoción y seguimiento de equipos en alquiler.
 <p>Exo 600</p>	Omni-ID	Impinj Monza 4QT	860-940 MHz (GS)	EPC Class 1 Gen2	Logística, cartas postales, automotor, venta al detalle y almacenamiento.
 <p>AD-680r6</p>	Avery Dennison	Impinj Monza R6	860-960 MHz	EPC Class 1 Gen2 ISO-18000-6C	Gestión de la cadena de suministro, seguimiento de paquetes y seguimiento de activos.
 <p>AD-714x</p>	Avery Dennison	NXP ICODE SLIX	13.56 MHz	ISO-15693 18000-3 Mode 1	Bibliotecas, medios de comunicación, documentos y archivos.
 <p>NailTag</p>	HID Global	Unique	125 kHz ± 6	ISO 17364	Seguimiento de activos y logística (materiales para la construcción de alto valor), y artículos de transporte retornables (palets, cajas y cartones).

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <p><i>E-UnitRod</i></p>	HID Global	Variará según el modelo (ejemplo : HDX6B 7630→ HDX)	134.2 kHz	ISO 11784 ISO 11785	Animales de compañía (gatos, perros y caballos), y laboratorio y animales exóticos (hurones, pescado, ratones, ratas y palomas)
 <p><i>IT67 Enterprise LT</i></p>	Intermec	NXP - SL3S10 02FTT	ISO 18000-6B: 860 a 930 MHz EPCglobal Gen 2: 860 a 960 MHz	EPC Gen 2 ISO 18000-6C	Contenedores de automóviles, contenedores metálicos de grandes dimensiones, jaulas postales y bidones metálicos.
 <p><i>UHF TRANSPOND ER TYP 127</i></p>	WisteqOy	Impinj Monza2	860-960 MHz	ISO 18000-6C EPC Class 1 GEN2	Cajas de plástico, productos retornables de transporte, palets de madera y plástico, transportistas y control de acceso.

Chips (IC) de etiquetas RFID

Tabla 5. Algunos chips RFID en el mercado.

Producto	Fabricante	Estándar	Frecuencia	Tamaño del EPC	Tamaño de la memoria de usuario
----------	------------	----------	------------	----------------	---------------------------------

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

<i>Monza 1</i>	Impinj	EPCglobal ISO 18000-6C	860 - 960 MHz	96 bits	-
<i>Monza 2</i>	Impinj	EPCglobal ISO 18000-6C	860 - 960 MHz	96 bits	-
<i>Monza 3</i>	Impinj	EPCglobal ISO 18000-6C	860 - 960 MHz	96 bits	-
<i>Monza 4QT</i>	Impinj	EPCglobal ISO 18000-6C	860 - 960 MHz	128 bits	512 bits
<i>Monza 4E</i>	Impinj	EPCglobal ISO 18000-6C	860 - 960 MHz	496 bits	128 bits
<i>Monza 4D</i>	Impinj	EPCglobal ISO 18000-6C	860 - 960 MHz	128 bits	32 bits
<i>Monza 5</i>	Impinj	EPCglobal ISO 18000-6C	860 - 960 MHz	128 bits	32 bits
<i>Monza S6-C</i>	Impinj	EPCglobal ISO 18000-	860 - 960 MHz	96 bits	32 bits

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*


		6C			
<i>Monza R6</i>	Impinj	EPCglobal ISO 18000- 6C	860 - 960 MHz	96 bits	-
<i>Monza R6-P</i>	Impinj	EPCglobal ISO 18000- 6C	860 - 960 MHz	128/96 bits	32/64 bits
<i>Monza X-2K Dura</i>	Impinj	EPCglobal ISO 18000- 6C	860 - 960 MHz	128 bits	2176 bits
<i>Monza X-8K Dura</i>	Impinj	EPCglobal ISO 18000- 6C	860 - 960 MHz	128 bits	8192 bits
<i>Higgs 3</i>	AlienTechnology	EPCglobal ISO 18000- 6C	860 - 960 MHz	480 bits	512 bits
<i>Higgs 4</i>	AlienTechnology	EPCglobal ISO 18000- 6C	860 - 960 MHz	128 bits	128 bits
<i>Higgs-EC</i>	AlienTechnology	EPCglobal ISO 18000- 6C	860 - 960 MHz	128 bits	128 bits

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

<i>UCODE G2XM y G2XL</i>	NXP	EPCglobal ISO 18000-6C	840 - 960 MHz	240 bits	512 bits (sólo G2XM)
<i>UCODE G2iL</i>	NXP	EPCglobal(v1.2.0) e ISO 18000-6C	840 - 960 MHz	128 bits	-
<i>UCODE 7</i>	NXP	EPCglobal ISO 18000-6C	860 - 960 MHz	128 bits	-


Lectores

Tabla 6. Algunos lectores RFID en el mercado.

Producto	Fabricante	Frecuencia	Estándar	Observaciones
 <i>Speedway R420</i>	Impinj	860 - 960 MHz	EPCglobal UHF Class 1 Gen 2 ISO 18000-6C	4 puertos (hasta 32 antenas). Potencia de 31.5dBm. Sensibilidad de -84 dBm. IP 52 ¹³ .

¹³ Con *IP XX* nos referimos al grado de protección (*Ingress o International Protection Marking*) que posee el producto. El primer número denota el nivel de protección contra el ingreso de objetos sólidos y el segundo contra el ingreso de agua (ver anexo C).

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

 <p><i>Speedway R220</i></p>	Impinj	860 - 960 MHz	EPCglobal UHF Class 1 Gen 2 ISO 18000-6C	2 puertos. Potencia de 31.5dBm. Sensibilidad de -84 dBm. IP 52.
 <p><i>ATID AB700</i></p>	Impinj	860 - 960 MHz	EPCglobal UHF Class 1 Gen 2 ISO 18000-6C	Polarización circular. 1 W de potencia. IP 65.
 <p><i>TSL 1128</i></p>	Impinj	EU: 865-868MHz; US: 902-928MHz	EPC Class 1 Gen 2	Potencia de 10mW a 800mW. IP 54
 <p><i>ALR-9680</i></p>	Alien Technology	EEUU: 902.75 MHz – 927.25 MHz. Europa, Oriente medio y África: 865.7 MHz – 867.5 MHz. China: 920.625 MHz – 924.375 MHz.	EPC Gen 2 ISO 18000-6C	4 puertos. 2 W de potencia (4 W en EEUU).

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

 <p><i>ALR-F800</i></p>	<p>Alien Technolog y</p>	<p>902 - 928 MHz (EEUU) 865.6 - 867.6 MHz (Europa) 902.5 - 924.5 MHz (China)</p>	<p>EPC Gen 2 ISO 18000- 6C</p>	<p>4 puertos. Más de 31.5 dBm de potencia. IP 53.</p>
 <p><i>ALR-H450</i></p>	<p>Alien Technolog y</p>	<p>902 MHz – 928 MHz (EEUU) 865.7 MHz – 867.5 MHz (Europa) 920.625 MHz – 924.375 MHz (China)</p>	<p>EPC C1 GEN2 ISO18000- 6C</p>	<p>Potencia de 1W (de 5 dBm a 30 dBm). Polarización de antena circular. IP 64.</p>
 <p><i>MERCURY6 (M6)</i></p>	<p>ThingMag ic</p>	<p>FCC (America): 902-928 MHz ETSI (EU): 865.6-867.6 MHz KCC (Korea): 917-920.8 MHz</p>	<p>EPCglobal Gen2 (ISO 18000-6C) ISO 18000- 6B (opcional)</p>	<p>31.5 dBm como máximo de potencia. Posee 4 puertos. IP 52. Lectura de 750 etiquetas/segundo</p>

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*


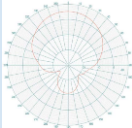

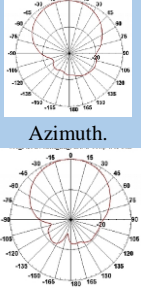

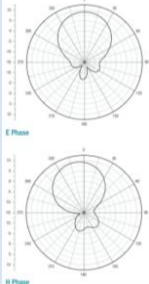
<p><i>Micro-LTE (Módulo lector RFID embebido)</i></p>	<p>ThingMagic</p>	<p>FCC (NA, SA): 902-928 MHz ETSI (EU, India): 865.6-867.6 MHz SRRC-MII (P.R.China): 920-925 MHz</p>	<p>EPCglobal Gen2 (ISO 18000-6C) ISO 18000-6B (optional)</p>	<p>Una potencia de -5 a +30 dBm. Lectura de 50 etiquetas/segundo.</p>
<p><i>MC9190-Z</i></p>	<p>Zebra Technologies</p>	<p>UE: 865 a 868 MHz; EE. UU.: 902 a 928 MHz</p>	<p>EPC Gen 1 (Class 0 & Class 1) and Gen 2</p>	<p>Potencia máxima de salida de: UE: 2 vatios ERP; EE. UU.: 3 vatios EIRP. Polarización lineal de la antena. IP 64.</p>
<p><i>FX9500</i></p>	<p>Zebra Technologies</p>	<p>902 - 928 MHz, 865 - 868 MHz</p>	<p>ISO 18000-6C (EPC Class 1 Gen 2) ISO 18000-6B</p>	<p>Posee 8 puertos. Potencia de salida de +10dBm a +33dBm. IP53.</p>

Antenas de lectores RFID


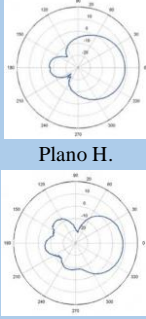
Tabla 7. Algunas antenas RFID en el mercado.

Producto	Fabricante	Frecuencia	Diagrama de radiación	Ganancia	Observaciones
<p><i>Mini-Guardrail</i></p>	<p>Impinj</p>	<p>Global (865-954 MHz)</p>		<p>-20 dBi</p>	<p>Polarización lineal. IP 41. Rango de lectura de 7.5 cm.</p>

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

 <p><i>ALR-8696-C (de interior)</i></p>	<p>AlienTechnology</p>	<p>Global 865-960 MHz</p>	 <p>Azimuth.</p>	<p>8.5 dBic</p>	<p>Polarización circular a derechas. IP 54.</p>
 <p><i>MT-242043/T RH/A/K (de exterior)</i></p>	<p>Wireless Edge LTD</p>	<p>Global 865-956 MHz</p>	 <p>Azimuth. Elevación.</p>	<p>865-870 MHz: 8.5 dBic 902-928 MHz: 9.5 dBic 950-956 MHz: 9.0dBic</p>	<p>Polarización circular a derechas. IP67.</p>
 <p><i>XC-AF12</i></p>	<p>Invengo</p>	<p>Global (840-928 MHz)</p>	 <p>E Plane H Plane</p>	<p>7.15 dBi</p>	<p>Polarización circular. P 65.</p>

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <p>PATCH-A0026</p>	Poyting	820 – 980 MHz	 <p>Plano H.</p> <p>Plano E.</p>	8.5 dBi	Polarización lineal. IP 66.
--	---------	---------------	---	---------	-----------------------------

Otros

Además de todos estos productos, algunos fabricantes han optado por el diseño de “portales” RFID que den solución a algunas aplicaciones específicas (como puede ser en la venta al por menor o en hospitales). Un ejemplo puede ser el portal de *Impinj* denominado *Speedway RFID xPortal* que no es otra cosa si no que un reader *Speedway R420* conectado a un array de antenas duales-lineales en fase (*DLPA* o *Dual-Linear Phased Array*), todo ello encapsulado en un radomo de plástico.



Speedway RFID xPortal de Impinj.

Por otro lado, algunos fabricantes se encargan de diseñar y distribuir impresoras de inlays RFID. Estas impresoras pueden ser necesarias por algunas empresas que vayan a necesitar multitud de etiquetas RFID en sus aplicaciones y, por ello, le será más eficiente (a la larga) adquirir su propia impresora de inlays. Un ejemplo puede ser la impresora *ZT400* del fabricante *Zebra Technologies* que es compatible en una amplia gama de aplicaciones en diversas industrias. Los precios de esta impresora rondan los 3,250€.




3.3 SISTEMA RFID ESCOGIDO

En este proyecto se ha optado por la adquisición de los siguientes productos:

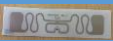




Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

Etiquetas


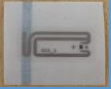

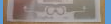

Tabla 8. Etiquetas RFID adquiridas en este proyecto de ingeniería.

Producto	Fabricante	Circuito Integrado	Frecuencia	Estándar	Aplicaciones
 <p><i>UHF TRANSPO NDER TYP 132</i></p>	Wisteq Oy	Impinj Monza2	860-960 MHz	ISO 18000 -6C EPC Class 1 GEN2	Cajas de plástico, productos retornables de transporte, palets de madera y plástico, transportistas y control de acceso.
 <p><i>Pipe</i></p>	Omni-ID	AlienHiggs 3	866-868 MHz (EU) 902-928 MHz (US)	EPC Class 1 Gen2	Tuberías de perforación, almohadones y activos de cilindros grandes.
 <p><i>Max SQ</i></p>	Omni-ID	AlienHiggs 3	860-960 MHz (Global)	EPC Class 1 Gen2	Seguimiento de productos retornables dentro de las cadenas de suministro globales, gestión de palets de automoción y seguimiento de equipos en alquiler.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <p><i>Belt (Monza 5)</i></p>	Smartrac	Impinj Monza 5	860 - 960 MHz	EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000 -6C	Vestimenta, protección de marcas, automatización industrial y gestión de la cadena de suministro.
 <p><i>Frog 3D (1.97 inch)</i></p>	Smartrac	Impinj Monza 4	860 - 960 MHz	EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000 -6C	Automatización industrial Gestión de la cadena de suministro
 <p><i>Web (G2iL)</i></p>	Smartrac	NXP U- Code G2iL	860 - 960 MHz	EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000 -6C	Vestimenta, protección de marcas y gestión de la cadena de suministro.
 <p><i>Web (Monza 5)</i></p>	Smartrac	Impinj Monza 5	860 - 960 MHz	EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000 -6C	Vestimenta, protección de marcas y gestión de la cadena de suministro.
 <p><i>Short Dipole</i></p>	Smartrac	Impinj Monza 4	860 - 960 MHz	EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000 -6C	Vestimenta, protección de marcas, automatización industrial, gestión de la cadena de suministro y cronometraje deportivo.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <i>Spine</i>	Smartrac	NXP U-Code G2iL	860 - 960 MHz	EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000 -6C	-
 <i>Trap NF</i>	Smartrac	Impinj Monza 5	860 - 960 MHz	EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000 -6C	Salud y farmacéuticos, autenticación de productos, protección de marcas y venta al por menor.
 <i>Mini Web</i>	Smartrac	NXP U-Code G2iL	860 - 960 MHz	EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000 -6C	Vestimenta y protección de marcas.
 <i>DogBone</i>	Smartrac	NXP U-Code G2iL	860 - 960 MHz	EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000 -6C	Automatización industrial, gestión de la cadena de suministro y cronometraje deportivo.
 <i>Web (UCODE 7)</i>	Smartrac	NXP UCODE 7	860 - 960 MHz	EPC Class 1 Gen 2 ISO 18000 -6C	Vestimenta, protección de marcas y gestión de la cadena de suministro.

Notar que todas las etiquetas obtenidas trabajan en la banda UHF
(todo nuestro sistema deberá trabajar a esta frecuencia).

Reader

El lector RFID escogido se trata del *ION R4300P* del fabricante italiano *CAEN RFID* (ver Figura 48). Se trata de un reader UHF de largo alcance que es capaz de utilizar GSM/GPRS. Es un lector portal que pertenece a la familia de *easy2read*. Posee 4 puertos, lo que permite que se pueda conectar al lector un array de hasta 32 antenas. Ver anexo D para más información.

Este fabricante proporciona en su página web un software para la gestión de las etiquetas identificadas en el sistema implantado con este reader. Se trata del software *Easy Controller*.



Figura 48. Lector *ION R4300P* de *CAEN RFID*.

Fuente: Elaboración propia.

En él se podrán configurar diferentes parámetros (potencia del reader, visualización del EPC y TID de las etiquetas, uso de una u otra antena conectada en los puertos del lector, etc.) con los que haremos nuestra aplicación más precisa y personal.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

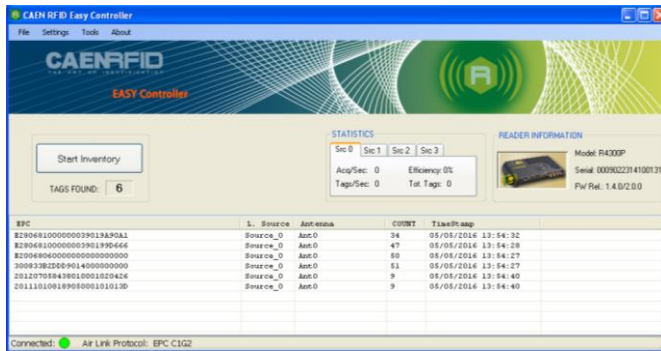


Figura 49. Software *Easy Controller* de CAEN RFID.

Fuente: Elaboración propia.

Ir al anexo D para ver el Manual de usuario de este software.

Antena

La antena del reader adquirida es la *PATCH-A0026* del fabricante *Poynting* (Figura 50). Se trata de una antena de ganancia 8.5 dBi, polarización lineal, frecuencia de funcionamiento de 820 a 980 MHz e índice de protección IP66. Ver anexo D para más información.



Figura 50. Antena PATCH-A0026 del fabricante Poynting.

Fuente: Elaboración propia.

La causa de la elección de estos productos RFID de UHF es debido a su gran variedad y reducido precio. Este proyecto intenta dar una visión general de la viabilidad de la tecnología RFID a día de hoy y la comprobación práctica de que los apartados teóricos expuestos anteriormente se satisfacen correctamente.

Sistema construido

Todos los productos RFID adquiridos trabajan a la misma frecuencia. La forma en la que se encuentran conectados todos ellos es bien sencilla.

El reader irá conectado a la antena mediante un cable de 10 metros (Figura 51). Este cable sirve como extensión para hacer que

nuestra antena pueda ser posicionada en diferentes lugares más fácilmente, sin necesidad de estar llevando a su lado el lector.



Figura 51. Cable extensor de 10 metros entre el lector y la antena.

Fuente: Elaboración propia.

El cable posee en uno de los extremos un conector hembra *TNC* que irá conectado al puerto *TNC* macho del reader. En el otro extremo se encuentra un conector *N* hembra que irá conectado al pequeño cable que sale de la antena con un conector *N* macho.



Figura 52. Cable de la antena que irá conectado al cable N-TNC.

Fuente: Elaboración propia.

Además, el reader tendrá conectados 2 cables más: el de alimentación continua DC y el RJ-45. Este último es el que permitirá al lector comunicarse con el PC para poder visualizar los resultados en nuestro software *Easy Controller*. No obstante, también podía haberse establecido la comunicación entre aquellos mediante otras formas, como puede ser el ejemplo del puerto serie RS-232.



Figura 53. Cable RJ-45 que irá conectado al lector y al ordenador.

Fuente: Elaboración propia.

Nuestro lector RFID quedará entonces de la siguiente manera:



Figura 54. Lector conectado a todos los cables necesarios en nuestro sistema.

Fuente: Elaboración propia.

Nos encontramos ante un sistema de pruebas, en el que iremos modificando diferente parámetros, como puede ser la posición de las etiquetas o la antena, la potencia emitida por el lector, etc.



Figura 55. Etiquetas RFID de nuestro sistema que serán sometidas a análisis.

Fuente: Elaboración propia.

Así, los únicos dispositivos que se van a encontrar fijos serán el ordenador y el reader RFID.

3.4 MEDIDAS


Las etiquetas RFID serán sometidas a diferentes pruebas para observar cuándo serán reconocidas por el lector (y por lo tanto visualizar su número de serie EPC en el software del PC).

En las siguientes medidas, el objetivo será analizar cuándo las etiquetas RFID son detectadas por el lector y, en la última de las pruebas, el nivel de potencia con el que se consigue.








En total, el número de pruebas serán 11. En cada una de las medidas (menos en la última) se irá variando el nivel de potencia emitido por el lector y la distancia a la que pondremos las etiquetas. Primero, el lector será configurado a una potencia de 295 mW, seguidamente a 891 mW y, finalmente, a 1479 mW (lo máximo). Para cada valor de potencia, se analizará la detección de las etiquetas a cuatro distancias diferentes.

Antes de proceder con las medidas, lo primero será identificar por completo cada una de las etiquetas con las que vamos a trabajar. Es decir, antes de nada se observará mediante el software utilizado cuál es la memoria interna del circuito integrado de cada etiqueta (qué información posee cada uno de los cuatro bancos). Podemos observar esto en la siguiente tabla, en la que se ha añadido la columna “Circuito integrado” para poder ver fácilmente las características de éste según los números hexadecimales que nos encontramos al analizar cada uno de los cuatro bancos de los tags.






Tabla 9. Identificación de la memoria interna de los chips de las etiquetas de nuestro sistema RFID.

Etiqueta	Circuito Integrado	Banco RESERVE D	Banco EPC	Banco TID	Banco USER
 <i>UHF TRANSP ONDER TYP 132</i>	Impinj Monza2	0000 0000 0000 0000 -	44EF 3000 0900 0000 0000 0000 0911 D01D -	E200 3412 0133 C0FF EE6B 9666 2606 0101 7004 5FFB FFFF DC60 -	0000 0000 ... 0000 -

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

 <i>Pipe</i>	AlienHig gs 3	0000 0000 0000 0000 -	C53C3000 201 1 1010 8189 0500 0101 013D -	E2003412013 3F100104A CEF9191A 00FD70055FF BFFFDC50 -	0000 0000 ... 0000 -
 <i>Max SQ</i>	AlienHig gs 3	0040 0000 0000 0000 -	106D3000 201 2 0705 8438 0100 0102 0426 -	E200 3412 0131 F100 10C1 211C 181F 00FC 7005 5FFB FFFFDC60 -	0000 0000 ... 0000 -
 <i>Belt (Monza 5)</i>	ImpinjMo nza 5	0000 0000 0000 0000 0300 0393 0CFA -	39BB 3000 3008 33B2 DDD9 0140 0000 0000 0000 0000 -	E2801130200 021CD7CCD 01EA -	0000 0000 -
 <i>Frog 3D (1.97 inch)</i>	Impinj Monza 4D	0000 0000 0000 0000 0000 04E0 157A -	39BB3000 300 8 33B2 DDD9 0140 00000000 0000 0000 -	E2801100200 05284F80C01 72 -	0000 0000 -
 <i>Web (G2iL)</i>	NXP U- Code G2iL	0000 0000 0000 0000 -	49D23000 E20 0 6806 0000 0000 0000 0000 0000 0000 -	E2006806759 4FB55 -	-
 <i>Web (Monza 5)</i>	Impinj Monza 5	0000 0000 0000 0000 0300 0393 0CFA -	39BB3000 300 8 33B2 DDD9 0140 0000 0000 0000 0000 -	E2801130200 024E25C4501 CA -	0000 0000 -
 <i>Short Dipole</i>	Impinj Monza 4D	0000 0000 0000 0000 0000 04E0 0CFE -	39BB 3000 3008 33B2 DDD9 0140 0000 0000 0000 0000 -	E2801100200 05101154801 6F -	0000 0000 -

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <i>Spine</i>	NXP U- Code G2iL	0000 0000 0000 0000 -	49D23000E20 0 6806 0000 0000 0000 0000 0000 0000 -	E2006806A90 AB858 -	-
 <i>Trap NF</i>	Impinj Monza 5	0000 0000 0000 0000 0300 0310 0CFA -	39BB3000300 8 33B2 DDD9 0140 0000 0000 0000 0000 -	E2801130200 025E24C1C0 322 -	0000 0000 -
 <i>Mini Web</i>	NXP U- Code G2iL	0000 0000 0000 0000 -	49D23000E20 0 6806 0000 0000 0000 0000 0000 0000 -	E2006806B5 D334DB -	-
 <i>DogBone</i>	NXP U- Code G2iL	0000 0000 0000 0000 -	49D23000E20 0 6806 0000 0000 0000 0000 0000 0000 -	E2006806 F566 BB09 -	-
 <i>Web (UCOD E 7)</i>	NXP UCODE 7	0000 0000 0000 0000 -	19F03000E28 0 6810 0000 0039 019A 90A1 0000 0000 -	E2806810200 00001019A90 A1 -	-

Notar que en la columna del banco *EPC*, se ha indicado en rojo los valores hexadecimales del *EPC* de cada una de las etiquetas, y que será el valor que más interesa en la detección de éstas con el lector RFID. Todos estos números de serie están configurados por defecto con un tamaño de 96 bits.

Para evitar una descripción tediosa de esta tabla, se va a analizar únicamente el segundo de los tags mostrados en ella, el *Pipe*. Este

tag posee el circuito integrado *Alien Higgs 3* y hemos visto cómo se encuentra constituida su memoria interna:

- Banco *Reserved*: Este banco posee las contraseñas de muerte y acceso, ambas a cero (0000 0000 y 0000 0000, respectivamente) ya que vienen de fábrica así establecidas y no se han modificados sus valores.
- Banco *EPC*: Aquí obtenemos la siguiente ristra de hexadecimales: **C53C300020111010 8189 0500 0101 013D**. Los cuatro primeros hexadecimales en rojo pertenecen al *CRC16*, el cuál es calculado automáticamente por el tag, como ya se mencionó en el apartado correspondiente. Los cuatro siguientes hexadecimales en azul muestran el valor del *Protocol Control* que indica que el *EPC* de este tag contendrá 6 palabras de 16 bits cada una (96 bits en total). Finalmente, los últimos 24 hexadecimales en verde indican el *EPC* propiamente dicho de 96 bits. Éste último será el valor que más nos interesará en casi toda aplicación RIFD.
- Banco *TID*: En este banco hemos obtenido los siguientes valores: **E200 34120133 F100 104A CEF9 191A 00FD 7005 5FFB FFFF DC50**. Los dos primeros valores hexadecimales en rojo indican el *Class ID*, es decir, la clase a la que pertenece el tag (a la *Class 1 Gen2* en este caso, y en los demás etiquetas de nuestro sistema). Los siguientes 3 números hexadecimal en azul representan el código identificador del fabricante (003h en este caso, que identifica a *Alien*). Los siguientes tres valores en

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

verde indican el *Tag Model Number TMN*, es decir, el número de serie que posee esa etiqueta en concreto y que será único (el 4 se refiere a que se trata del modelo *Higgs*, y el 1 y el 2 a las revisiones del chip). Podemos observar en el datasheet del circuito integrado *Alien Higgs 3* (ver Figura 56) cómo se cumplen estos 8 primeros hexadecimales (E200 3412), los cuales son de sólo lectura (*ROM*). Los últimos 40 hexadecimales en naranja pertenecen al *XTID*, aunque en este caso son considerados como opcionales porque éste no se encuentra activado.

- Banco *User*: En esta parte de la memoria nos encontramos con la memoria de usuario, que tiene un tamaño de 512 bits en este caso. Actualmente se encuentra a cero en su totalidad porque no se ha modificado su valor.

TID Bank																
Bit transmission order into or out of Device --																
EPC / ISO / Manufacturer Codes (hi), (ROM)																
TID Bank [10], Row 0	ACI	ACI	ACI	ACI	ACI	ACI	ACI	ACI	ACI	TMDI	TMDI	TMDI	TMDI	TMDI	TMDI	TMDI
Field Name >	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
External Hex Bit Address	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
Value >	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Info >	EPCglobal Allocation Class Indicator								Alien Mfr Code (upper bits)							
EPC / ISO / Manufacturer Codes (lo), (ROM)																
TID Bank [10], Row 1	TMD	TMD	TMD	TMD	TMN	TMN	TMN	TMN	TMN	TMN	TMN	TMN	TMN	TMN	TMN	TMN
Field Name >	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
External Hex Bit Address	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F
Value >	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	
Info >	Alien Mfr Code (Lo bits)				Model Series = 4 (Higgs)				Major Rev. = 1				Minor Rev. = 2			

Figura 56. Fragmento del banco *TID* del datasheet *Alien Higgs 3*.

Fuente: datasheet *Alien Higgs 3*.

Además de todo aquello, como información adicional, podríamos destacar que mientras que los tags que poseen un circuito integrado

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

NXP no tienen banco de usuario, los de *Monza* y *Alien Higgs* utilizados sí que lo poseen. Esto queda reflejado en la última columna de la tabla anterior.

A continuación, procederemos a explicar la serie de pruebas que se han ido realizando en este proyecto:

1) Sin ningún objeto de por medio:

En este análisis colocamos la antena del reader en un punto fijo de la sala y sencillamente vamos alejándonos con la etiqueta en la mano (sujetándola con cuidado en la punta de los dedos para no interferir con fluidos corporales) desde una distancia en la que se encuentren prácticamente en contacto hasta los 7 metros. Mientras se realiza este experimento, se debe de ir comprobando en el software *Easy Controller* si la detección de la etiqueta sigue produciéndose o no. Todo este proceso será realizado tres veces, a diferente potencia cada vez.



Figura 57. Experimento número 1: sin ningún objeto de por medio.

Fuente: Elaboración propia.

Mientras todo este proceso es realizado con una etiqueta en concreto, las demás deben ser apartadas en un lugar donde la antena no las capte para que no interfieran en la comunicación y no den lugar a resultados menos exactos.

2) Con material plástico de por medio:

En esta prueba lo que realizamos es lo mismo que en la anterior pero rodeando la etiqueta de un plástico para observar los efectos que éste produce en la comunicación con el lector.



Figura 58. Experimento número 2: con un plástico de por medio.

Fuente: Elaboración propia.

3) Con agua dulce de por medio:

Este experimento consiste en interponer entre la comunicación de las etiquetas y el lector una botella de agua rellena de agua dulce para observar nuevamente los efectos que son producidos.



Figura 59. Experimento número 3: con agua dulce de por medio.

Fuente: Elaboración propia.

4) Con material metálico de por medio:

En este tipo de prueba se realizará lo que se ha venido haciendo pero ahora con una placa de metal para ver los efectos negativos que esta produce en la comunicación.



Figura 60. Experimento número 4: con metal de por medio.

Fuente: Elaboración propia.

5) Con una persona de por medio:

En esta prueba veremos los resultados que obtenemos cuando una persona se interpone en la detección de las etiquetas RFID. Los efectos ante los que nos encontraremos serán debidos a los fluidos corporales que poseemos todo ser humano (líquidos).



Figura 61. Experimento número 5: con metal de por medio.

Fuente: Elaboración propia.

6) Con las etiquetas mojadas con agua dulce:

En este experimento someteremos a las etiquetas con agua dulce introduciéndolas en un barreño que tenga este tipo de agua y las sacaremos sin secarlas para observar los resultados.



Figura 62. Experimento número 6: con etiquetas mojadas de agua dulce.

Fuente: Elaboración propia.

7) Con las etiquetas mojadas con agua salada:

Este experimento será exactamente igual al anterior, pero el tipo de agua será salada en lugar de dulce. El agua salada intenta simular los efectos que provocarían los mares y océanos del planeta en las etiquetas RFID. Para ser lo más precisos posible, se ha optado por recoger directamente agua del mar y usarla en esta prueba (concretamente agua del mar de la *Playa de la Gea*, Dehesa de Campoamor, Alicante).



Figura 63. Experimento número 7: con etiquetas mojadas de agua salada.

Fuente: Elaboración propia.

8) Con las etiquetas inmersas en un cubo de agua dulce:

En este experimento se ha utilizado un barreño con 5 cm de altura de agua usada en el experimento 6, de agua dulce.

Básicamente, esta prueba consiste en introducir por completo las etiquetas en este barreño y con la antena del reader ir bajándola poco a poco en dirección paralela a la boca del cubo para ver cuando se consiguen detectar los tags.

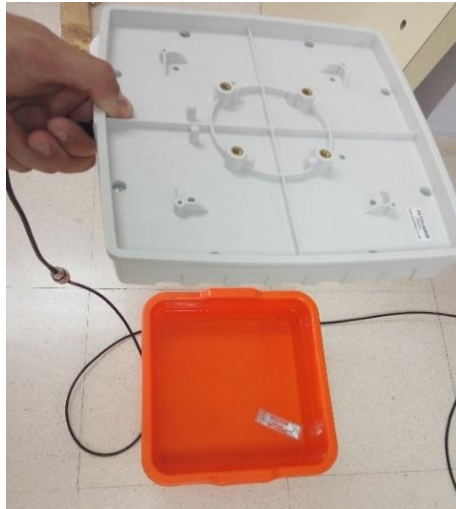


Figura 64. Experimento número 8: con etiquetas inmersas en un barreño de agua dulce.

Fuente: Elaboración propia.

9) Con las etiquetas inmersas en un cubo de agua salada:

Consiste en la realización de la prueba anterior pero con el agua salina utilizada en el experimento 7.



Figura 65. Experimento número 9: con etiquetas inmersas en un barreño de agua salada.

Fuente: Elaboración propia.

10) Con las etiquetas dobladas formando un cilindro:

Evidentemente, esta prueba no podrá ser aplicada a los tags duros (el *UHF TRANSPONDER TYP 132*, el *Pipe* y el *Max SQ*). Solo podrá realizarse este experimento con las etiquetas inlays de nuestro sistema, los del fabricante *Smartrac*.

Consiste simplemente en formar un cilindro con estos inlays (con celo para que aguante esta forma curva y no recuperen su posición inicial) y ver cómo es la detección de éstos por parte del lector RFID. Este experimento podría ser beneficioso para saber si sería eficiente colocar una de estas etiquetas en una antena monopolo adherida a su alrededor.



Figura 66. Experimento número 10: con las etiquetas flexibles dobladas.

Fuente: Elaboración propia.

11) Observando la mejor orientación:

Esta prueba se diferencia con las anteriores en que la distancia y potencia de la antena del lector serán fijas (a 3 metros (a 15 cm en el caso del inlay *Trap NF*) y a una potencia de 1479 mW). Al igual que en el anterior experimento, aquí solo utilizaremos los inlays de *Smartrac*, ya que esta prueba consiste en pegar con celo las etiquetas en una botella de agua vacía (y, por ello, han de ser flexibles) e ir poniendo en diferentes orientaciones ésta para ver cuál es la mejor posición para la detección de las etiquetas RFID. Se hará con cuatro posiciones concretas: de frente, de lado oblicuamente y de espaldas. Además, aquí no se dirá

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

simplemente si se ha detectado la etiqueta o no, también se verá con qué calidad se recibe la señal (nivel RSSI¹⁴).



Experimento número 11: observando la mejor orientación.

Fuente: Elaboración propia.

¹⁴ El nivel *RSSI* (*Received Signal Strength Indicator*, Indicador de fuerza de la señal recibida en castellano) se trata de una escala de referencia (en relación a 1 mW) para medir el nivel de potencia de las señales recibidas por un dispositivo en una red inalámbrica. Para el caso que nos ocupa, podremos saber si una etiqueta se encuentra a una mayor o menor distancia con este valor indicativo (27).

3.5 RESULTADOS

En este apartado se presentan mediante una serie de tablas (una por cada prueba realizada) los resultados obtenidos en este proyecto con el sistema RFID utilizado.

Como se ha venido indicando, los experimentos se realizarán para diferentes potencias y distancias, y se verá en definitiva si se detectan o no las etiquetas.

- 1) Sin ningún objeto de por medio.

Tabla 10. Resultados del experimento 1.

Etiqueta	Potencia (mW)	Distancia (metros)			
		0.5	2	5	7
 <i>UHF TRANSPONDER TYP 132</i>	295	Si	Si	Si	Si
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Pipe</i>	295	Si	Si	Si	Si
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Max SQ</i>	295	Si	Si	No	No
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Belt (Monza 5)</i>	295	Si	Si	Si	No
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <i>Frog 3D (1.97 inch)</i>	295	Si	Si	No	No
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Web (G2iL)</i>	295	Si	Si	Si	Si
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Web (Monza 5)</i>	295	Si	Si	Casi	No
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Short Dipole</i>	295	Si	Si	Si	Si
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Spine</i>	295	Si	Si	Si	Si
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Trap NF</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	No	No	No
	1479	Si	No	No	No
 <i>Mini Web</i>	295	Si	Si	Casi	No
	891	Si	Si	Si	No
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>DogBone</i>	295	Si	Si	Casi	No
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
	295	Si	Si	Si	Ca

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

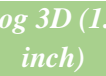
<i>Web (UCODE 7)</i>					si
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si

2) Con material plástico de por medio.

Tabla 11. Resultados del experimento 2.

Etiqueta	Potencia (mW)	Distancia (metros)			
		0.5	2	5	7
 <i>UHF TRANSPONDER TYP 132</i>	295	Si	Si	Si	Si
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Pipe</i>	295	Si	Si	Si	Casi
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Max SQ</i>	295	Si	Casi	No	No
	891	Si	Si	Casi	No
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Belt (Monza 5)</i>	295	Si	Si	No	No
	891	Si	Si	Si	No
	1479	Si	Si	Si	Si
	295	Si	Si	Si	Casi

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <i>Frog 3D (1.97 inch)</i>	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Web (G2iL)</i>	295	Si	Si	No	No
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Web (Monza 5)</i>	295	Si	Casi	No	No
	891	Si	Casi	No	No
	1479	Si	Si	No	No
 <i>Short Dipole</i>	295	Si	Si	Si	Si
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Spine</i>	295	Si	Si	Si	Ca si
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Trap NF</i>	295	Casi	No	No	No
	891	Casi	No	No	No
	1479	Si	No	No	No
 <i>Mini Web</i>	295	Si	Casi	No	No
	891	Si	Si	Casi	No
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>DogBone</i>	295	Si	Si	Si	Si
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
	295	Si	Si	Casi	No

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló




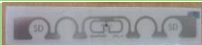

<i>Web (UCODE 7)</i>	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si

3) Con agua dulce de por medio.

Tabla 12. Resultados del experimento 3.

Etiqueta	Potencia (mW)	Distancia (metros)			
		0.5	2	5	7
 <i>UHF TRANSPONDER TYP 132</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	Si	No	No
	1479	Si	Si	No	No
 <i>Pipe</i>	295	Si	Casi	No	No
	891	Si	Si	Casi	No
	1479	Si	Si	Si	No
 <i>Max SQ</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	Si	No	No
	1479	Si	Si	No	No
 <i>Belt (Monza 5)</i>	295	Casi	No	No	No
	891	Si	No	No	No
	1479	Si	No	No	No

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <i>Frog 3D (1.97 inch)</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	Casi	No	No
	1479	Si	Si	No	No
 <i>Web (G2iL)</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	Casi	No	No
	1479	Si	Casi	No	No
 <i>Web (Monza 5)</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	Si	No	No
	1479	Si	Si	No	No
 <i>Short Dipole</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	No	No	No
	1479	Si	Si	No	No
 <i>Spine</i>	295	Casi	No	No	No
	891	Si	No	No	No
	1479	Si	No	No	No

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <i>Trap NF</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	No	No	No
	1479	Si	No	No	No
 <i>Mini Web</i>	295	Casi	No	No	No
	891	Casi	No	No	No
	1479	Si	No	No	No
 <i>DogBone</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	No	No	No
	1479	Si	Casi	No	No
 <i>Web (UCODE 7)</i>	295	Si	Casi	No	No
	891	Si	Si	No	No
	1479	Si	Si	No	No

4) Con material metálico de por medio.


Tabla 13. Resultados del experimento 4.

Etiqueta	Potenci	Distancia (metros)
----------	---------	--------------------

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló


	a (mW)	0. 5	2	5	7
 <i>UHF TRANSPONDE R TYP 132</i>	295	Si	Si	No	No
	891	Si	Si	Si	No
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Pipe</i>	295	Si	Casi	No	no
	891	Si	Si	Casi	No
	1479	Si	Si	Si	Casi
 <i>Max SQ</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	Si	Si	No
	1479	Si	Si	Si	Casi
 <i>Belt (Monza 5)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Frog 3D (1.97 inch)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Web (G2iL)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Web (Monza 5)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Short Dipole</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <i>Spine</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Trap NF</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Mini Web</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>DogBone</i>	295	si	No	No	No
	891	si	Casi	No	No
	1479	Si	Si	Casi	No
 <i>Web (UCODE 7)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No

5) Con una persona de por medio.




Tabla 14. Resultados del experimento 5.

Etiqueta	Potenci a (mW)	Distancia (metros)			
		0.5	2	5	7
 <i>UHF TRANSPONDE R TYP 132</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <i>Pipe</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Max SQ</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Belt (Monza 5)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Frog 3D (1.97 inch)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Web (G2iL)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Web (Monza 5)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Short Dipole</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Spine</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

<i>Trap NF</i>	1479	No	No	No	No
 <i>Mini Web</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>DogBone</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Web (UCODE 7)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No

6) Con las etiquetas mojadas con agua dulce.



Tabla 15. Resultados del experimento 6.

Etiqueta	Potenci a (mW)	Distancia (metros)			
		0.5	2	5	7
 <i>UHF TRANSPONDE R TYP 132</i>	295	Si	Si	Si	No
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Pipe</i>	295	Si	Si	No	No
	891	Si	Si	Ca si	No
	1479	Si	Si	Si	Si
	295	Si	Si	No	No

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

<i>Max SQ</i>	891	Si	Si	No	No
	1479	Si	Si	Si	No
 <i>Belt (Monza 5)</i>	295	Si	Si	Ca si	No
	891	Si	Si	Si	No
	1479	Si	Si	Si	Casi
 <i>Frog 3D (1.97 inch)</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	Si	No	No
	1479	Si	Si	Si	Casi
 <i>Web (G2iL)</i>	295	Si	Si	No	No
	891	Si	Si	No	No
	1479	Si	Si	Ca si	No
 <i>Web (Monza 5)</i>	295	Si	Si	No	No
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Short Dipole</i>	295	Si	Si	Ca si	No
	891	Si	Si	Si	No
	1479	Si	Si	Si	No
 <i>Spine</i>	295	Si	Casi	No	No
	891	Si	Si	Si	No
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Trap NF</i>	295	No	No	No	No
	891	Si	Casi	No	No
	1479	Si	Casi	No	No
	295	Si	No	Si	No

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló









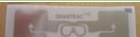
<i>Mini Web</i>	891	Si	Si	Ca si	No
	1479	Si	Si	Ca si	No
 <i>DogBone</i>	295	Si	Si	Si	Casi
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Web (UCODE 7)</i>	295	Si	Si	Si	No
	891	Si	Si	Si	Casi
	1479	Si	Si	Si	Si

7) Con las etiquetas mojadas con agua salada.


Tabla 16. Resultados del experimento 7.

Etiqueta	Potenci a (mW)	Distancia (metros)			
		0.5	2	5	7
 <i>UHF TRANSPONDE R TYP 132</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	No	No	No
	1479	Si	Si	No	No
 <i>Pipe</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	Si	Si	No
	1479	Si	Si	Si	Si
	295	Si	No	No	No
	891	Si	Si	No	No

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

<i>Max SQ</i>	1479	Si	Si	No	No
 <i>Belt (Monza 5)</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	Si	No	No
	1479	Si	Si	No	No
 <i>Frog 3D (1.97 inch)</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	No	No	No
	1479	Si	No	No	No
 <i>Web (G2iL)</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	Si	Casi	No
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Web (Monza 5)</i>	295	Si	Casi	No	No
	891	Si	Si	No	No
	1479	Si	Si	Casi	No
 <i>Short Dipole</i>	295	Si	Si	Si	No
	891	Si	Si	Si	No
	1479	Si	Si	Si	Casi
 <i>Spine</i>	295	Si	Casi	No	No
	891	Si	Casi	No	No
	1479	Si	Si	No	No
 <i>Trap NF</i>	295	Casi	No	No	No
	891	Casi	No	No	No
	1479	Si	No	No	No
 <i>Mini Web</i>	295	Casi	No	No	No
	891	Si	No	No	No
	1479	Si	No	No	No
	295	Si	Si	Casi	No

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

<i>DogBone</i>	891	Si	Si	Si	Ca si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Web (UCODE 7)</i>	295	Si	Si	No	No
	891	Si	Casi	No	No
	1479	Si	Si	Si	Si

8) Con las etiquetas inmersas en un cubo de agua dulce.

Tabla 17. Resultados del experimento 8.

Etiqueta	Potenci a (mW)	Distancia (metros)			
		0.05	0.2	1	2
 <i>UHF TRANSPONDE R TYP 132</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	Si	Casi	No	No
 <i>Pipe</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Max SQ</i>	295	Si	Si	Si	No
	891	Si	Si	Si	Casi
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Belt (Monza 5)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <i>Frog 3D (1.97 inch)</i>	295	No	No	No	No
	891	Si	No	No	No
	1479	Si	Casi	No	No
 <i>Web (G2iL)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Web (Monza 5)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Short Dipole</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Spine</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	Si	No	No	No
 <i>Trap NF</i>	295	No	No	No	No
	891	Si	No	No	No
	1479	Si	Si	No	No
 <i>Mini Web</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>DogBone</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Web (UCODE)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

7)

9) Con las etiquetas inmersas en un cubo de agua salada.

Tabla 18. Resultados del experimento 9.

Etiqueta	Potencia a (mW)	Distancia (metros)			
		0.05	0.2	1	2
 <i>UHF TRANSPONDE R TYP 132</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Pipe</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Max SQ</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Belt (Monza 5)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Frog 3D (1.97 inch)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Web (G2iL)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <i>Web (Monza 5)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Short Dipole</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Spine</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Trap NF</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Mini Web</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>DogBone</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No
 <i>Web (UCODE 7)</i>	295	No	No	No	No
	891	No	No	No	No
	1479	No	No	No	No

10) Con las etiquetas dobladas formando un cilindro.

Tabla 19. Resultados del experimento 10.

Etiqueta	Potenci	Distancia (metros)			
	a	0.5	2	5	7

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

	(mW)				
 UHF TRANSPONDE R TYP 132	295	Si	Casi	No	No
	891	Si	Si	No	No
	1479	Si	Si	Si	No
 Pipe	295	Si	Si	Casi	No
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 Max SQ	295	Si	Casi	No	No
	891	Si	Si	Casi	No
	1479	Si	Si	Si	No
 Belt (Monza 5)	295	Si	No	No	No
	891	Si	Si	No	No
	1479	Si	Si	Si	Si
 Frog 3D (1.97 inch)	295	Si	No	No	No
	891	Si	Si	Casi	No
	1479	Si	Si	Si	No
 Web (G2iL)	295	Si	No	No	No
	891	Si	Si	Si	No
	1479	Si	Si	Si	Ca si
 Web (Monza 5)	295	Si	No	No	No
	891	Casi	No	No	No
	1479	Casi	No	No	No
 	295	Si	No	No	No
	891	Si	Casi	No	No

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

<i>Short Dipole</i>	1479	Si	Si	No	No
 <i>Spine</i>	295	Si	Si	No	No
	891	Si	Si	Si	Casi
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Trap NF</i>	295	Si	No	No	No
	891	Si	Si	No	No
	1479	Si	Si	No	No
 <i>Mini Web</i>	295	Si	Casi	No	No
	891	Si	Si	No	No
	1479	Si	Si	Si	No
 <i>DogBone</i>	295	Si	Si	Casi	No
	891	Si	Si	Si	Si
	1479	Si	Si	Si	Si
 <i>Web (UCODE 7)</i>	295	Si	Casi	No	No
	891	Si	Si	Casi	No
	1479	Si	Si	Si	No


11) Observando la mejor orientación.

Tabla 20. Resultados del experimento 11.

Etiqueta	Orientación			
	De frente	De lado	Oblicuo	De espaldas

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <i>Belt (Monza 5)</i>	-600	-	-630	-570
 <i>Frog 3D (1.97 inch)</i>	-570	-	-600	-560
 <i>Web (G2iL)</i>	-620		-620	-610
 <i>Web (Monza 5)</i>	-610	-	-610	-600
 <i>Short Dipole</i>	-520	-	-520	-540
 <i>Spine</i>	-580	-	-610	-610
 <i>Trap NF</i>	-680	-	-640	-620
 <i>Mini Web</i>	-580	- 700	-550	-580
 <i>DogBone</i>	-600	-	-560	-530

 <i>Web (UCODE 7)</i>	-600	-	-630	-570
---	------	---	------	------

3.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este apartado se procederá al análisis de los resultados obtenidos en los experimentos.

Para proceder correctamente con este análisis, lo ideal sería que a priori se observara en cada uno de los datasheet de las etiquetas (ver anexo D) la distancia de lectura máxima a la que funciona cada una de ellas. Esta distancia depende de diferentes factores, como pueden ser la frecuencia, el ángulo de visión, el material al cuál se encuentran las etiquetas adheridas, etc.

A modo de ejemplo, en el datasheet del inlay *Belt (Monza 5)* nos encontramos con las siguientes gráficas:

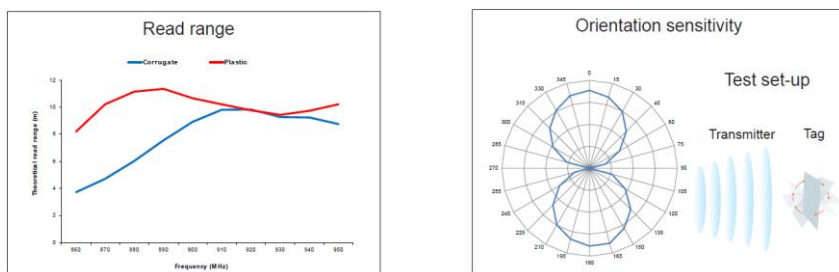


Figura 67. Gráficas del datasheet de la etiqueta *Belt (Monza 5)* que muestran la distancia y calidad de detección de ésta según diferentes parámetros.

Fuente: datasheet de Belt (Monza 5).

Estas dos gráficas han sido realizadas por los fabricantes de dicha etiqueta utilizando un reader que emitía una potencia de 2W. Es por ello, que en otras aplicaciones (como puede ser nuestro caso) puedan darse resultados un tanto diferentes. En las pruebas realizadas en este proyecto la potencia máxima emitida por el reader es de 1.5 W aproximadamente. Esto nos lleva a la conclusión de que los resultados obtenidos en los experimentos tendrán que dejar un margen de aceptación al compararlos con las especificaciones de los datasheets.

A mayor potencia, mayor será el rango de lectura de las etiquetas, como se ha venido diciendo en los apartados teóricos correspondientes, y como se puede apreciar claramente en las tablas anteriores.

De forma general, podemos ver cómo en las tablas anteriores se cumplen los rangos de lectura especificados en los datasheets. No todos los inlays y tags poseerán el mismo rango de lectura máximo. Cada una de las etiquetas será más eficiente según la aplicación a considerar, como ya se ha mencionado en apartados anteriores.

Debemos, además, considerar que la etiqueta *Trap NF (Near Field)*, como su propio nombre indica, trabaja en campo cercano. Esto quiere decir que la detección de este inlay no alcanzará más de 1 metros de distancia aproximadamente y que los experimentos a los que la someteremos afectarán en mayor medida que a las demás etiquetas. Aunque por otra parte, podemos observar como la detección no varía mucho a pesar de reducir la potencia de manera considerable.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

En la prueba número dos, se puede comprobar cómo el material plástico no afecta prácticamente en la comunicación.

En la tercera prueba hemos observado la manera en la que afectan los líquidos en la tecnología RFID. En concreto, el agua dulce utilizada hace que apenas una etiqueta, el tag *Pipe*, consiga alcanzar los 5 metros de distancia de lectura.

En nuestro cuarto experimento se ha visto cómo de negativos pueden ser los efectos producidos por los metales en este tipo de tecnología. Solamente 4 de las etiquetas utilizadas han conseguido vencer estos efectos y poder ser detectadas, aunque de forma menos eficiente. Estas etiquetas poseen una serie de características que las hacen un tanto robustas ante este tipo de problemática.

En la prueba número cinco hemos visto el efecto más devastador ante la detección de etiquetas: los fluidos corporales. Éste tipo de líquido son mucho más complejos que el agua dulce o salada que pueda interponerse en nuestra comunicación. Por ello, todo esto causa en ninguna de las etiquetas puedan ser detectadas a ninguna potencia ni a ninguna distancia.

En el sexto y séptimo experimento se ha comprobado los efectos que se producen cuando las etiquetas se mojan de agua dulce y salada, respectivamente. Estas gotitas adheridas a las etiquetas provocan una disminución en el rango de lectura, evidentemente. Además, en el caso del agua salina, esta provoca un efecto mucho más perjudicial. Esto se debe a que las ondas electromagnéticas emitidas por el lector hacia las etiquetas se atenúan muchísimo al intentar atravesar un material conductor de electricidad, como puede ser esta agua salada (19).

En la octava y novena prueba podemos observar como los efectos producidos por los 5 cm de líquido que se interponen entre etiqueta y antena RFID son mucho más devastadores. De hecho, en el caso del agua salada, no llegamos a detectar ninguna de las etiquetas a ninguna potencia ni a ninguna distancia, al igual que ocurría con los flujos corporales.

En el experimento número diez se ha visto como el efecto de hacer una forma de cilindro con los inlays afectan negativamente, aunque no exageradamente.

En nuestro último experimento, se ha visto de forma general que la mejor orientación obtenida es cuando se encuentran las etiquetas de espaldas a la antena. Además, como se puede ver en la tabla correspondiente, cuando posicionamos la botella de agua vacía con las etiquetas adheridas a ella de lado, la detección es nula. Esto último es debido a causas de la geometría del patrón de directividad de la antena que poseen los inlays RFID utilizados.

Al margen de todos estos experimentos realizados, durante la realización de éstos se ha comprobado que cuando movemos las etiquetas de un lado para otro mejora la detección de estas.

3.7 CONCLUSIÓN

Este proyecto de ingeniería ha consistido en su conjunto en intentar describir la tecnología RFID, observar cuales son los productos comerciales que hay actualmente en el mercado, presentar los dispositivos adquiridos para nuestro sistema en este tipo de tecnología, someter éste a una serie de experimentos y analizar los resultados obtenidos para ver si coinciden con los

apartados teóricos. Así, podemos afirmar que se han cumplido los objetivos de forma general.

Debemos de tener en cuenta que nos encontramos ante un sistema UHF, por lo que los rangos de detección de las etiquetas serán relativamente grandes (como se puede ver en las tablas de las pruebas realizadas en este proyecto y en los datasheets de las etiquetas adquiridas). Además, como se explicó en el apartado teórico correspondiente, a estas frecuencias los materiales como los líquidos y metales afectan de manera considerable en la comunicación RFID y, por lo tanto, en el rango de lectura máximo de una etiqueta RFID. No obstante, se ha observado como algunas etiquetas UHF están diseñadas específicamente para adaptarse a este tipo de entornos.

Las aplicaciones en las que podrían trabajar nuestras etiquetas pueden abarcar muchos sectores: industriales, farmacéuticos, gestión de la cadena de suministro, vestimenta, automatización, seguridad, etc.

El objetivo de la tecnología RFID en definitiva es proporcionar una manera más eficiente de llevar a cabo la identificación automática e inalámbrica de ciertos objetos. Intenta dar una solución ante los posibles problemas que puedan tener los códigos de barras, aunque éstos últimos no serán sustituidos, por lo menos a corto plazo, sino que coexistirán con RFID.

Además, se ha visto que la tecnología UHF en la identificación por radiofrecuencia es la mejor cuando se quieren implantar sistemas de etiquetado rápido (con etiquetas desechables) debido a su reducido coste, largo rango de lectura y por tener un estándar

global común en todo el mundo definido por EPCGlobal:
EPCglobal UHF Class 1 Generation 2. Por otra parte, debemos tener en cuenta que para aplicaciones de seguridad (tarjetas), por ejemplo, el uso de HF daría lugar a un precio más reducido que en UHF.

4 LINEAS FUTURAS

Según *IDTechEx*, en 2015 la suma de todo el mercado de dispositivos RFID llegaba a un valor de 10.1 millones de dólares, frente a los 9.5 y 8.8 millones de dólares en 2014 y 2013, respectivamente (22). Los pronósticos de *IDTechEx* indican que para 2020 esta suma llegará a los 13.2 millones de dólares. Esta empresa espera que solo en 2016 se demandarán un total de 800 millones de inlays RFID y 420 millones de tags para el sector de trazabilidad animal. En total, *IDTechEx* ha estimado que para 2015 y 2016 serían vendidas 8.9 y 10.4 mil millones de etiquetas, respectivamente.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

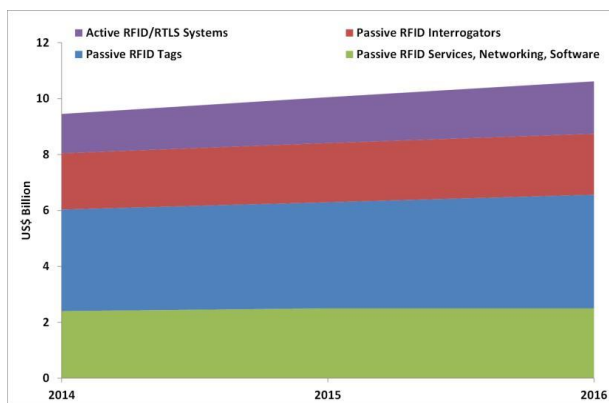


Figura 68. Suma total del mercado RFID en miles de millones de dólares para 2014, 2015 y 2016 según IDTechEx.

Fuente: IDTechEx (<http://www.idtechex.com/research/reports/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2016-2026-000451.asp>) (22).

En sector animal, de comida y agricultor, RFID está teniendo un importante papel a día de hoy. Las razones de la rápida adopción de la tecnología RFID en este tipo de aplicaciones son debidas a la necesidad del control de enfermedades, a la seguridad, a la prevención de delitos y a la mejora del servicio al cliente (23). La legislación prevista sustenta el futuro crecimiento en estos mercados, al igual que la probabilidad de más bioterrorismo y la degradación accidental de los alimentos.

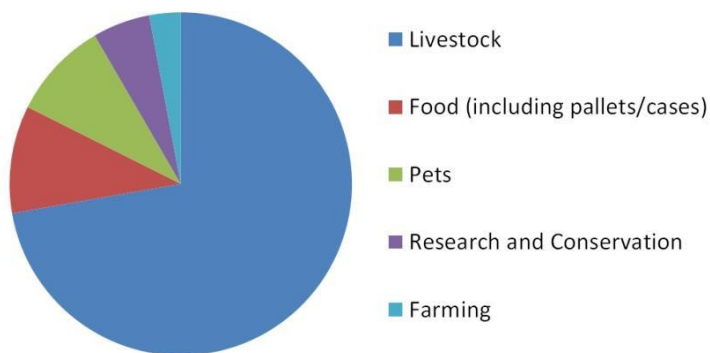


Figura 69. Suma total (en millones de dólares) en 2012 según IDTechEx de diferentes aplicaciones RFID: ganado, comida, mascotas, conservación e investigación, y agricultura.

Fuente: IDTechEx (<http://www.idtechex.com/research/reports/rfid-for-animals-food-and-farming-2011-2021-forecasts-technologies-players-000252.asp>) (23).

En general, los cambios deseados en el futuro de RFID son varios: disminuir los costes de fabricación de los dispositivos, mejorar la fiabilidad, velocidad y seguridad, y aumentar el número de funcionalidades y aplicaciones en este tipo de tecnología (24).

En España, el uso de RFID está siendo revolucionario en varios sectores, como el sanitario, la industria textil, correo postal, etc. (25). En los hospitales el uso de esta tecnología implica una mayor calidad del servicio ofrecido debido a que los pacientes y activos se encuentran identificados con etiquetas, por lo que se consigue una mayor seguridad, reducción de errores,...

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

Se cree que la industria RFID crezca un 20% por año y de un 59% en 2016 en Europa y Estados Unidos. De hecho, en EE.UU., una tercera parte del sector textil utiliza ya esta tecnología.

Las ventajas de la identificación por radiofrecuencia han provocado un crecimiento económico en el mercado de productos y servicios, aunque su coste necesita mejorar. Por otro lado, también es necesario crear un sistema integrado donde los lectores, etiquetas y bases de datos RFID utilicen los mismos lenguajes y protocolos de comunicación.

A pesar de los potenciales beneficios que conlleva la implantación de sistemas RFID, también tiene desventajas como la posible intromisión en la privacidad de las personas, aunque existen soluciones técnicas (como la encriptación y autenticación) para controlar la utilización indeseada (26).

5 PRESUPUESTO

En este apartado se va a mostrar el presupuesto necesario para la realización de este proyecto de ingeniería, tanto costes materiales como personales. Los costes materiales incluyen el ordenador utilizado, los componentes del sistema RFID y los accesorios necesarios para la realización de los experimentos. En cuanto al coste personal, se tomará el salario de un Ingeniero de Telecomunicaciones de 1500 euros al mes. No obstante, al no haber trabajado las 8h del día, se tomará el 50% de este salario.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

Para los costes del PC, además, se va a aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Costes imputables} = \frac{A}{B} \times C \times D$$

, dónde A = número de meses que el PC ha sido utilizado, B = Periodo de depreciación (60 meses en nuestro caso), C = Coste del PC sin IVA, D = % del uso del PC en el presente proyecto

Así, el coste imputable del PC sería de:

$$\text{Costes imputables del PC} = \frac{4}{60} \times 700 \times 100 = 47 \text{ €}$$

Los costes indirectos implican el 20% de los costes totales.

Tabla 21. Presupuesto del PFG.

AUTOR: PROYECTO:	Jose María García Barceló Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia				
Costes personales					
<i>Personal</i>	<i>Categoría</i>	<i>Meses trabajados</i>	<i>Coste al mes</i>	<i>Dedicación</i>	<i>Total</i>
Jose María García Barceló	Ingeniero de Telecomunicaciones	4	1500	50%	3000 €
Costes materiales					
Equipo			Coste		
PC			47 €		

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

Etiquetas RFID	12 €
Lector RFID	2000 €
Antena RFID	89 €
Accesorios RFID	50 €
Total: 2198 €	

Tipo de coste	Euros
Personal	3000 €
Material	2198 €
Indirecto	1300 €
<i>TOTAL</i>	6498 €

6 REFERENCIAS

1. **Toro, Luis Miguel Blázquez del.** *Sistemas de Identificación por Radiofrecuencia.*
2. **Dobkin, Daniel.** *The RF in RFID. Passive UHF RFID in Practice.* Boston : Newnes(Elsevier), 2008.
3. **Landt, Jerry.** *Shrouds of Time: The history of RFID AIM, Inc.* Pittsburgh : AIM, Inc., 2001.
4. **Impinj, Inc.** What is RFID? | Impinj. [En línea] 2016. <http://www.impinj.com/resources/about-rfid/>.

5. **GS1**. *EPC™ Radio-Frequency Identity Protocols Generation-2 UHF RFID (Specification for RFID Air Interface Protocol for Communications at 860 MHz – 960 MHz)*. Bélgica : s.n., 2015.
6. —. *EPC Tag Data Standard 1.9*. 2014.
7. **(ORSI), Junta de Castilla y León. Observatorio Regional de la Sociedad de la Información**. *RFID. Tecnología de identificación por Radifrecuencia y sus principales aplicaciones*. Castilla y León : Consejería de Fomento., 2007.
8. **Research, Forrester**. Forrester Research. [En línea] <https://www.forrester.com/home/>.
9. **FQ Ingeniería Electrónica**. Frecuencias RFID, ¿Cuál es la más adecuada para mi proyecto? | FQ Ingeniería Electrónica. [En línea] 2014. <http://www.fqingenieria.com/es/conocimiento/que-frecuencia-rfid-es-la-mas-adecuada-para-mi-proyecto-41>.
10. **Finkenzeller, Klaus**. *RFID Handbook*. 3ª. UK : Wiley, 2010.
11. **GS1**. *Regulatory status for using RFID in the EPC Gen 2 band (860 to 960 MHz) of the UHF spectrum 31 October 2014*. 2014.
12. **Swedberg, Claire**. DecaWave Intros Ultra-wideband Active RFID Module - RFID Journal. [En línea] 2014. <http://www.rfidjournal.com/articles/view?11942#back-from-modal..>
13. **Díaz, Juan Michel García, y otros**. *Protocolos Anticolisión en RFID*. 2013.
14. **Impinj, Inc**. RFID Standards | Impinj. [En línea] 2016. <http://www.impinj.com/resources/about-rfid/rfid-standards/>.

15. **Shain Armstrong**. Gen2 V2: The Next Step In The Evolution of RFID - RFID insider. [En línea] 2014.
<http://blog.atlasrfidstore.com/g2v2>.
16. **SkyRFID**. RFID Gen 2 - What is it? | Smart RFID. [En línea] 2015. http://skyrfid.com/RFID_Gen_2_What_is_it.php.
17. **ThingMagic**. ThingMagic 100 uses of rfid. [En línea] 2010.
http://cdn2.hubspot.net/hub/42741/file-29819118-pdf/docs/thingmagic_100-uses-of-rfid_final.pdf?t=1432670368577.
18. **ABC (ReadWriteWeb.es)**. Los diez mejores usos del RFID - ABC.es. [En línea] 2010.
<http://www.abc.es/20101125/tecnologia/rww-diez-mejores-usos-rfid-201011251645.html>.
19. **MalaCiencia**. MalaCiencia: Comunicaciones bajo tierra y bajo el agua. [En línea] 2005.
<http://www.malaciencia.info/2005/08/comunicaciones-bajo-tierra-y-bajo-el.html>.
20. **Digitalcourage**. RFID | Digitalcourage e.V. [En línea] 2012.
<https://digitalcourage.de/tags/rfid?page=1>.
21. **Tapia, Dante I., y otros**. *Identificación por Radiofrecuencia: Fundamentos y Aplicaciones*. Salamanca : Tulecom Solutions, 2007.
22. **IDTechEx**. RFID Forecasts, Players and Opportunities 2016-2026: IDTechEx. [En línea] 2015.
<http://www.idtechex.com/research/reports/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2016-2026-000451.asp>.

23. —. RFID for Animals, Food and Farming 2011-2021: Forecasts, Technologies, Players: IDTechEx. [En línea] 2012.
<http://www.idtechex.com/research/reports/rfid-for-animals-food-and-farming-2011-2021-forecasts-technologies-players-000252.asp>.
24. **Libera Networks**. *RFID: TECNOLOGÍA, APLICACIONES Y PERSPECTIVAS*. Málaga : s.n., 2010.
25. **Aburto, Isabel Echevarría**. RFID: la tecnología que está cambiando el mundo | Tecnología | EL PAÍS. [En línea] 2012.
http://tecnologia.elpais.com/tecnologia/2012/06/27/actualidad/1340809484_985593.html.
26. **Corredera, José R. Casar**. *TSSI (Tecnologías y Servicios para la Sociedad de la Información)*. Madrid : Consejo Social UPM (Universidad Politécnica de Madrid), 2005.
27. **FQ Ingeniería Electrónica**. Artículo sobre los valores RSSI en RFID y su aplicación práctica | FQ Ingeniería Electrónica. [En línea] 2016. www.fqingenieria.com/es/conocimiento/que-es-el-valor-rssi-en-un-sistema-rfid-95.
28. **High Tech Aid**. ISO/IEC 18000 - RFID Air Interface Standards. [En línea] 2015. www.hightechaid.com/standards/18000.htm.

7 BIBLIOGRAFÍA

1. **Steven Shepard.** *RFID. Radio Frequency Identification*. U.S.A. : McGraw-Hill Companies, Inc., 2005.
2. **Il, Patrick J. Sweeney.** *RFID for Dummies*. Indiana : Wiley, 2005.
3. **Lozano-Nieto, Albert.** *RFID. Design Fundamentals and Applications*. Florida : CRC Press, 2011.
4. **Portillo, Javier I., Bermejo, Ana Belén y Bernardos, Ana.** *Informe de vigilancia tecnológica (Tecnologías RFID: Aplicaciones en el ámbito de la salud)*. Madrid : Informe elaborado por el centro de difusión de tecnologías (CEDITEC), Universidad Politécnica de Madrid, 2007.
5. **Kenneth R. Traub, PhD y LLC, Ken Traub Consulting.** *RFID Tag Data Standards*. Florida : RFID JOURNAL LIVE! (Tenth annual conference and exhibition), 2012.
6. **Hunt, V. Daniel, Puglia, Albert y Puglia, Mike.** *RFID-A GUIDE TO RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION*. New Jersey : Wiley, 2007.
7. **Sorrells, Pete.** *Passive RFID Basics*. U.S.A. : Microchip Technology Inc., 2002.
8. **PandaId.** El origen de la Tecnología RFID – Panda ID Soluciones. [En línea] 2016. <http://www.pandaId.com/el-origen-de-la-tecnologia-rfid/>
9. **Ingeniatic.** [Ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/579-rfid-radio-frequency-identification](http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/579-rfid-radio-frequency-identification). [En línea] 2011.

ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/579-rfid-radio-frequency-identification.

10. **RFID Journal.** RFID (Radio Frequency Identification) Technology News & Features – RFID Journal. [En línea] 2016. www.rfidjournal.com

11. **GS1.** EPC/RFID | GS1. [En línea] 2016. www.gs1.org/epc-rfid

12. **Dipole RFID.** RFID: Identificación Inteligente, Trazabilidad. [En línea] 2014. www.dipolerfid.es

13. **Juan Carlos Llamazares.** ¿Cómo funciona? Tarjetas identificadores sin contacto RFID. [En línea] 2016. www.ecojoven.com/dos/03/RFID.html

8 GLOSARIO

AAR (*Association of American Railroads*): Asociación Americana de Ferrocarriles. Se trata de una organización que supervisa los estándares RFID en aplicaciones industriales.

AFI (*Application Family Identifier*): Identificador de la familia de aplicación. Es un campo de 8 bits de la sección del *Protocol Control* en el banco *EPC* de la memoria interna de un chip RFID.

AIAG (*Automotive Industry Action Group*): Grupo de Acciones Industrial Automotriz. Se trata de una organización que supervisa los estándares RFID en aplicaciones industriales.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

ALOHA: Método anticolidión RFID para evitar la obstrucción cuando varias etiquetas se encuentran comunicándose simultáneamente con un mismo lector.

AM (*Amplitude Modulation*): Modulación de amplitud. Se trata de una de las técnicas de modulación analógicas más utilizadas en el mundo de las telecomunicaciones.

ASK (*Amplitude-shift keying*): Modulación por desplazamiento de amplitud. Se trata de una de las técnicas de modulación digitales más utilizadas en el mundo de las telecomunicaciones.

ATA (*American Trucking Associations*): Asociación de Camionaje Americana. Se trata de una organización que supervisa los estándares RFID en aplicaciones industriales.

Backscatter: Técnica utilizada en una comunicación RFID en campo lejano (con UHF por ejemplo) en la que el lector emite una señal que será reflejada en las etiquetas que consiga alcanzar y, éstas, enviarán la correspondiente respuesta en sentido contrario.

BAP tag (*Battery Assisted Passive tag*): Etiqueta pasiva con batería asistida. Se trata uno de los tres tipos de etiquetas RFID existentes. Éstas poseen una pequeña batería usada únicamente para actuar como fuente de alimentación (no para transmisión de señales).

CDMA (*Code Division Multiple Access*): Acceso múltiple por división de código. Se trata de un término genérico para varios métodos de multiplexación o control de acceso al medio, basados en la tecnología de espectro expandido.

CRC-16 (*Cyclic-Redundancy Check* de 16 bits): Verificación por redundancia cíclica. El procedimiento *CRC* representa un método

muy fiable para reconocer errores de transmisión, aunque su mayor desventaja es que no puede corregirlos.

DBP (*Differential Bi-Phase*): Bi-fase diferencial. Se trata de uno de los tipos de codificación en banda base utilizados en una comunicación RFID.

DSFID (*Data Storage Format Identifier*): Identificador del formato de almacenamiento de datos. Como se indica en el estándar ISO 15962, los primeros 8 bits del banco de usuario deben corresponder a este identificador.

EASY Controller: Software del fabricante RFID *CAENRFID* para el manejo de un sistema basado en esta tecnología.

Easy2read: Familia de lectores RFID del fabricante *CAENRFID*.

EPC (*Electronic Product Code*): Código Electrónico de Producto. Número de serie único de cada producto etiquetado con una etiqueta RFID.

EPCglobal: Iniciativa de *GSI* para innovar y desarrollar estándares de la industria impulsada por el *Electronic Product Code EPC* para apoyar el uso de la identificación por radiofrecuencia.

FM (*Frequency Modulation*): Modulación de frecuencia. Se trata de una de las técnicas de modulación analógicas más utilizadas en el mundo de las telecomunicaciones.

FDMA (*Frequency Domain Multiple Access*): Acceso múltiple por división de código. Se trata de una técnica de multiplexación usada en múltiples protocolos de comunicaciones, tanto digitales como analógicas, principalmente de radiofrecuencia.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

FSK (*Frequency Shift Keying*): Modulación por desplazamiento de frecuencia. Se trata de una de las técnicas de modulación digitales más utilizadas en el mundo de las telecomunicaciones.

GIRA (*Grupo de Ingeniería Radio*): Grupo de investigación perteneciente a la Universidad Politécnica de Madrid.

GS1: Organización privada dedicada a la elaboración y aplicación de servicios mundiales y soluciones para mejorar la eficiencia y visibilidad de las cadenas de abastecimiento, la oferta y la demanda a nivel mundial y en otros sectores.

HF (*High Frequency*): Banda frecuencial que va desde los 3 MHz hasta los 30 MHz. La tecnología RFID trabaja a la frecuencia 13.56 MHz dentro de esta banda. Otra banda menos utilizada en RFID es la de 5 a 7 MHz, también dentro de esta banda.

IATA (*International Air Transport Association*): Asociación Internacional de Transporte Aéreo. Se trata de una organización que supervisa los estándares RFID en aplicaciones industriales.

IEC (*International Electrotechnical Commission*): Comisión Electrotécnica Internacional. Esta corporación, junto a la Organización Internacional de Normalización (*ISO*), se encarga de establecer ciertos estándares que regulan ciertos parámetros RFID.

IFF (*Identification Friend or Foe*): Identificador amigo-enemigo. Técnica desarrollada por los británicos y utilizada en la segunda Guerra mundial por la cual se conseguía distinguir entre combatientes amigos y enemigos.

Inlay RFID: Unión de un chip RFID con una antena. Puede poseer diferentes tamaños según cómo de grande sea la antena adherida,

ya que el chip es tan pequeño que no influye en lo grande que sea el inlay entero.

ISO (International Organization for Standardization):

Organización Internacional de Normalización. Esta corporación, junto a la Comisión Electrotécnica Internacional (*IEC*), se encarga de establecer ciertos estándares que regulan ciertos parámetros RFID.

LF (Low Frequency): Banda frecuencial que va desde los 30 KHz hasta los 300 KHz. La tecnología RFID trabaja desde la frecuencia 125 KHz a los 134 KHz, dentro de esta banda.

LRC (Longitudinal Redundancy Check): Método del chequeo de redundancia longitudinal o suma *XOR*. Se trata de un método de detección de errores. Añade un byte extra (el byte *LRC*) a los bloques de información transmitidos.

Manchester: Se trata de uno de los tipos de codificación posibles en una comunicación RFID. Ver la sección correspondiente para más información.

MDID (Mask Designer Identifier): Identificador enmascarado de fabricante. Se trata de una serie de 8 bits dentro del banco *TID* de los chips RFID que identifican al fabricante de dicho chip.

Microwaves: Microondas. Banda frecuencial que va desde los 300 MHz hasta los 300 GHz. La tecnología RFID trabaja a la frecuencia 2.45 GHz dentro de esta banda. Otra banda menos utilizada en RFID es la de 5.2 a 5.8 GHz.

Middleware: Interfaz existente entre las aplicaciones de los diferentes usuarios y el equipo hardware RFID. Extrae todo el

flujo de información a procesar y lo distribuye a través de las aplicaciones software de tal forma que éstos son capaces de leerlo sin tener que ser modificados para que sea legible.

Miller: Se trata de uno de los tipos de codificación posibles en una comunicación RFID. Ver la sección correspondiente para más información.

Miller diferencial: Se trata de uno de los tipos de codificación posibles en una comunicación RFID. Ver la sección correspondiente para más información.

NRZ (*Not Return to Zero*): Sin retorno a cero. Se trata de uno de los tipos de codificación posibles en una comunicación RFID. Ver la sección correspondiente para más información.

NXP (*Next eXPerience*): NXP Semiconductors es una empresa fabricante de semiconductores desde el 2006. Entre otros productos, se encarga de producir chips RFID.

PC (*Protocol Control*): Control de Protocolo. Sección de un chip RFID dentro del banco *EPC* desde la posición 10h hasta la 1Fh que se encarga de diversas funciones. Ver sección correspondiente para más información.

PM (*Phase Modulation*): Modulación de fase. Se trata de una de las técnicas de modulación analógicas más utilizadas en el mundo de las telecomunicaciones.

PPC (*Pulse Pause Coding*): Codificación Pulso-Pausa. Se trata de uno de los tipos de codificación posibles en una comunicación RFID. Ver la sección correspondiente para más información.

PSK (*Phase Shift Keying*): Modulación por desplazamiento de fase. Se trata de una de las técnicas de modulación digitales más utilizadas en el mundo de las telecomunicaciones.

RADAR (*RA*dio *D*etection *A*nd *R*anging): Detección y medición por radio. Técnica utilizada para medir distancia, altitudes, direcciones y velocidades de objetos mediante ondas electromagnéticas.

Reader: Lector RFID utilizado para detectar etiquetas basadas en esta tecnología.

RFID (*Radio Frequency ID*entification): Identificación por Radiofrecuencia. Sistema de identificación de objetos mediante ondas de radio con lectores y etiquetas o tags.

RFU (*Reserved for Future Use*): Reservado para un uso futuro.

ROM (*Read Only Memory*): Memoria aleatoria de solo lectura.

RSSI (*Received Signal Strength Indicator*): Indicador de fuerza de la señal recibida. El nivel *RSSI* se trata de una escala de referencia (en relación a 1 mW) para medir el nivel de potencia de las señales recibidas por un dispositivo en una red inalámbrica. Para el caso RFID, podremos saber si una etiqueta se encuentra a una mayor o menor distancia con este valor indicativo.

SDMA (*Space Division Multiple Access*): Acceso múltiple por división de espacio. Es una tecnología que segmenta el espacio en sectores utilizando antenas unidireccionales.

Smart cards: Tarjetas inteligentes. Una Smart card es cualquiera tarjeta del tamaño de bolsillo con circuitos integrados, que permite la ejecución de cierta lógica programada.

TAG: Etiqueta RFID que posee ciertas características que la hace robusta frente a situaciones específicas.

TDMA (*Time Domain Multiple Access*): Acceso múltiple por división de tiempo. Se trata de un tipo de multiplexación que consiste en ocupar un canal (de gran capacidad normalmente) de transmisión a partir de distintas fuentes.

TID (*Tag Identifier*): Identificador del Tag. Es uno de los cuatro bancos de los chips RFID. Este banco posee una serie de bits que caracterizan en su totalidad a la etiqueta (no al producto etiquetado).

TMN (*Tag Model Number*): Número del modelo del tag. Se trata de una serie de bits dentro del banco *TID* que caracterizan el modelo de la etiqueta.

TNC (*Threaded Neill-Concelman*): Se trata de un tipo de conector que es una versión con rosca del conector *BNC*. Posee una impedancia de 50 Ohm y el rango de frecuencias en el que opera es de 0 a 11 GHz. A niveles de microondas funciona de una forma más eficiente que un conector *BNC*.

Transpondedor (Transmisor + Responder): Se trata de un dispositivo que es capaz de recibir y responder ante una señal.

UHF (*Ultra High Frequency*): Banda frecuencial que va desde los 300 MHz hasta los 3 GHz. La tecnología RFID trabaja dentro de esta banda desde los 860 MHz hasta los 960 MHz. Otra frecuencia menos utilizada es la de 433 MHz (la bandas de radio industrial, científica y médica ISM), también dentro de esta banda.

UMI (*User Memory Indicator*): Indicador de Memoria de Usuario. Serie de bits dentro del *Protocol Control* que básicamente indica si existe y posee datos el último banco de un chip RIFD, la memoria de usuario.

Unipolar: Se trata de uno de los tipos de codificación posibles en una comunicación RFID. Ver la sección correspondiente para más información.

UWB (*Ultra Wide Band*): Banda Ultra Ancha. Hace referencia a cualquier tecnología radio que use un ancho de banda mayor a 500 MHz o del 25% de la frecuencia central.

VILRI (*VICS Item Level Rfid Initiative*): Es una organización no lucrativa inter-industrial formada por los principales minoristas de Estados Unidos, proveedores, instituciones académicas, asociaciones industriales y proveedores de soluciones. Su objetivo es cuantificar los beneficios de la RFID a nivel de artículo y explorar las posibilidades de la tecnología en la mejora de la cadena de valor.

WORM (*Write-Many, Read-Many*): De una sola escritura y de lectura múltiples. Cuando un medio posee esta propiedad significa que puede ser leído y escrito muchas veces.

WORM (*Write-Once, Read-Many*): De escritura y lectura múltiples. Cuando un medio posee esta propiedad significa que puede ser leído muchas veces pero escrito solo una sola vez.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | *Jose María García Barceló*

XOR (*Exclusive OR*): OR exclusiva. Puerta lógica que tiene como salida un 1 si las entradas son diferentes, en caso contrario saldrá un 0.

XPC (*Extended Protocol Control*): Sección de bits a partir de la posición 210h del banco *EPC* de un chip RFID que añade características adicionales a la etiqueta.

XTID (*Extended Tag IDentification*): Serie de bits que se encuentra a partir de la posición 20h del banco *TID*, aportando más información sobre las capacidades de la etiqueta en cuestión que deberá tenerse en cuenta para la aplicación que vaya a ser abordada con ella.

9 ANEXOS

9.1 ANEXO A

El estándar *EPCglobal UHF Class 1 Generation 2* ha sufrido a lo largo de los últimos años la siguiente evolución:

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló



WHAT GS1's *EPC "Gen2"* air interface standard, first published in 2004, defines the physical and logical requirements for an RFID system of interrogators and passive tags, operating in the 860 MHz - 960 MHz UHF range.

Over the past decade, EPC Gen2 has established itself as *the standard for UHF implementations* across multiple sectors, and is at the heart of more and more RFID implementations.

Gen2v2 represents the latest release of GS1's EPC air interface standard, which has been enhanced in response to the requirements of a global user community.

WHERE *Globally.*
Industry is deploying EPC/RFID item-level tagging on a large scale in the *apparel* sector.

Expansion into other sectors in years to come, includes *aerospace & defence, consumer electronics, pharmaceuticals, wine & spirits, high-end fashion*, and more.

HOW Gen2v2 features a number of optional features, including:

Untraceable function to hide portions of data, restrict access privileges and reduce a tag's read range.

Support for *cryptographic authentication of tags and readers*, to verify identity and provenance, as well as reduce the risk of counterfeiting and unauthorized access.

Enhanced User Memory for supplementary encodings (such as maintenance logging) during a product's life cycle.

"Non-removable" flag for embedded tagging of electronics and sewn-in tagging of apparel, to indicate that a tag cannot easily be removed without compromising the tagged product's intended functionality.

WHY Gen2v2 is the result of several years of *industry-wide collaboration* with a diverse group of stakeholders. Gen2v2 will drive the next wave of UHF adoption in a wide range of sectors.

This new version of the EPC UHF Generation 2 air interface standard includes *new features and additional functionality* to help address increasingly complex supply chain challenges, including a number of security aspects to protect trading partners and consumers alike.

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

WHEN

1973

GS1's bar code is the first single standard for product identification

2003

GS1 launches EPCglobal as a subsidiary organisation to facilitate the technical development and adoption of EPC/RFID standards

2004

GS1 publishes the first-ever version of the EPC Gen2 air interface standard

2005

ISO/IEC incorporates the EPC Gen2 standard into ISO/IEC 18000-6C

2008

GS1 releases EPC Gen2 v1.2.0, featuring enhancements to improve RFID performance for item level tagging applications

2009

GS1 publishes implementation guidelines for EPC-based Electronic Article Surveillance (EAS)

2010

Industry working group launched to develop enhancements to the Gen2 standard for UHF, based on EPC user community requests for additional functionality

2013

Gen2v2 ratified - first major update since 2008

2014

ISO will incorporate Gen2v2 into the ISO/IEC 18000-63 standard

WHO

GS1 is a neutral, not-for-profit, global organisation that develops and maintains the most widely-used supply chain standards system in the world. GS1 standards improve the efficiency, safety, and visibility of supply chains across multiple sectors.

Mission To be the neutral leader enabling communities to develop and implement global standards providing the tools, trust and confidence needed to achieve our vision.

111 countries represented by our Member Organisations

+1 million user companies

6 billion transactions each day using GS1 Standards

150 countries use GS1 standards

GS1 **facilitates** the technical development and **global adoption of Electronic Product Code (EPC)** standards. Driven by industry and user requirements, they enable the identification of objects, data capture and sharing of information among partners throughout the supply chain.

EPCglobal Inc. is an affiliate of GS1.



GS1 AISBL

Blue Tower
Avenue Louise 326, bte 10
B-1050 Brussels, Belgium
T +32 (0)2 788 78 00
F +32 (0) 788 78 99
contactus@gs1.org

www.gs1.org

Copyright © 2013 GS1 AISBL
GS1 is a registered trademark
of GS1 AISBL

9.2 ANEXO B

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

Documento *100 Uses of RFID* de ThingMagic:



The broad adoption of all types of RFID and sensing (RFIDS) solutions shows that the much-heralded promise of the technology goes far beyond the supply chain focus that

generated so much hype over the last decade.

In fact, new innovative solutions where users naturally interact with RFID, and where the technology is so integrated and transparent that it disappears into its environment, are becoming commonplace. These innovations point to the fact that the vision of the **Internet of Things** and **Reality Search Engines** embraced by ThingMagic is coming to reality.

Just a few possibilities:

1. The Next Revolution in Wireless and Mobility
How RFID and Sensing is Automating Identification, Data Collection, and Location Systems



2. The Batteryless RFID Imperative in Healthcare Patient-Centric Applications That Are Changing the Healthcare Landscape
3. Enhancing the Patient Experience with RFID "It's Like Angels Singing"



4. Hospital Inventory Control with UHF RFID What if Your Goods Could Talk?
5. Race Timing with RFID How Rosie Ruiz Changed an Industry
6. RFID for Event & Hospitality Management Creating Interactive and Personalized Customer Experiences
7. RFID-Enabled Smart Displays RFID is the Missing Link Between Online Information and the Real World
8. Automating Order Fulfillment with a New Generation of RFID Back to the Future
9. No Greenwashing Here: How RFID Helps the Environment 3 Powerful Examples: EV Power Station Billing, Pedal Power, and Recycling
10. No Greenwashing Here: How RFID Helps the Environment (Part 2) Encouraging Healthy, Green Modes of Transportation with RFID

11. No Greenwashing Here: How RFID Helps the Environment (Part 3) RFID for Recycling Incentive Programs, Waste Hauling Automation & Smart Packaging

12. RFID - The New Future of Retail Everything Old is New Again

13. Specialty Retail Inventory Management with RFID From Diamond Dealers to Pawn Shops, RFID Allows Small Retailers to Compete with Big Box Stores



14. RFID Enabled Smart Shelves Out of Stock? I'm Out of Here!

15. RFID Takes on Container Fraud Horticulture Partnership Takes a Giant Step for its Industry

16. Designer RFID Enhancing the Shopping Experience While Boosting the Bottom Line

17. Improving Farming with RFID Making Hay with RFID

18. Construction Management with RFID Tool Tracking, Heavy Equipment Management, and Next-Generation 4-Dimensional Building Information Modeling

19. Process Manufacturing with RFID WIP it Good - Valiant Group Uses RFID for Automation within One-Man Boiler Manufacturing Process

20. RFID for Document Management Giving Valuable Documents a Digital Identity



21. The House Bets on RFID Giving New Meaning to the "Eye in the Sky"

22. E is for Agriculture? How RFID Enables Sustainable Forest Management, Accurate Apricot Harvesting, and Food Safety

23. RFID and Social Networks RFID Brings the Digital "Like" to the Physical World

24. The Appliance Approach to RFID Combining Read Points and Auditing For Asset Tracking



25. Oncology Solution Uses RFID to Improve Patient Experience Because it Takes More Than Courage to Beat Cancer

26. RFID and the Beverage Marketplace (part 1) Thank You Siri! May I Have Another?

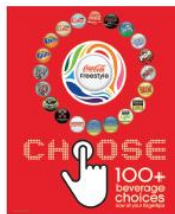
27. RFID and the Beverage Market (part 2) RFID for Wine Production and Anti-Counterfeiting

28. RFID and the Beverage Market (part 3) Beverage Dispensing Managing the Perfect Pour

29. RFID and the Beverage Market (part 4) Combating Unethical Drinking and Improving the Bottom Line with Patron ID and Point-of-Sale Wristbands

30. RFID and the Beverage Market (part 5) Serving Up Soft Drinks, Freestyle

31. Zebra Earns its RFID Stripes Again Low Cost, Item-Level Tagging for Package Verification, Work in Process, Product Authentication, and More



32. RFID Helps Deaf Children Learn Sign Language Computer Program and RFID-Enabled Toys Designed to Help Preschoolers Learn Faster

33. Planes, Trains, Automobiles & RFID Transportation at manufacturing industry relies more and more on RFID



34. Mission Accomplished RFID Lends Precision to Fighter Jet Refueling

35. RFID on School Buses Schools Out: Do You Know Where Your Child is?

36. How to Share Your Car with a Stranger RelayRides Provides Access to Your Neighbor's Car with RFID

37. RFID Keeps its Cool Temperature Tracking in Real-Time for Sensitive Shipments



38. RFID for Automobile Production From Ford to Fahrvergnügen... RFID Expands the Opportunity to Streamline Production and Lower Manufacturing Costs

39. RFID for Border Security U.S. Customs and Border Protection Programs Simplify Passage for Pre-Approved Travelers

40. Check it Out - RFID for Library Media Tracking Significant Growth in RFID for Library Operations Reported

41. Cleaning Up Hazardous Materials with RFID Manhattan Project Site Uses RFID for Waste Management

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

42. DC-Area Software Firm Partners with National Industries for the Blind
RFID Technology Aids People Who Are Blind in the Workplace

43. Live From Fargo
RFID for Real Time Visibility in Healthcare - You Betcha

44. RFID Predictions
Embedded Intelligence Drives Epic Innovation



45. Smart Buildings
Passive UHF RFID and the Smart Building Nervous System

46. Happy Birthday ThingMagic
10th Anniversary Celebrates Key Milestones, Innovative Applications and Offers Predictions for the Future

47. RFID for Airport Operations
Can RFID Help Make the Skies More Friendly?

48. RFID Helos Estéfe Lauder Innovate
Interactive Kiosks Provide Unique User Experience & New Level of Business Intelligence

49. Shredding It with Sensors
Nokia and Burton Boards Combine the Misty Flip with Mobile Apps

50. Don't Lose Your Taser Bro
Weapons Tracking and Management with RFID



51. Traffic Management with RFID
You Can't Get There From Here (or can you?)

52. Automating Point-of-Sale Processes with RFID
An End to the Supermarket Checkout Line?

53. Urban Planning with Building Blocks and RFID Paint Brushes
Next-Generation Building & Cityscape Modeling

54. RFID Puts Las Vegas Under Lock & Key
Taking Luxury Guest Rooms to the Next Level

55. RFID Let's Cars Park Themselves
The Next Generation Parking Garage

56. Cactus Chips
RFID Helps Protect a Desert Symbol

57. Smart Ball
RFID Will Help Deliver the Fan Experience of the Future

58. MilkIt It with RFID
Robotic Milking Systems Use RFID and Sensors to Increase Production and Ensure Quality

59. RFID Gives New Meaning to Train Spotting
Single View of trains to Improve Railway Safety

60. Music Branding with RFID
RFID to Match the Mood of Clothing with Music



61. There's Something in the Air
RFID Detects Airborne Toxins

62. Cup of Joe to Go
RFID and Coffee Drinkers Unite to Cut Waste and Time

63. RFID for Disaster Management
Auto ID Technologies Help Deliver Supplies and Locate People During 72 Hour 'Golden' Rescue Period

64. Are RFID License Plates Coming Down the Road
Or Will Google Cars Solve the World's Traffic Problems?

65. The New Junkyard Dog
RFID Helps Sniff Out Hiding Vehicles in Salvage Yards

66. Don't be a Hothead
RFID-Enabled Helmet Designed to Reduce Cases of Heatstroke

67. Are RFID Tags on the Loose?
RFID Used to Improve Mussel Cultivation

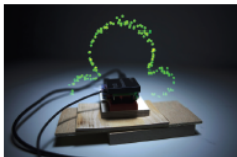
68. RFID Hits Center Stage
Following Opera Singers to Capture the Experience for the Audience

69. ThingMagic, a Division of Trimble
ThingMagic Continues Lead Position as Developer of RFID Technology from Within Trimble Navigation

70. RFID and Mud Motors
A Natural Fit for Natural Resource Exploration

71. Automated Video Stores
A New Way to Rent Movies - Powered by RFID

72. Ghost in the Machine
RFID and the 'Magic' of Nearness



73. RFID Replaces Ouija Boards, Witchcraft, and Séances
Lets the Dead Speak from Beyond the Grave

74. Billions of Identities
Use of RFID Enabled National eID Cards and ePassports is Growing

75. RFID Gets Waterproofed
Helps Control Crowds at the Pool and More

76. Man Down Monitoring
RFID Provides a Safety Net for Workers in Hazardous Conditions

77. RFID Put Behind Bars
Helps Keep the Peace and Cut Costs in Prisons

78. RFID for Wander Prevention
Providing Added Peace of Mind for Elder Care

79. RFID Has Its Finger on the Pulse
Tracking Body Movements for a Picture of Health

80. India's National ID Card Program
RFID and Biometrics to Deliver Access to Social Services

81. RFID Lets Theme Parks Be Fun for All
Takes Special Care of Special Needs Guests and Children

82. Tons of Pig Iron + 2300 °C Blasts + Big Trucks: Are U-Safe?
RFID Enhances Safety and More for Steel Manufacturing Plant

83. RFID Delivers
Keeps Your Bundle of Joy Safe and Sound



84. RFID for Student Tracking
Let Us Know What Grade You Think It Deserves

85. RFID Left Out In The Cold
RFID Provides Tracking, Temperature Monitoring & Scheduling for Kiltarod Participants

86. Can You See Mi Now?
RFID Addresses Danger of the 'Right Turn' for Urban Bicyclists

87. Rings, Spiders, Horsetails, Fish and RFID
Auto-ID Technology Used to Secure Nation's Largest July 4th Celebration

88. RFID and the Miracle of Life
Delivers Insight Into Fertility Cycles and Prevents Mistakes at IVF Labs



89. RFID and the Bank Branch of the Future
Solution Enables Personalized Banking Services and Process Automation

90. RFID Gives Surgeons Second Set of Eyes
Helps Locate Breast Tumors During Surgery with Precision, Without Risk of Infection

91. IT Asset Tracking with RFID is not Rocket Science
NASA Ditches Paper & Pen in Favor of RFID to Locate Valuable Equipment

92. RFID for High-Value, Critical-Dose Medication Inventory
Are You Prepared for The Future?

93. Personal Robotics Advance with UHF RFID
The Future is Closer Than We May Think

94. Messages on the Move
RFID Helps Cheer Marathons Along New York City Route

95. Find It, Play It - with RFID
Will This Golf Ball Location System be a Holiday Hit?

96. RFID for Counting Bees, Really?
Beekeepers, Farmers, Buyers and Consumers Benefit from Hive Monitoring

97. The Next Big Step Toward a Multi-Scale Wireless World
Will Consumer Use of NFC Drive Widespread RFID Adoption?

98. RFID and The CSI Effect
Efficiently Tracking Evidence from Collection to Storage

99. RFID Migrates Upstream
Could This Mean the End of Human-Injected Hormones and Antibiotics in our Food?

100. 100 OF 100 Uses of RFID
Use Your Imagination. Just Add RFID.



ThingMagic

A DIVISION OF TRIMBLE

ThingMagic is the Engine in RFID®
www.thingmagic.com

©2010 ThingMagic - a division of Trimble Navigation Limited. ThingMagic and The Engine in RFID are registered trademarks of Trimble Navigation Limited. Other marks and images may be protected by their respective owners. All Rights Reserved.

9.3 ANEXO C

En la siguiente tabla se muestran los diferentes grados de protección IP y sus características:

Tabla de Clasificación IP

Grado de protección IP se representa mediante la combinación de los dígitos de la primera y segunda columna. Véase el siguiente ejemplo.






1er DIGITO: Objetos Grado de protección de objetos sólidos	2º DIGITO: Líquidos Grado de protección resistente al agua
 Sin Protección 0	 Sin Protección 0
 Protección contra objetos con diámetro mayor a 50mm 1	 Protección contra gotas de agua 1
 Protección contra objetos con diámetro mayor a 12mm 2	 Protección contra el goteo de agua con una inclinación de 15° 2
 Protección contra objetos con diámetro mayor a 2,5mm 3	 Protección contra pulverización 3
 Protección contra objetos con diámetro mayor a 1,0mm 4	 Protección contra salpicaduras 4
 Protección contra el polvo 5	 Protección contra los chorros del agua 5
 A prueba de polvo 6	 Protección contra los aguaceros 6
 <p>IP 6 5</p> <p>→ Protección contra los chorros del agua</p> <p>→ A prueba de polvo</p>	 Protección contra la inmersión en un tiempo determinado 7
	 Protección contra permanencia bajo el agua 8

9.4 ANEXO D


Para ver el Manual de usuario del software *Easy Controller (Easy Controller Software Technical Information Manual)* y el datasheet del lector R4300P deberemos entrar en la página web de *CAEN RFID*.

Para ver los datasheets de las etiquetas, deberemos entrar en las webs oficiales de las siguientes compañías:

Tabla 22. Compañías que ofrecen los datasheets de las etiquetas usadas en este proyecto.

Etiqueta	Compañía
 <i>UHF TRANSPONDER TYP 132</i>	<i>Meshed Systems</i>
 <i>Pipe</i>	<i>Omni-ID</i>
 <i>Max SQ</i>	<i>Omni-ID</i>
 <i>Belt (Monza 5)</i>	<i>Smartrac</i>
 <i>Frog 3D (1.97 inch)</i>	<i>Smartrac</i>

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló

 <i>Web (G2iL)</i>	<i>Smartrac</i>
 <i>Web (Monza 5)</i>	<i>Smartrac</i>
 <i>Short Dipole</i>	<i>Smartrac</i>
 <i>Spine</i>	<i>Smartrac</i>
 <i>Trap NF</i>	<i>Smartrac</i>
 <i>Mini Web</i>	<i>Smartrac</i>
 <i>DogBone</i>	<i>Smartrac</i>
 <i>Web (UCODE 7)</i>	<i>Smartrac</i>

Datasheet de la antena *PATCH-A0026*:

Cellular Patch Antenna

Operating Frequency 802-980 MHz
Product Code: PATCH-A0026



This antenna covers the 900 MHz band. The antenna has been designed to be weatherproof and is easy to install.

Features:

- Covers 820 - 980 MHz band
- Low VSWR over RFID Bands
- Weatherproof

Application:

- Used to improve cellular reception, eg. GSM900
- Any other 900 MHz application, e.g. RFID
- CDMA2000, EVDO

Análisis y prueba de un sistema en tecnología de identificación por radiofrecuencia | Jose María García Barceló



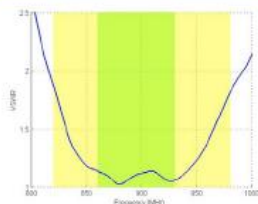
Poynting GmbH

Specifications:

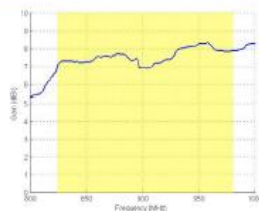
Product Code	Poynting PATCH-A0026
EAN	6009693810266
Features	0.3 m RG 58 with N(f) connector

Electrical:		Environmental:	
Gain (max)	8 dBi (+0.5 dB)	Wind Loading	160 km/h
Gain (min over the band)	7 dBi (+0.5 dB)	Temperature Range	-20° C to +70° C
Frequency (MHz)	820 – 980	Shock	40G at 10 msec
VSWR	< 2.0:1 <1.3:1	Thermal Shock	-20° C to +70° C : 10 cycles
Feed power handling	10 W	Water Ingress Rating	IP66 (NEMA 4X)
E-plane 3 dB beamwidth	60° (± 5°)	Mechanical:	
H-plane 3 dB beamwidth	74° (± 5°)	Dimensions (l x w x d)	245 mm x 235 mm x 40 mm
Front to back (F/B ratio)	15 dB (± 3 dB)	Weight	470 g
Nominal input impedance	50 Ohm	Mounting (option, not standard)	Stainless steel brackets for up to 50 mm poles
Polarisation	Linear		

VSWR and Gain Pattern:

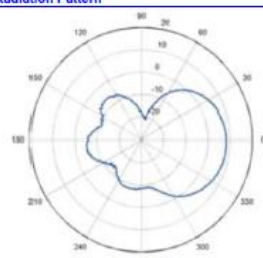


VSWR

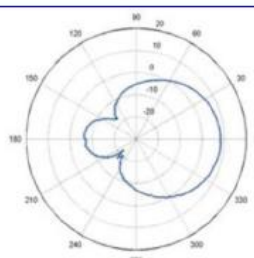


Gain

Radiation Pattern



E-Plane



H-Plane

